

UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA

ISSN 1814-3237

Categoria B

STUDIA UNIVERSITATIS MOLDAVIAE

SERIA

Științe reale
și ale naturii

- Științe biologice
- Științele Pământului
și ale mediului
- Științe chimice

Fondată în anul 2007

Revistă științifică cu acces deschis,
supusă unui proces de dublă recenzie

OPEN  ACCESS JOURNALS



Chișinău
CEP USM 2026

Nr. 1(191)
2026

MOLDOVA STATE UNIVERSITY

ISSN 1814-3237

Category B

STUDIA UNIVERSITATIS MOLDAVIAE

SERIES

Exact and
Natural Sciences

- Biological sciences
- Earth and Related
Environmental Sciences
- Chemical sciences

Founded in 2007

Open-access scientific journal,
subject to a double-blind peer-review process

OPEN  ACCESS JOURNALS



Chisinau

CEP USM 2026

Nr. 1(191)

2026

Redactor-șef:

Aurelian GULEA, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

Redactor-șef adjunct:**Științe biologice**

Aurelia CRIVOI, profesor universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

Științele Pământului și ale mediului

Vitalie SOCHIRĂ, conferențiar universitar, doctor (Universitatea de Stat din Moldova)

Științe chimice

Viorica GLADCHI, profesor universitar, doctor (Universitatea de Stat din Moldova)

Consiliul academic:**Științe biologice; Științele Pământului și ale mediului**

Larisa ANDRONIC, conferențiar cercetător, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

Maria DUCA, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

Ovidiu GACEU, profesor universitar, doctor (Universitatea din Oradea, România)

Guillaume GIROIR, profesor universitar, doctor (Universitatea din Orléans, Franța)

Corneliu IAȚU, profesor universitar, doctor (Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, România)

Pierre L. IBISCH, profesor universitar, doctor (Universitatea Eberswalde pentru Dezvoltare Durabilă, Germania)

Maria JOITA-PĂCUREANU, doctor (Academia Română, București, România)

Yalcin KAYA, doctor (Universitatea Trakya, Turcia)

Marius MIHAȘAN, profesor universitar, doctor (Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, România)

Liviu Dan MIRON, profesor universitar, doctor (Universitatea de Științe Vieții „Ion Ionescu de la Brad” din Iași, România)

Mircea-Nicușor NICOARĂ, profesor universitar, doctor (Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, România)

Victor SCHWARTAU, academician, profesor universitar, doctor (Institutul de Fiziologie și Genetică a Plantelor, Kiev, Ucraina)

Shiwei SHEN, profesor universitar, doctor (Universitatea din Ningbo, China)

Laurenția UNGUREANU, membru corespondent, profesor cercetător, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

Victor VOICU, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Academia Română, București, România)

Karl A. WILSON, profesor emerit, doctor (Universitatea de Stat din New York, Binghamton, SUA)

Jun ZHAO, doctor (Universitatea Agricolă din Mongolia Interioară, China)

Științe chimice

Marius ANDRUH, academician, profesor universitar (Universitatea din București, România)

Aculina ARICU, membru corespondent, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

Gheorghe DUCA, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

Sebastien FLOQUET, profesor universitar, doctor (Universitatea din Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Franța)

Ionel MANGALAGIU, profesor universitar, doctor (Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, România)

Donald POIRIER, profesor universitar, doctor (Universitatea Laval, Quebec, Canada)

Echipa editorială

Laurenția UNGUREANU, membru corespondent AȘM, profesor universitar, doctor habilitat, prorector pentru activitatea științifică – coordonator

Carolina ȚURCANU, doctor, conferențiar cercetător – responsabil de ediție

Ana-Laura PAȘNIC – executor responsabil

Sergiu VLADÎCA – redactare literară (limba română, limba rusă)

Svetlana CALARAȘI – redactare literară (limba engleză)

Marina PASTUH – design grafic

Biblioteca Centrală a USM – atribuire index CZU

Ghenadie ȘIRBU, doctor – responsabil de indexare în bazele de date

Anton CHISELIOV – responsabil de site

Indexată în bazele de date



Editor-in-Chief:

Aurelian GULEA, Academician, University Professor, Doctor Habilitatus (Moldova State University)

Deputy Editors-in-Chief:**Biological Sciences**

Aurelia CRIVOI, University Professor, Doctor Habilitatus (Moldova State University)

Earth and Related Environmental Sciences

Vitalie SOCHIRĂ, Associate Professor, PhD (Moldova State University)

Chemical Sciences

Viorica GLADCHI, University Professor, PhD (Moldova State University)

Academic Council:**Biological Sciences; Earth and Related Environmental Sciences**

Larisa ANDRONIC, Associate Researcher, Doctor Habilitatus (Moldova State University)

Maria DUCA, Academician, University Professor, Doctor Habilitatus (Moldova State University)

Ovidiu GACEU, University Professor, PhD (University of Oradea, Romania)

Guillaume GIROIR, University Professor, PhD (University of Orléans, France)

Corneliu IAȚU, University Professor, PhD (University of “Alexandru Ioan Cuza” of Iași, Romania)

Pierre L. IBISCH, University Professor, PhD (Eberswalde University for Sustainable Development, Germany)

Maria JOITA-PĂCUREANU, PhD (Romanian Academy, Bucharest, Romania)

Yalcin KAYA, PhD (Trakya University, Turkey)

Marius MIHĂȘAN, University Professor, PhD (University of “Alexandru Ioan Cuza” of Iași, Romania)

Liviu Dan MIRON, University Professor, PhD (University of Life Sciences “Ion Ionescu de la Brad” of Iași, Romania)

Mircea-Nicușor NICOARĂ, University Professor, PhD (University of “Alexandru Ioan Cuza” of Iași, Romania)

Victor SCHWARTAU, Academician, University Professor, PhD (Institute of Plant Physiology and Genetics, Kiev, Ukraine)

Shiwei SHEN, University Professor, PhD (Ningbo University, China)

Laurenția UNGUREANU, Corresponding Member, Research Professor, Doctor Habilitatus (Moldova State University)

Victor VOICU, Academician, University Professor, Doctor Habilitatus (Romanian Academy, Bucharest, Romania)

Karl A. WILSON, Professor Emeritus, PhD (State University of New York, Binghamton, USA)

Jun ZHAO, PhD (Inner Mongolia Agricultural University, China)

Chemical Sciences

Marius ANDRUH, Academician, University Professor (University of Bucharest, Romania)

Aculina ARICU, Corresponding Member, Doctor Habilitatus (Moldova State University)

Gheorghe DUCA, Academician, University Professor, Doctor Habilitatus (Moldova State University)

Sebastien FLOQUET, University Professor, PhD (University of Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, France)

Ionel MANGALAGIU, University Professor, PhD (University of “Alexandru Ioan Cuza” of Iași, Romania)

Donald POIRIER, University Professor, PhD (Laval University, Quebec, Canada)

Editorial Team

Laurenția UNGUREANU, Corresponding Member of the ASM, Doctor Habilitatus, University Professor, Vice-Rector for Research Activity – Coordinator

Carolina ȚURCANU, PhD, Research Associate Professor – Managing Editor

Ana-Laura PAȘNIC – Executive Secretary

Sergiu VLADÎCA – Literary Editing (Romanian Language & Russian Language)

Svetlana CALARAȘI – Literary Editing (English Language)

Marina PASTUH – Graphic Design

Central Library of Moldova State University – CZU Assignment

Ghenadie ȘIRBU, PhD – Responsible for Indexing in Databases

Anton CHISELIOV – Web Administrator

Indexed in the databases



CUPRINS

*Științe biologice;
Științele Pământului și ale mediului*

*Tudor STRUTINSCHI, Anastasia BABILEVA,
Lilia POLEACOVA, Svetlana GARAEVA,
Galina POSTOLATI*

INFLUENȚA STRUCTURII CALORICE
A RAȚIILOR ASUPRA CONȚINUTULUI
AMINOACIZILOR LIBERI ÎN SÂNGE LA
ȘOBOLANII HIPERSTRESOREACTIVI

11

*Tudor STRUTINSCHI, Ion MEREUȚĂ,
Anastasia BABILEVA, Lilia POLEACOVA,
Vladimir CARAUȘ*

INFLUENȚA RAȚIILOR ALIMENTARE
ÎN RAPORT CU TIPUL NORMOSTENIC
DE CONSTITUȚIE ASUPRA ACTIVITĂȚII
ENZIMELOR PROTEOLITICE ÎN DIFERITE
STRUCTURI ALE TRACTULUI
GASTROINTESTINAL LA ȘOBOLANII
MEZOSTRESOREACTIVI

22

Inga DELEU, Irina DELIPOVICI
THE EVALUATION OF ETHICAL AND
COMMUNICATIONAL ASPECTS BETWEEN
THE COACH AND SPORTSMEN DURING
THE PRE-CONTEST PERIOD

28

*Elena CHIRIȚA, Victor MELNIC,
Iurie BACALOV, Adriana DRUȚA,
Aurelia CRIVOI*

EVALUAREA RĂSPUNSULUI LEUCOCITAR
ÎN DIABETUL EXPERIMENTAL
SUB INFLUENȚA BIOPREPARATULUI
DIN PLANTE MEDICINALE

35

*Iurie BACALOV, Adriana DRUȚA,
Anastasia SULA*

IMPACTUL DISFUNȚIILOR TIROIDIENE
ASUPRA HOMEOSTAZIEI
INDICILOR HEMATOLOGICI

40

*Iurie BACALOV, Adriana DRUȚA,
Elena CHIRIȚA, Aurelia CRIVOI*

ASPECTE ALE METABOLISMULUI
HIDRIC ÎN DIABETUL EXPERIMENTAL
ASOCIATE ADMINISTRĂRII
FITOPREPARATULUI SEV-3

46

*Anastasia BABILEVA, Ion MEREUȚĂ,
Tudor STRUTINSCHI, Lilia POLEACOVA,
Vladimir CARAUȘ*

INFLUENȚA RAȚIILOR ALIMENTARE
ÎN RAPORT CU TIPUL ASTENIC
DE CONSTITUȚIE ASUPRA ACTIVITĂȚII
ENZIMELOR PROTEOLITICE
ÎN DIFERITE STRUCTURI ALE
TRACTULUI GASTROINTESTINAL
LA ȘOBOLANII HIPERSTRESOREACTIVI

51

SUMMARY

*Biological Sciences;
Earth and Related Environmental Sciences*

INFLUENCE OF DIETARY CALORIC
STRUCTURE ON THE FREE AMINO ACID
CONTENT IN THE BLOOD OF
HYPERSTRESS-REACTIVE RATS

THE INFLUENCE OF DIETARY RATIONS,
IN RELATION TO THE NORMOSTENIC
BODY TYPE, ON THE ACTIVITY OF
PROTEOLYTIC ENZYMES I
N DIFFERENT STRUCTURES OF
THE GASTROINTESTINAL TRACT
IN MEZOSTRESS-REACTIVE RATS

EVALUAREA ASPECTELOR DE
ETICĂ ȘI COMUNICARE DINTRE
ANTRENOR ȘI SPORTIVI ÎN PERIOADA
PRECOMPETIȚIONALĂ

EVALUATION OF LEUKOCYTE
PROFILE ALTERATIONS
IN EXPERIMENTAL DIABETES
UNDER THE EFFECT OF
A PLANT-DERIVED BIOPREPARATION

THE IMPACT OF THYROID
DYSFUNCTION ON HEMATOLOGICAL
HOMEOSTASIS

ASPECTS OF WATER METABOLISM IN
EXPERIMENTAL DIABETES ASSOCIATED
WITH THE ADMINISTRATION
OF THE PHYTOPREPARATION SEV-3

THE INFLUENCE OF DIETARY RATIONS,
IN RELATION TO THE ASTHENIC
BODY TYPE, ON THE ACTIVITY
OF PROTEOLYTIC ENZYMES
IN DIFFERENT STRUCTURES OF
THE GASTROINTESTINAL TRACT
IN HYPERSTRESS-REACTIVE RATS

<i>Maria ZAMORNEA, Dumitru ERHAN, Ștefan RUSU, Oleg CHIHAI</i> IMPACTUL INFESTAȚIILOR CU ECTOPARAZIȚI ASUPRA UNOR INDICI HEMATOLOGICI LA RÂȚE (ANAS PLATYRHYNCHOS DOMESTICUS) DIN REPUBLICA MOLDOVA	58	THE IMPACT OF ECTOPARASIS INFESTATIONS ON SOME HEMATOLOGICAL INDICES IN DUCKS (ANAS PLATYRHYNCHOS DOMESTICUS) FROM THE REPUBLIC OF MOLDOVA
<i>Lilia POLEACOVA, Tudor STRUTINSCHI, Ion MEREUȚĂ, Anastasia BABILEVA, Vladimir CARAUȘ</i> ANALIZA COMPARATIVĂ A ACTIVITĂȚII PROTEOLITICE A PROTEAZELOR ÎN STRUCTURILE TRACTULUI DIGESTIV LA ANIMALE-MODEL CU REACTIVITATE CONSTITUȚIONALĂ DIFERITĂ LA STRES	64	COMPARATIVE ANALYSIS OF PROTEOLYTIC ENZYME ACTIVITY IN DIGESTIVE TRACT STRUCTURES IN MODEL ANIMALS WITH DIFFERENT CONSTITUTIONAL STRESS REACTIVITY
<i>Adelina DAVID</i> EVOLUȚIA STĂRII STRESOGENE LA PACIENȚII CU HEPATITE VIRALE CRONICE PE DURATA SEJURULUI BALNEOCLIMATERIC	71	THE EVOLUTION OF STRESS LEVELS IN PATIENTS WITH CHRONIC VIRAL HEPATITIS DURING A BALNEOCLIMATIC STAY
<i>Olga BULAT</i> ACTIVITATEA ȘI INACTIVITATEA FIZICĂ CA FACTORI CARE INFLUENȚEAZĂ STATUTUL IMUN	77	PHYSICAL ACTIVITY AND INACTIVITY AS FACTORS THAT INFLUENCE IMMUNE STATUS
<i>Nicolai ROMANOVICI</i> IERNAREA PĂSĂRIILOR ÎN REZERVAȚIA CULTURAL-NATURALĂ „ORHEIUL VÊCHI” ÎN 2024 – 2025	82	WINTER BIRDS OF THE “ORHEIUL VÊCHI” CULTURAL-NATURAL RESERVE, 2024 – 2025
<i>Ana LEORDA, Svetlana GARAEVA, Galina POSTOLATI</i> ROLUL SISTEMULUI GENETIC ÎN FORMAREA MICROBIOTEI INTESTINALE ȘI ÎN REGLAREA HOMEOSTAZIEI TRACTULUI GASTROINTESTINAL	88	THE ROLE OF THE GENETIC SYSTEM IN THE INTESTINAL MICROBIOTA FORMATION AND IN THE GASTROINTESTINAL TRACTS HOMEOSTASIS REGULATION
<i>Sergiu BALACCI, Ion BALAN</i> PROFILUL ACADEMIC AL STUDENȚILOR ÎN FUNCȚIE DE EXTINDEREA LOCURILOR BUGETARE LA ADMITERE	97	ACADEMIC PROFILE OF STUDENTS IN RELATION TO THE EXPANSION OF STATE-FUNDED ADMISSION PLACES
<i>Irina TABĂRĂ, Constantin BULIMAGA, Nicolae BODRUG</i> CARACTERISTICA COMPARATIVĂ A STĂRII DE SĂNĂTATE A POPULAȚIEI DIN REGIUNILE NORD ȘI SUD ALE REPUBLICII MOLDOVA ÎN RAPORT CU GRADUL DE POLUARE A MEDIULUI	106	COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE POPULATION HEALTH STATUS IN THE NORTHERN AND SOUTHERN REGIONS OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA IN RELATION TO THE LEVEL OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

<i>Ion MEREUȚĂ, Tudor STRUTINSCHI, Anastasia BABILEVA, Lilia POLEACOVA</i> INFLUENȚA RAȚIILOR ALIMENTARE ÎN RAPORT CU TIPUL HIPERSTENIC DE CONSTITUȚIE ASUPRA ACTIVITĂȚII ENZIMELOR PROTEOLITICE ÎN DIFERITE STRUCTURI ALE TRACTULUI GASTROINTESTINAL LA ȘOBOLANII HIPOSTRESOREACTIVI	118	THE INFLUENCE OF DIETARY RATIONS ADAPTED TO THE HYPERSTHENIC CONSTITUTIONAL TYPE ON THE ACTIVITY OF PROTEOLYTIC ENZYMES IN DIFFERENT STRUCTURES OF THE GASTROINTESTINAL TRACT IN HYPOSTRESS-REACTIVE RATS
<i>Cristina ȚUGULEA, Livia CALESTRU</i> DIVERSITATEA FLUTURILOR DIURNI (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA) ȘI CRISOMELIDELOR (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) DIN MUNICIPIUL CHIȘINĂU	124	DIVERSITY OF DIURNAL BUTTERFLIES (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA) AND LEAF BEETLES (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) IN THE MUNICIPALITY OF CHIȘINĂU
<i>Gheorghe FLORENȚĂ, Veronica FLORENȚĂ, Andrei POPA, Ionel POPA</i> RĂSPUNSUL CREȘTERII RADIALE A STEJARULUI PUFOS (QUERCUS PUBESCENS WILLD.) LA VARIABILITATEA CLIMATICĂ LA LIMITA EXTRAZONALĂ A AREALULUI	134	RESPONSE OF RADIAL GROWTH OF DOWNY OAK (QUERCUS PUBESCENS WILLD.) TO CLIMATE VARIABILITY AT THE EXTRAZONAL LIMIT OF THE AREA
<i>Ludmila COTELEA, Zinaida BALMUȘ, Violeta BUTNARAȘ</i> SURSE DE GERMOPLASMĂ, HIBRIZI SIMPLI, TRIPLI, DUBLI, ÎN TREPTE ȘI COMPLECȘI VALOROȘI PENTRU CREAREA SOIURILOR NOI DE SALVIA SCLAREA	145	SOURCES OF GERMOPLASMA, SIMPLE, TRIPLE, DOUBLE IN STEPS AND COMPLEX HYBRIDS VALUABLE FOR CREATING NEW VARIETIES OF SALVIA SCLAREA
<i>Tatiana IZVERSCAIA, Veaceslav GHENDOV</i> RARE SPECIES OF THE GENUS DIANTHUS L. (CARYOPHYLLACEAE JUSS.) IN THE FLORA OF REPUBLIC OF MOLDOVA	153	SPECII RARE DIN GENUL DIANTHUS L. (CARYOPHYLLACEAE JUSS.) ÎN FLORA REPUBLICII MOLDOVA
<i>Ghenadie TITICA, Alina PAVLIUC, Vasile GRABOVACHI, Tatiana FETCU</i> CONSERVAREA IN SITU A SPECIILOR RARE DIN SECTORUL „CLIȘCĂUȚI” DIN STEPĂ BĂLȚULUI	162	IN SITU CONSERVATION OF RARE SPECIES IN THE CLIȘCĂUȚI SECTOR OF THE BĂLȚI STEPPE
<i>Ecaterina BARCARI, Tatiana NAGACEVACHI</i> DINAMICA UNOR FACTORI ABIOTICI DIN REZERVAȚIA „CODRII” ÎN PERIOADA DE VEGETAȚIE 2025	167	DYNAMICS OF SOME ABIOTIC FACTORS IN THE RESERVE „CODRII” IN VEGETATION PERIOD 2025
<i>Alina BOGDAN</i> RESEARCH ON THE GENUS CLINOPODIUM L. THROUGH THE PRISM OF MODERN SCIENTIFIC METHODOLOGY	176	CERCETAREA GENULUI CLINOPODIUM L. PRIN PRISMA METODOLOGIEI ȘTIINȚIFICE MODERNE

<i>Violeta BUTNARAȘ, Zinaida BALMUȘ, Ludmila COTELEA</i> CARACTERISTICILE BIOMORFOLOGICE ȘI DE PRODUȚIE A SOIURILOR DE LAVANDĂ DUPĂ ÎNTINERIRE	182	BIOMORPHOLOGICAL AND PRODUCTION CHARACTERISTICS OF LAVENDER VARIETIES AFTER REJUVENATION
<i>Maria CAUȘ, Nicolai PLATOVSCII, Pantelimon BOROZAN</i> EFECTUL STRESULUI HIPERTERMIC ASUPRA GERMINĂRII, CREȘTERII RĂSADURILOR, CONȚINUTULUI DE ACID ASCORBIC ȘI ACTIVITĂȚII ASCORBAT PEROXIDAZEI LA HIBRIZII DE PORUMB (<i>Zea mays</i> L.)	190	THE EFFECT OF HYPERTHERMIC STRESS ON GERMINATION, SEEDLING GROWTH, ASCORBIC ACID CONTENT AND ASCORBATE PEROXIDASE ACTIVITY IN MAIZE (<i>Zea mays</i> L) HYBRIDS
<i>Maricica COLȚUN, Alina BOGDAN</i> THYMUS LONGICAULIS C. PRESL - A PROMISING AROMATIC SPECIES INTRODUCED AND RESEARCHED IN THE BOTANICAL GARDEN	199	THYMUS LONGICAULIS C. PRESL - SPECIE AROMATICĂ DE PERSPECTIVĂ INTRODUSĂ ȘI CERCETATĂ ÎN GRĂDINA BOTANICĂ
<i>Maxim CORĂBIERU, Igor CODREANU, Valeriu CAZAC</i> EVALUAREA IMPACTULUI CONDIȚIILOR CLIMATICE EXTREME DIN ANUL 2025 ASUPRA TERITORIULUI REPUBLICII MOLDOVA	205	ASSESSMENT OF THE IMPACT OF EXTREME CLIMATE CONDITIONS IN 2025 ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA
<i>Olga CRIVOVA, Ghenadii SÎRODOEV, Tatiana IZVERSCAIA, Veaceslav GHENDOV</i> SPATIAL ECOLOGICAL NICHES MODELLING FOR REINTRODUCTION OF IRIS PONTICA ZAPĂL. (MAGNOLIOPHYTA) IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA	213	MODELAREA NIȘELOR ECOLOGICE SPAȚIALE PENTRU REINTRODUCEREA IRIS PONTICA ZAPĂL. (MAGNOLIOPHYTA) ÎN REPUBLICA MOLDOVA
<i>Ala DONICA</i> PAȘAPORTUL ECOLOGIC AL SPAȚIILOR VERZI: CONTEXT, STRUCTURĂ ȘI VALORI ÎNTRU DEZVOLTARE SUSTENABILĂ	226	THE ECOLOGICAL PASSPORT OF GREEN SPACES: CONTEXT, STRUCTURE AND VALUES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT
<i>Ala DONICA, Rodica COJOCARI</i> VARIABILITATEA ARIDITĂȚII EXPRIMATĂ PRIN INDICI ECO-CLIMATICI ȘI IMPACTUL EI ASUPRA BIODIVERSITĂȚII	240	ARIDITY VARIABILITY EXPRESSED THROUGH ECO-CLIMATIC INDICES AND ITS IMPACT ON BIODIVERSITY
<i>Virginia GURĂU</i> MODALITĂȚI DE ASIGURARE A VALIDITĂȚII EVALUĂRII CONFORMITĂȚII PARAMETRILOR MEDIULUI	250	VALIDITY ASSURANCE METHODS FOR ENVIRONMENTAL PARAMETERS CONFORMITY ASSESSMENT

Angela RUDACOVA, Angela PORT,
Ala CHERDIVARA,
Alexandra GASPARG-PINTILIESCU,
Oana CRACIUNESCU

SUBPRODUSELE DIN
FLOAREA-SOARELUI ȘI MIGDALE:
ANALIZĂ COMPARATIVĂ
A COMPOZIȚIEI BIOCHIMICE
ȘI A POTENȚIALULUI BIOACTIV

257 SUNFLOWER AND
ALMOND BY-PRODUCTS:
COMPARATIVE ANALYSIS
OF BIOCHEMICAL COMPOSITION
AND BIOACTIVE POTENTIAL

Victor SÎTNIC, Natalia SOCHIRĂ,
Victoria NISTREANU, Alina LARION,
Teodor GLĂVAN-CARANGHEL
ANALIZA COMUNITĂȚII
AVIFAUNISTICE ÎN ECOSISTEMELE
PERIURBANE DIN
ZONA LACURILOR
DĂNCENI-NIMORENI
(REPUBLICA MOLDOVA)

270 ANALYSIS OF THE AVIFAUNAL
COMMUNITY IN PERI-URBAN
ECOSYSTEMS WITHIN
THE DANCENI-NIMORENI
LAKES AREA
(REPUBLIC OF MOLDOVA)

Valentina SVETLICENCO, Ana POPOVICI,
Alexandru NICUȚĂ

MODIFICAREA ACTIVITĂȚII
PEROXIDAZEI ȘI CATALAZEI
ÎN FRUNZELE POMILOR DE MĂR
ÎN DEPENDENȚĂ DE CONDIȚIILE
DE CREȘTERE ȘI PARTICULARITĂȚILE
BIOLOGICE ALE SOIURILOR

278 MODIFICATION OF PEROXIDASE
AND CATALASE ACTIVITY IN
APPLE TREE LEAVES DEPENDING
ON GROWING CONDITIONS AND
BIOLOGICAL PARTICULARITIES
OF VARIETIES

Alina GÎSCĂ

VIABILITATEA ȘI CAPACITATEA
DE GERMINARE A POLENULUI
LA SOIURILE DE PRUN

283 VIABILITY AND GERMINATION
CAPACITY OF POLLEN
IN PLUM VARIETIES

Valeriu BRAȘOVEANU, Ala DONICA
LICHENODIVERSITATEA –
ECO-BIOINDICATOR AL
POLUĂRII ATMOSFERICE CU SO_x
DIN UNELE SPAȚII VERZI URBANE
ALE REPUBLICII MOLDOVA

289 LICHEN DIVERSITY
AS ECO-BIOINDICATORS
OF SO_x AIR POLLUTION IN SOME
URBAN GREEN SPACES
OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Corina CERTAN, Ala DONICA
SPECII DE PLANTE
ALOGENE INVAZIVE
DIN SPAȚIILE VERZI URBANE:
STUDIUL DE CAZ – BĂLȚI,
CHIȘINĂU ȘI CAHUL,
REPUBLICA MOLDOVA

299 INVASIVE ALIEN
PLANT SPECIES
IN URBAN GREEN SPACES:
A CASE STUDY OF BĂLȚI,
CHIȘINĂU, AND CAHUL,
REPUBLIC OF MOLDOVA

Lucian LUPAȘCU, Eugenia STÎNGACI,
Marina CEABANOVA (ZVEAGHINȚEVA),
Natalia SUCMAN, Fliur MACAEV,
Galina LUPAȘCU, Nicolae CRISTEA,
Valerina SLĂNINĂ

ACTIVITATEA ANTIMICROBIANĂ
A UNOR DERIVAȚI VINIL-TRIAZOLICI
ASUPRA UNOR IZOLATE FUNGICE
ȘI TULPINI BACTERIENE

307 ANTIMICROBIAL ACTIVITY
OF SOME VINYL-TRIAZOLE
DERIVATIVES ON SOME FUNGAL
ISOLATES AND BACTERIAL STRAINS

Andrian DELINSCHI, Elena DELINSCHI
DIN ISTORICUL CERCETĂRILOR ȘI
NOI DESCOPERIRI PALEONTOLOGICE
ÎN APROPIEREA COMUNEI
GURA GALBENEI

314 HISTORY OF RESEARCH AND
NEW PALEONTOLOGICAL
DISCOVERIES NEAR
THE GURA GALBENEI COMMUNITY

Nina FRUNZE
APRECIERE ECOLOGICĂ
A DIVERSITĂȚII COMUNITĂȚILOR
PROCARIOTE DIN SOL

320 ECOLOGICAL ASSESSMENT
OF COMMUNITY DIVERSITY
SOIL PROKARYOTES

Nina CIOCÂRLAN
CONTRIBUTIONS TO THE STUDY
OF SOME MEDICINAL SPECIES
FROM THE ACHILLEA L. GENUS

329 CONTRIBUȚII LA STUDIUL
UNOR SPECII MEDICINALE
DIN GENUL ACHILLEA L.

Științe chimice

Chemical sciences

*Lidia CUBA, Ion BULHAC,
Vladislav GHENEA, Ion CULEAC*
SYNTHESIS, IR AND
PL SPECTRA OF NOVEL COMPLEXES
 $[\text{ZnL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
AND $[\text{CdL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

337 SINTEZA, SPECTRELE IR ȘI
PL ALE NOILOR COMPLECȘI
 $[\text{ZnL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
ȘI $[\text{CdL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Aniversări

Anniversaries

Viorica GLADCHI
ACADEMICIAN
AURELIAN GULEA AT 80 YEARS.
ACTIVITY MARKED
BY EXCELLENCE IN CHEMISTRY,
EDUCATION AND
ACADEMIC MANAGEMENT

346 ACADEMICIANUL
AURELIAN GULEA LA 80 DE ANI.
ACTIVITATEA MARCATĂ
DE EXCELENȚĂ ÎN CHIMIE,
EDUCAȚIE ȘI
MANAGEMENT ACADEMIC

CZU: 612.398.192

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_01](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_01)

INFLUENȚA STRUCTURII CALORICE A RAȚIILOR ASUPRA CONȚINUTULUI AMINOACIZILOR LIBERI ÎN SÂNGE LA ȘOBOLANII HIPERSTRESOREACTIVI

Tudor STRUTINSCHI,
Anastasia BABILEVA,
Lilia POLEACOVA,
Svetlana GARAEVA,
Galina POSTOLATI,

Universitatea de Stat din Moldova

Studiul evaluează influența structurii calorice a rațiilor alimentare asupra metabolismului aminoacizilor liberi la șobolani cu hiperstresoreactivitate, considerați analogi ai tipului constituțional astenic. Experimentele au fost realizate pe patru grupe de animale, alimentate cu rații ce diferă prin proporția de proteine, lipide și glucide. Metabolismul proteic a fost apreciat prin determinarea concentrației aminoacizilor liberi din serul sanguin și eritrocite, precum și prin analiza principalelor grupe funcționale de aminoacizi. Rezultatele au evidențiat că rația cu 12% proteine, 27% lipide și 61% glucide determină o creștere semnificativă a concentrației aminoacizilor liberi, inclusiv a celor imunoactivi, glicogeni, cetogenici și proteinogeni. Această structură calorică s-a dovedit a fi optimă pentru menținerea unui metabolism proteic eficient în condiții de stres crescut.

Cuvinte-cheie: *metabolism proteic, aminoacizi liberi, structură calorică, hiperstresoreactivitate, tip astenic, nutriție diferențiată, grupe funcționale de aminoacizi.*

INFLUENCE OF DIETARY CALORIC STRUCTURE ON THE FREE AMINO ACID CONTENT IN THE BLOOD OF HYPERSTRESS-REACTIVE RATS

The study investigates the influence of dietary caloric structure on free amino acid metabolism in hyperstress-reactive rats, considered analogues of the asthenic constitutional type. Four experimental groups were fed diets differing in protein, lipid, and carbohydrate proportions. Protein metabolism was assessed by determining free amino acid concentrations in blood serum and erythrocytes, as well as by analyzing major functional amino acid groups. The results demonstrated that the diet containing 12% protein, 27% lipids, and 61% carbohydrates induced a significant increase in total free amino acids, including immunoactive, glucogenic, ketogenic, and proteinogenic amino acids. This caloric structure ensured the most favorable metabolic response under conditions of increased stress. The findings support the concept of constitutionally differentiated nutrition and highlight the importance of optimizing dietary protein content to maintain metabolic balance in stress-reactive organisms.

Keywords: *protein metabolism, free amino acids, caloric structure, stress reactivity, asthenic, type, differentiated nutrition, functional groups of amino acids.*

Introducere

Nutriția reprezintă un factor cu impact semnificativ asupra menținerii și fortificării sănătății [8, 17]. Deși știința nutriției a înregistrat progrese importante, potențialul său sanogen rămâne departe de a fi pe deplin valorificat. Una dintre sarcinile sistemului de nutriție individuală, adaptat tipului de constituție, nu este doar satisfacerea senzației de foame, ci și asigurarea aportului adecvat de substanțe nutritive și a raportului optim al acestora. De asemenea, acest sistem urmărește prevenirea dereglărilor metabolice, optimizarea parametrilor sanogeni ai metabolismului și homeostaziei și, în final, menținerea unei stări stabile de sănătate a individului.

Structura valorii calorice a rațiilor alimentare joacă un rol important și indispensabil în sistemul alimentar echilibrat. Rația alimentară trebuie să asigure necesarul organismului în energie, precum și în elemente structurale și plastice. Acest lucru se realizează prin includerea în alimentație a nutrienților esențiali, în cantitățile și proporțiile necesare. Nutrienții alimentari sunt metabolizați în organism, iar în procesul acestor reacții există

o interdependență strânsă între aceștia. Totuși, aceasta nu înseamnă că își pot compensa reciproc deficitul. Necesitatea în nutrienții principali trebuie acoperită prin rația alimentară consumată, iar doar o parte nesemnificativă poate fi suplinită prin conversia reciprocă, pentru o perioadă determinată și scurtă.

Aceste particularități determină actualitatea și impun anumite cerințe privind structura valorii calorice a dietei utilizate. Stabilirea structurii optime a valorii calorice a rației pentru un anumit tip de metabolism are o importanță primordială, deoarece aceasta nu trebuie să permită deficitul unor nutrienți și compensarea lor din contul altora, precum și să prevină excesul acestora. Din punct de vedere fiziologic, astfel de procese nu sunt justificate, iar în unele cazuri sunt imposibile, ceea ce generează dezechilibre alimentare și provoacă un dezechilibru în sistemul de alimentație [17].

În marea varietate de procese metabolice, unul dintre rolurile principale revine metabolismului proteinelor. Aminoacizii reprezintă unitățile structurale de bază ale proteinelor și sunt indispensabili pentru menținerea tuturor funcțiilor organismului uman, inclusiv creșterea și regenerarea masei musculare, funcționarea sistemului nervos central, activitatea sistemului imunitar și acoperirea necesităților energetice ale organismului [11, 14, 15]. Procesele și caracteristicile fundamentale ale metabolismului proteinelor se reflectă, în principal, prin indicatorii cantitativi și calitativi ai aminoacizilor liberi din sânge [3, 15]. Acest fapt a constituit baza studiului spectrului aminoacizilor sanguini ca indicator al metabolismului proteinelor la șobolanii hiperstresoreactivi, în condițiile administrării și evaluării dietelor cu structură calorică diferită, corespunzătoare tipului constituțional hiperstresoreactiv.

Relevanța și noutatea cercetărilor constau în faptul că, pentru prima dată, sunt evaluați indicatorii metabolismului proteic la nivelul aminoacizilor liberi în condițiile utilizării rațiilor cu structură diferită a conținutului caloric, elaborate în conformitate cu primul sistem individual-tipologic de nutriție, în funcție de tipul astenic de constituție (tip constituțional hiperstresoreactiv). Pentru realizarea obiectivelor propuse, au fost efectuate experimente pe șobolani cu hiperstresoreactivitate, în vederea studierii potențialului nutrițional și metabolic al rațiilor cu structură calorică diferită asupra stării metabolismului proteic, apreciată prin indicii aminoacizilor liberi din sânge.

Ca indicatori de evaluare (testare) au fost utilizați indicii nivelului aminoacizilor liberi din plasma sanguină și din eritrocite, precum și starea principalelor grupuri funcționale de aminoacizi: aminoacizi imunoactivi, glicogeni, cetogeni, proteinogeni, neesențiali și esențiali. Fondul de aminoacizi liberi din celulele tuturor organismelor este constituit dintr-un set complet de 20 de aminoacizi proteinogeni, din care sunt sintetizate proteinele, precum și din aminoacizi care îndeplinesc funcții biologice specifice [14, 15].

Materiale și metode de cercetare

Pentru realizarea experimentelor au fost selectate patru grupuri de animale-model, reprezentate de șobolani albi Wistar, conform principiului analogilor (greutate, sex, vârstă, linie de origine și stresoreactivitate), fiecare grup fiind format din câte cinci exemplare masculi cu vârste între 4 și 5 luni. A fost utilizată o metodă standardizată de selecție a animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate, prin metoda „labirintului plus ridicat” (*Elevated Plus Maze*) [6], cu aplicarea unor modificări. Studiile au fost efectuate pe șobolani cu stresoreactivitate crescută, alimentați cu rații cu structură calorică diferită, calculate pentru tipul constituțional astenic.

Tabelul 1. Structura calorică a rațiilor alimentare pentru tipul astenic de constituție conform grupelor experimentale pentru animalele cu hiperstresoreactivitate (%)

Macronutrienți	I grupă	II grupă	III grupă	IV grupă
Proteine	8	11	12	14
Lipide	35	29	27	25
Glucide	57	60	61	61

Structura valorii calorice a rațiilor prezentată în tabelul 1 a fost calculată ținând cont de particularitățile metabolice și funcționale ale tractului digestiv la persoanele de tip constituțional astenic, pentru perioada morfo-funcțională stabilă. Aceste particularități au fost abordate printr-un conținut minim de proteine de

origine animală în structura valorii calorice, un nivel moderat de lipide și o concentrație sporită de glucide [8]. Analiza conținutului aminoacizilor liberi în ser și eritrocite s-a efectuat prin metoda cromatografiei lichide cu schimb de ioni [13]. A fost determinat conținutul aminoacizilor liberi pe grupe funcționale, în funcție de rolul fiziologic al aminoacizilor: neesențiali, esențiali, imunoactivi, glicogeni, cetogeni, proteinogeni și a aminoacizilor individuali. Analiza statistică a rezultatelor obținute s-a realizat cu utilizarea t-criteriului Student. Experimentele pe animale au fost efectuate în conformitate cu Directiva 86/609/CEE din 24 noiembrie 1986 privind protecția animalelor utilizate în scopuri științifice și au fost aprobate de Comisia metodică a Institutului de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

Rezultate și discuții

Influența formulei studiate a structurii calorice a dietelor pentru tipul astenic de constituție asupra metabolismului aminoacizilor se evaluează după nivelul aminoacizilor liberi în serul sângelui animalelor experimentale cu stresoreactivitate crescută, care sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Influența rațiilor alimentare pentru tipul constituțional astenic asupra nivelului aminoacizilor liberi din serul sanguin al animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate ($\mu\text{mol}/100\text{ ml}$)

Aminoacizii	I grupă (control)	II grupă	III grupă	IV grupă
Acidul cisteinic	$4,13 \pm 0,53$	$6,38 \pm 1,42^*$	$8,40 \pm 0,87^{**}$	$3,47 \pm 0,57$
Taurina	$25,96 \pm 3,59$	$27,33 \pm 5,58$	$57,18 \pm 2,52^{***}$	$36,68 \pm 4,89^*$
Acidul aspartic	$7,81 \pm 1,14$	$5,91 \pm 1,12^*$	$11,63 \pm 0,76^*$	$8,23 \pm 1,55$
Treonina	$18,71 \pm 2,03$	$17,77 \pm 3,46$	$30,14 \pm 2,11^{**}$	$20,59 \pm 2,77$
Serina	$33,16 \pm 3,79$	$18,34 \pm 4,18^{**}$	$35,17 \pm 2,07$	$26,20 \pm 4,52^*$
Asparagina	$14,06 \pm 2,00$	$6,78 \pm 1,42^*$	$12,62 \pm 1,26$	$19,54 \pm 2,27^*$
Acidul glutamic	$7,29 \pm 1,04$	$5,23 \pm 1,08^*$	$7,33 \pm 1,14$	$8,74 \pm 0,90^*$
Glutamina	$27,56 \pm 3,93$	$16,50 \pm 3,67^*$	$20,01 \pm 1,39^*$	$25,65 \pm 3,09$
Acidul α -aminoadipinic	$0,61 \pm 0,14$	$0,51 \pm 0,04$	$0,78 \pm 0,21$	$0,75 \pm 0,21$
Prolina	$14,17 \pm 3,63$	$11,64 \pm 2,20$	$24,38 \pm 3,44^*$	$13,11 \pm 1,56$
Glicina	$25,17 \pm 2,43$	$15,60 \pm 3,15^*$	$43,25 \pm 1,99^{***}$	$21,19 \pm 1,52^*$
Alanina	$32,82 \pm 3,41$	$30,66 \pm 6,72$	$70,91 \pm 2,59^{***}$	$36,82 \pm 2,50$
Citrulina	$0,66 \pm 0,19$	$0,67 \pm 0,12$	$1,26 \pm 0,12^*$	$1,03 \pm 0,15^*$
Acidul α -aminobutiric	$0,72 \pm 0,23$	$0,73 \pm 0,15$	$1,37 \pm 0,20^*$	$1,01 \pm 0,25$
Valina	$13,72 \pm 1,66$	$9,01 \pm 1,97^*$	$21,08 \pm 1,75^{**}$	$16,06 \pm 1,72^*$
Cisteina	$5,90 \pm 0,49$	$1,95 \pm 0,45^{***}$	$6,09 \pm 1,03$	$5,57 \pm 1,15$
Metionina	$1,65 \pm 0,15$	$1,51 \pm 0,12$	$2,92 \pm 0,50^*$	$3,08 \pm 0,45^*$
Izoleucina	$4,57 \pm 0,60$	$5,86 \pm 1,04^*$	$12,43 \pm 1,55^{**}$	$8,52 \pm 1,13^*$
Leucina	$8,46 \pm 1,11$	$7,57 \pm 2,08$	$19,29 \pm 2,04^{**}$	$10,51 \pm 1,06^*$
Tirozina	$6,11 \pm 1,16$	$7,06 \pm 1,44$	$21,01 \pm 2,04^{***}$	$11,49 \pm 2,02^*$
Fenilalanina	$4,55 \pm 0,60$	$4,62 \pm 0,45$	$6,43 \pm 0,63^*$	$6,38 \pm 1,13^*$
Acidul γ -aminobutiric	$0,22 \pm 0,05$	$0,39 \pm 0,07^*$	$0,80 \pm 0,14^{**}$	$0,40 \pm 0,12$
Ornitina	$2,23 \pm 0,34$	$3,13 \pm 0,68^*$	$5,53 \pm 0,80^{**}$	$3,01 \pm 0,43^*$
Lizina	$25,42 \pm 3,42$	$29,52 \pm 3,76$	$48,79 \pm 4,30^{**}$	$39,01 \pm 4,22^*$
Histidina	$2,94 \pm 0,32$	$3,96 \pm 0,78^*$	$8,73 \pm 0,78^{***}$	$3,94 \pm 0,44^*$
Arginina	$5,13 \pm 0,68$	$7,58 \pm 1,11^*$	$14,44 \pm 1,37^{***}$	$8,52 \pm 1,90^*$

Notă: $*p < 0,05$; $**p < 0,01$; $***p < 0,001$ – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control).

Indicii aminoacizilor liberi din serul sanguin al animalelor din grupa de control I, care au fost alimentate cu o rație ce conținea 8% proteine, așa cum este prezentat în tabelul 1, demonstrează că, în ansamblu, nivelul aminoacizilor liberi se menține în limitele unui standard biologic adecvat. Rațiile administrate animalelor din grupele II, III și IV, conținând 11%, 12% și, respectiv, 14% proteine, au exercitat un impact semnificativ mai pronunțat asupra concentrației aminoacizilor liberi din serul sanguin al animalelor experimentale. În grupa III, comparativ cu grupa I (control), s-a constatat o creștere semnificativă ($p < 0,001$) a concentrației aminoacizilor liberi în plasmă, cu excepția serinei, cisteinei, asparaginei, acidului glutamic și acidului α -aminoadipinic. De asemenea, nivelul asparaginei a prezentat o tendință de diminuare, înregistrând valori de $12,62 \pm 1,26 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$, comparativ cu $14,06 \pm 0,22 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$ în grupa de control I.

Din punct de vedere fiziologic, aminoacizii pot fi clasificați, în funcție de activitatea lor funcțională, în următoarele grupe: proteinogeni, care intră în structura proteinelor (20 de aminoacizi), și neproteinogeni, care nu fac parte din structura proteinelor, dar îndeplinesc alte funcții importante în organismul uman; aminoacizi esențiali (12 aminoacizi) și neesențiali (8 aminoacizi); glicogeni, care se transformă în glucoză și apoi în glicogen sau se descompun pe calea metabolismului glucozei, generând ATP (majoritatea – 19 aminoacizi – sunt glicogeni într-o anumită măsură, cu excepția leucinei); cetogeni, care pot fi transformați în corpi cetonici (acizi grași cu lanț scurt) (izoleucină, leucină, lizină, tirozină, triptofan și fenilalanină); imunoactivi, implicați în formarea sistemelor de protecție imună [1, 4, 14, 15, 16]. Grupa experimentală III prezintă o concentrație semnificativ mai mare de aminoacizi esențiali și neesențiali comparativ cu grupa de control (figura 1).

Rațiile alimentare și caracteristicile metabolice individuale ale animalelor au influențat conținutul de aminoacizi neesențiali din serul sanguin. În grupa experimentală II, nivelul aminoacizilor neesențiali a scăzut la $119,68 \pm 23,47 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$ ($p \leq 0,05$) comparativ cu grupa de control ($174,05 \pm 18,81 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$). Această diferență poate fi atribuită particularităților individuale ale metabolismului animalelor din grupa II.

Cantitatea maximă de aminoacizi neesențiali a fost identificată în serul sanguin al animalelor din grupa experimentală III, cu o valoare de $252,40 \pm 4,31 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$, semnificativ mai mare ($p \leq 0,01$) decât în grupa de control. În grupa experimentală IV, nivelul aminoacizilor neesențiali a crescut nesemnificativ la $176,55 \pm 10,69 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$, comparativ cu grupa de control I.

Indicatorii aminoacizilor esențiali au fost mai caracteristici și mai stabili în toate grupele experimentale. Nivelul aminoacizilor esențiali din serul sanguin în grupa de control I a fost de $85,16 \pm 7,39 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$, iar în grupa experimentală II a crescut la $87,41 \pm 14,06 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$, diferența fiind nesemnificativă.

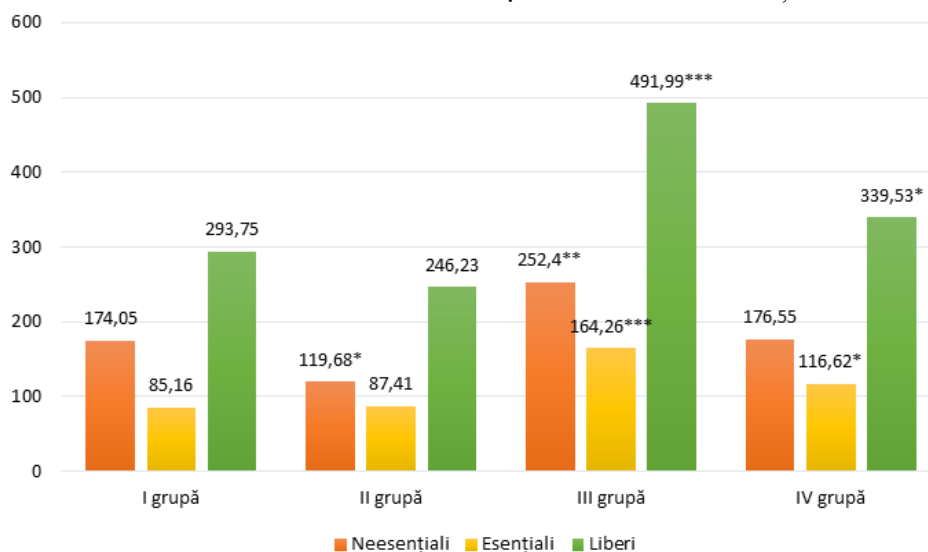


Figura 1. Concentrația aminoacizilor liberi, esențiali și neesențiali din serul sanguin al animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate ($\mu\text{mol}/100 \text{ ml}$)

Notă: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control)

Cantitatea maximă de aminoacizi esențiali a fost înregistrată în grupa experimentală III ($164,26 \pm 7,06 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$) și în grupa experimentală IV ($116,62 \pm 10,08 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$), depășind semnificativ valorile grupului de control ($p \leq 0,001$ și $p \leq 0,05$, respectiv).

Valorile crescute ale metabolismului proteinelor, reflectate prin dinamica aminoacizilor liberi din serul sanguin al animalelor experimentale, sunt rezultatul unui aport optim de proteine în rație [10]. În ansamblu, concentrația totală de aminoacizi liberi a fost de $246,23 \pm 45,29 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$ în grupa experimentală II, $491,99 \pm 10,93 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$ în grupa III ($p \leq 0,001$) și $339,53 \pm 22,16 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$ în grupa IV ($p \leq 0,05$), comparativ cu $293,75 \pm 27,65 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$ în grupa de control I.

Unul dintre parametrii utilizați pentru evaluarea structurii calorice a rațiilor este analiza impactului acestora asupra diferitelor grupe funcționale de aminoacizi. Studiul acestor grupe evidențiază implicarea lor directă în diverse procese fiziologice și biochimice. În cadrul grupului aminoacizilor proteino-geni se regăsesc 20 de aminoacizi care constituie structura de bază a proteinelor: acidul aspartic (aspartat), acidul glutamic (glutamat), arginina, glutamina, treonina, serina, prolina, glicina, alanina, izoleucina, leucina, valina, cisteina, metionina, tirozina, fenilalanina, lizina, histidina, asparagina și triptofanul.

În figura 2 este prezentată influența structurii calorice a rațiilor specifice tipului constituțional astenic asupra grupului de aminoacizi proteino-geni. Conform rezultatelor obținute, în grupa de control I, concentrația aminoacizilor proteino-geni a fost de $259,21 \pm 26,05 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$. În grupa experimentală II, acest nivel a avut o tendință de scădere, ajungând la $207,09 \pm 37,37 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$. În contrast, în grupa experimentală IV s-a observat o creștere, atingând $293,17 \pm 19,99 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$, iar în grupa experimentală III s-a înregistrat o creștere semnificativă față de grupa de control ($p \leq 0,001$), valoarea fiind de $416,66 \pm 9,70 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$.

Având în vedere importanța imunității asupra sănătății individuale, în ultimii ani a fost identificat un grup de aminoacizi imunoactivi, care include treonina, valina, triptofanul, acizii aspartic și glutamic, serina, alanina, cistina și acidul γ -aminobutiric [1, 4]. Rezultatele efectelor structurilor dietetice testate asupra concentrației de aminoacizi imunoactivi sunt prezentate în figura 2. Analiza datelor indică faptul că grupa experimentală III a prezentat cea mai mare concentrație de aminoacizi imunoactivi, atingând $195,77 \pm 7,80 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$ ($p \leq 0,01$), comparativ cu grupa de control I, care a înregistrat $133,69 \pm 13,35 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$. Grupa experimentală IV a avut o concentrație de $142,16 \pm 10,79 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$, în timp ce grupa II a prezentat o reducere a nivelului aminoacizilor imunoactivi, situându-se sub valoarea grupului de control, cu $96,05 \pm 19,36 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$.

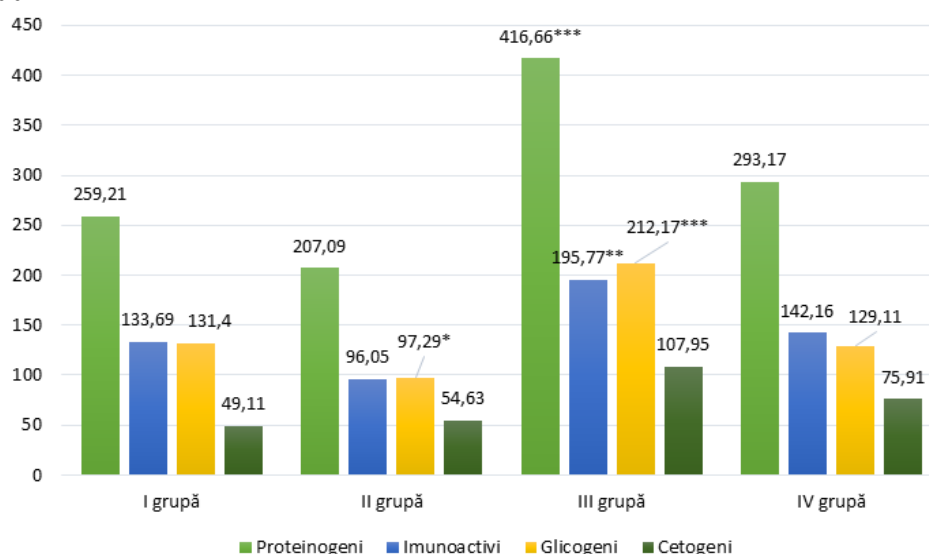


Figura 2. Concentrația aminoacizilor din diverse grupe funcționale în serul sanguin al animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate ($\mu\text{mol}/100 \text{ ml}$)

Notă: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control)

Conform lui A. Lehninger (1985), aminoacizii pot fi clasificați în funcție de punctul lor de intrare în ciclul acidului citric. În grupul aminoacizilor glicogeni se regăsesc: glicina, alanina, histidina, metionina, asparagina, glutamina, prolina, cisteina, arginina, glutamatul, aspartatul, valina, serina și treonina. Acești aminoacizi sunt denumiți glicogeni datorită rolului lor ca precursori importanți ai D-glucozei. Conversiile lor conduc la formarea acidului piruvic, acidului oxaloacetic și acidului α -cetoglutamic, ceea ce permite sinteza glucozei sau a glicogenului [14, 15].

Procesele menționate demonstrează că o serie de aminoacizi joacă un rol activ în procesele energetice ale organismului și reprezintă o sursă importantă de energie. Se știe că, la oxidarea completă a 1 g de proteină într-o bombă calorimetrică, se obțin în medie 5,65 kcal. Carbonul aminoacizilor se oxidează până la CO_2 , hidrogenul până la H_2O , iar azotul până la NO_2 . Totuși, în organismul uman energia sub formă de ATP poate fi obținută doar prin oxidarea componentei hidrocarbonatate a aminoacizilor. De aceea, din cele 5,65 kcal, organismului îi sunt accesibile doar 4,3 kcal, iar restul de 1,3 kcal reprezintă energia oxidării azotului.

S-a stabilit că din 100 g de aminoacizi se pot forma doar 57 g de glucoză. În primele 3-4 zile de înfometare, din aminoacizi se formează în medie aproximativ 41 g de glucoză pe zi, iar după câteva săptămâni de înfometare, formarea glucozei scade până la 16 g pe zi. În diabetul zaharat de tip 2, transformarea aminoacizilor glicogeni în glucoză are loc cu o viteză mult mai mare decât la persoanele sănătoase [13, 16]. Ca urmare, la persoanele cu diabet se elimină prin urină o cantitate mare de uree, care se formează în procesul de dezaminare a aminoacizilor glicogeni. În stările critice, viteza gluconeogenezei cu utilizarea aminoacizilor crește, de asemenea, semnificativ. Dintre aminoacizi, cei care se transformă cel mai eficient în glucoză sunt serina, alanina și prolina, în timp ce glutamina, utilizată pe scară largă în nutriția enterală și parenterală, se situează pe locul patru [13].

Nivelul aminoacizilor glicogeni a fost evaluat în grupa de control I, unde a fost de $131,40 \pm 11,63 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$. În grupa experimentală II, acesta a scăzut la $97,29 \pm 20,21 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$ ($p \leq 0,05$), în grupa III experimentală a crescut semnificativ la $212,17 \pm 7,70 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$ ($p \leq 0,001$), iar în grupa IV experimentală a fost de $129,11 \pm 10,01 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$ (Figura 2). Aceste rezultate indică faptul că, pe măsură ce proporția proteinelor în aportul caloric al rațiilor crește de la 8% la 12%, cu o sporire nesemnificativă a glucidelor de la 57% la 61%, nivelul aminoacizilor glicogeni crește treptat.

Grupa aminoacizilor cetogeni este formată din aminoacizi care se transformă în acetyl-CoA sau acetoacetat. Distribuția aminoacizilor în categoriile glicogeni și cetogeni nu este strict definită, iar diferiți autori includ anumiți aminoacizi în aceste categorii. În cadrul aminoacizilor cetogeni, A. Lehninger a identificat următoarele: izoleucină, fenilalanină, tirozină, leucină, lizină și triptofan.

Conform datelor prezentate în figura 2, concentrația aminoacizilor cetogeni tinde să crească odată cu sporirea aportului de proteine în structura calorică a rațiilor, până la un nivel considerat optim pentru tipul constituțional astenic al animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate. Astfel, în grupa de control I (8% proteine), nivelul aminoacizilor cetogeni a fost de $49,11 \pm 4,43 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$; în grupa experimentală II (11% proteine) $54,63 \pm 7,94 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$; în grupa III experimentală (12% proteine) $107,95 \pm 5,69 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$; iar în grupa IV experimentală (14% proteine) concentrația a scăzut la $75,91 \pm 7,37 \mu\text{mol}/100 \text{ ml}$ comparativ cu grupa III.

Scăderea schimbului de aminoacizi în grupa IV, în ciuda conținutului ridicat de proteine (14%) din rație, poate fi explicată prin mai mulți factori. Unul dintre aceștia este activitatea proteolitică redusă a enzimelor digestive la indivizii cu tip astenic, care limitează digestia eficientă a cantității crescute de proteine. De asemenea, eficiența utilizării proteinelor depinde de sincronizarea hidrolizei și a eliberării aminoacizilor în timpul digestiei, în raport cu viteza de utilizare a acestora în procesele metabolice și de reparare. Structura calorică a variantei IV a rației poate să nu fi favorizat această sincronizare.

Un alt factor care poate contribui la scăderea energiei în grupa IV este nivelul ridicat de proteine, care stimulează procesele metabolice și poate conduce la reducerea greutateii corporale. Prin urmare, structura calorică a variantei rației pentru grupa III, cu 12% proteine, 27% lipide și 61% glucide, s-a dovedit a fi cea mai optimă, asigurând un metabolism eficient al aminoacizilor.

Un subiect de interes științific actual și semnificativ îl reprezintă influența rațiilor cu valori calorice

diferite asupra concentrației aminoacizilor liberi în eritrocite. Aceasta a constituit baza pentru analiza influenței acestor rații asupra nivelurilor de aminoacizi liberi din eritrocite (tabelul 3). Eritrocitele, care conțin hemoglobină, joacă un rol-cheie în transportul oxigenului și în procesele de oxidoreducere din întreg organismul.

Tabelul 3. Conținutul de aminoacizi liberi ($\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) în eritrocitele șobolanilor hiperstresore-activi întreținuți cu rații alimentare cu structuri calorice diferite

Aminoacizii	I grupă (control)	II grupă	III grupă	IV grupă
Acidul cisteinic	$2,023 \pm 0,31$	$3,70 \pm 1,04^*$	$5,86 \pm 0,69^{***}$	$3,36 \pm 0,57^*$
Taurina	$29,01 \pm 4,40$	$30,03 \pm 5,3^*$	$73,00 \pm 7,87^{**}$	$42,46 \pm 2,43^*$
Acidul aspartic	$6,99 \pm 2,26$	$5,15 \pm 0,83$	$7,61 \pm 1,65$	$5,38 \pm 1,74$
Treonina	$16,09 \pm 2,46$	$14,51 \pm 2,05$	$23,43 \pm 1,90^*$	$13,89 \pm 1,60$
Serina	$28,27 \pm 4,23$	$18,79 \pm 3,51^*$	$28,64 \pm 3,07$	$18,61 \pm 1,67^*$
Asparagina	$4,53 \pm 1,20$	$4,16 \pm 1,18$	$14,68 \pm 3,12^*$	$10,30 \pm 1,35^*$
Acidul glutamic	$13,96 \pm 2,38$	$12,68 \pm 3,35$	$34,11 \pm 6,72^*$	$16,73 \pm 0,44^*$
Glutamina	$20,91 \pm 5,00$	$17,16 \pm 4,85$	$42,89 \pm 8,29^*$	$21,92 \pm 0,91$
Prolina	$61,53 \pm 11,60$	$48,38 \pm 11,85$	$104,54 \pm 7,69^*$	$56,87 \pm 3,94$
Glicina	$17,51 \pm 2,84$	$18,51 \pm 5,17$	$38,80 \pm 3,43^{**}$	$20,11 \pm 1,33$
Alanina	$25,30 \pm 2,48$	$17,85 \pm 5,25^*$	$47,37 \pm 4,82^{**}$	$27,47 \pm 1,47$
Citrulina	$1,66 \pm 0,38$	$1,81 \pm 0,52$	$3,89 \pm 0,28^{**}$	$1,33 \pm 0,19$
Acidul α -aminobutiric	$1,62 \pm 0,45$	$1,66 \pm 0,54$	$4,33 \pm 0,48^{**}$	$1,69 \pm 0,15$
Valina	$7,53 \pm 1,04$	$4,72 \pm 1,17^*$	$13,53 \pm 1,32^{**}$	$6,42 \pm 0,84$
Cisteina	$1,25 \pm 0,64$	$1,81 \pm 0,37$	$4,83 \pm 0,55^{**}$	$2,57 \pm 0,28^*$
Metionina	$3,53 \pm 0,54$	$3,11 \pm 0,78$	$6,92 \pm 0,93^*$	$3,93 \pm 0,32$
Izoleucina	$5,27 \pm 0,51$	$4,88 \pm 0,73$	$9,22 \pm 1,24^*$	$9,08 \pm 2,42^*$
Leucina	$8,89 \pm 0,85$	$5,84 \pm 0,98^*$	$10,13 \pm 0,99$	$10,99 \pm 3,28$
Tirozina	$7,50 \pm 0,76$	$3,71 \pm 0,93^*$	$6,62 \pm 1,95$	$5,78 \pm 0,75^*$
Fenilalanina	$10,09 \pm 1,55$	$4,78 \pm 0,87^*$	$8,96 \pm 1,50$	$10,64 \pm 0,79$
Acidul γ -aminobutiric	$1,51 \pm 0,11$	$2,43 \pm 0,33^*$	$3,62 \pm 0,42^{**}$	$4,49 \pm 0,69^{**}$
Ornitina	$4,18 \pm 0,70$	$2,26 \pm 1,03^*$	$4,14 \pm 0,55$	$3,94 \pm 0,43$
Lizina	$18,48 \pm 2,62$	$27,05 \pm 3,62^*$	$60,00 \pm 5,45^{***}$	$39,68 \pm 3,46^{**}$
Histidina	$4,06 \pm 0,53$	$4,89 \pm 1,82$	$11,44 \pm 0,94^{***}$	$6,20 \pm 1,26^*$
Arginina	$12,05 \pm 3,37$	$8,58 \pm 1,97$	$19,42 \pm 1,63^*$	$18,56 \pm 2,17^*$

Notă: $*p \leq 0,05$; $**p \leq 0,01$; $***p \leq 0,001$ – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control)

Datele prezentate în figura 3 arată că concentrația aminoacizilor liberi neesențiali în eritrocitele animalelor de laborator variază de la $187,76 \pm 18,80 \mu\text{mol}/100\text{ mg}$ în grupa de control până la $330,11 \pm 12,54 \mu\text{mol}/100\text{ mg}$ în grupa experimentală III, unde a fost semnificativ mai mare ($p \leq 0,01$). În grupele experimentale II și IV, concentrația aminoacizilor liberi esențiali a fost mai scăzută comparativ cu grupa de control ($148,21 \pm 33,84$ și $185,75 \pm 2,13 \mu\text{mol}/100\text{ mg}$, respectiv), însă diferența nu a fost semnificativă, indicând că valorile se încadrează în marja de eroare a experimentului și nu depind de condițiile factorilor studiați.

Rațiile studiate cu structuri calorice diferite, au influențat conținutul de aminoacizi liberi esențiali în eritrocitele animalelor de laborator. Concentrația de aminoacizi esențiali în eritrocitele grupei experimen-

tale II a fost de $78,38 \pm 12,61 \mu\text{mol}/100 \text{ mg}$, comparativ cu $85,99 \pm 5,82 \mu\text{mol}/100 \text{ mg}$ în grupa de control, însă diferența nu a fost semnificativă și a prezentat doar o tendință. Cea mai pronunțată influență asupra conținutului de aminoacizi esențiali a fost observată în grupele experimentale III și IV. În grupa experimentală IV, concentrația aminoacizilor esențiali a crescut la $119,38 \pm 3,11 \mu\text{mol}/100 \text{ mg}$ ($p \leq 0,001$), iar în grupa experimentală III a atins $163,05 \pm 11,74 \mu\text{mol}/100 \text{ mg}$ ($p \leq 0,001$), fiind semnificativ mai mare comparativ cu grupa de control.

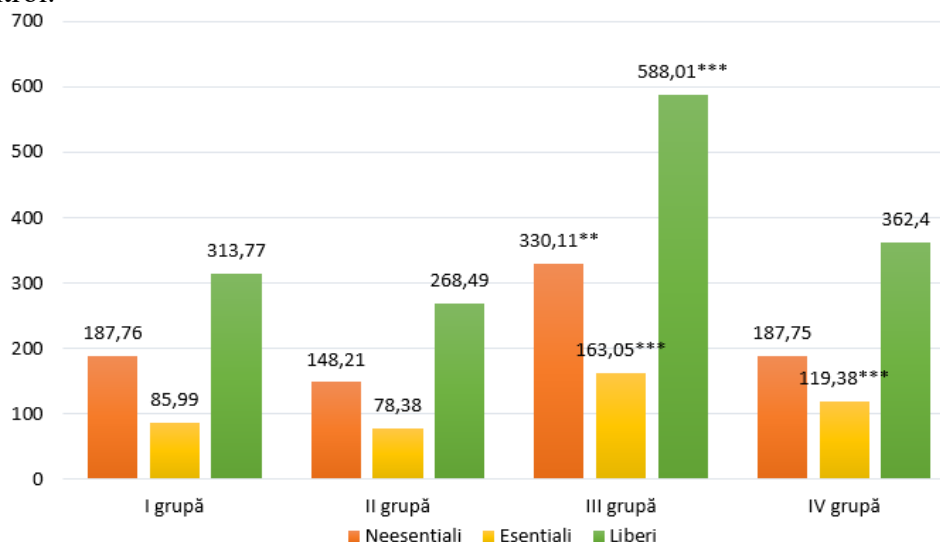


Figura 3. Concentrația aminoacizilor neesențiali, esențiali și liberi în eritrocitele animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate ($\mu\text{mol}/100 \text{ mg}$)

Notă: ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control)

Concentrația de aminoacizi liberi în eritrocite este, în general, mai ridicată decât în plasma sanguină și variază într-un interval mai larg. Acest fapt, conform multor cercetători, sugerează că eritrocitele reprezintă principala sursă de aminoacizi de depozit. Aceasta este deosebit de important, deoarece deficitul chiar și al unui singur aminoacid în molecula de hemoglobină poate conduce la modificări ale formei eritrocitelor și la tulburări ale funcțiilor acestora, cum ar fi schimbul de gaze sau apariția anemiei.

Rezultatele cercetărilor prezentate în figura 3 arată că cea mai mare concentrație de aminoacizi liberi a fost observată în eritrocitele grupei III ($588,01 \pm 17,96 \mu\text{mol}/100 \text{ mg}$, $p \leq 0,001$), care au fost întreținute cu rația alimentară corespunzătoare variantei a III-a de structură calorică (proteine – 12%, lipide – 27%, glucide – 61%). Concentrația de aminoacizi liberi în grupa III a fost semnificativ mai mare ($p \leq 0,01$ și $p \leq 0,001$) comparativ cu grupele I, II și IV, ceea ce sugerează că varianta a III-a de structură calorică a rației este optimă pentru tipul constituțional astenic.

Rațiile testate pentru tipul astenic de constituție au influențat, de asemenea, concentrația grupurilor funcționale de aminoacizi în eritrocitele din sângele animalelor hiperstresoreactive (figura 4). Concentrația aminoacizilor proteinogeni la animalele din grupele experimentale a variat într-un interval larg. În grupa experimentală II, nivelul aminoacizilor proteinogeni a fost de $226,59 \pm 43,56 \mu\text{mol}/100 \text{ mg}$, comparativ cu $273,76 \pm 17,68 \mu\text{mol}/100 \text{ mg}$ în grupa de control ($p \leq 0,05$). Concentrația maximă a fost depistată în eritrocitele din sângele animalelor din grupa III, atingând $493,16 \pm 19,55 \mu\text{mol}/100 \text{ mg}$, semnificativ mai mare ($p \leq 0,001$) decât în grupa de control I. În grupa IV, nivelul aminoacizilor proteinogeni a fost de $305,14 \pm 4,48 \mu\text{mol}/100 \text{ mg}$, depășind de asemenea indicatorii grupei de control ($p \leq 0,05$).

În ciuda fluctuațiilor, toți indicatorii studiați au fost semnificativ mai mari în grupa III, animalele căreia au fost alimentate cu rație cu structura calorică: 12% proteine, 27% lipide și 61% glucide. Aceste date sugerează că această variantă de rație este optimă pentru animalele hiperstresoreactive cu tipul astenic de constituție.

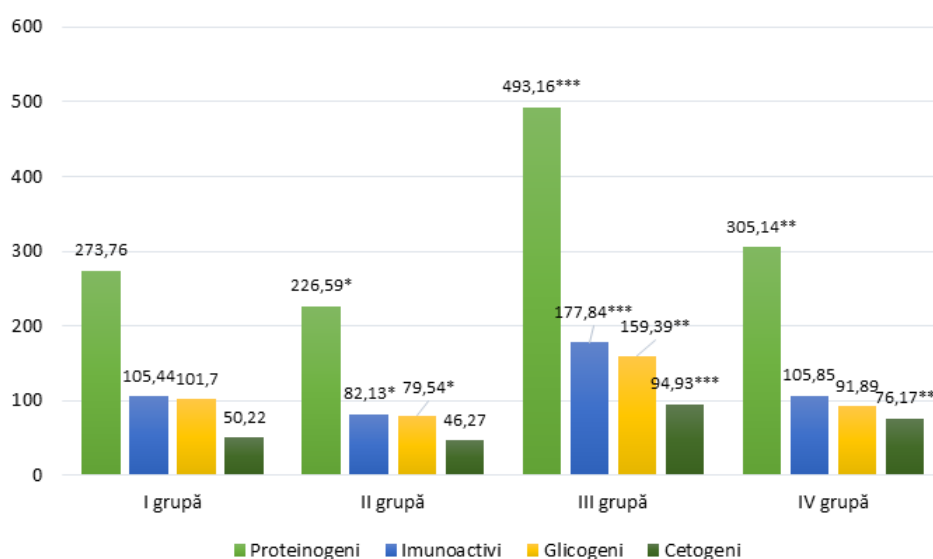


Figura 4. Concentrația aminoacizilor liberi din diverse grupe funcționale în eritrocitele animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate ($\mu\text{mol}/100\text{ mg}$)

Notă: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control)

Concentrația aminoacizilor imunoactivi a scăzut în grupa experimentală II la $82,13 \pm 15,76\ \mu\text{mol}/100\text{ mg}$ ($p \leq 0,05$) comparativ cu grupa de control I ($105,44 \pm 6,65\ \mu\text{mol}/100\text{ mg}$). În grupa experimentală III, nivelul aminoacizilor imunoactivi a crescut semnificativ, atingând $177,84 \pm 8,99\ \mu\text{mol}/100\text{ mg}$ ($p \leq 0,001$), în timp ce în grupa IV a rămas aproximativ la nivelul grupei de control, cu $105,85 \pm 7,15\ \mu\text{mol}/100\text{ mg}$ (figura 4). Diferențele identificate par să fie determinate mai mult de particularitățile individuale ale metabolismului animalelor, care au generat o variație mare a indicatorilor în grupa experimentală II, decât de rația alimentară.

Nivelul aminoacizilor glicogeni în grupa experimentală II a scăzut la $79,54 \pm 16,18\ \mu\text{mol}/100\text{ mg}$ ($p \leq 0,05$) comparativ cu grupa de control I ($101,70 \pm 3,86\ \mu\text{mol}/100\text{ mg}$). O tendință similară a fost observată și în grupa experimentală IV ($91,89 \pm 5,15\ \mu\text{mol}/100\text{ mg}$). Concentrația maximă de aminoacizi glicogeni a fost în grupa experimentală III, atingând $159,39 \pm 13,47\ \mu\text{mol}/100\text{ mg}$ ($p \leq 0,01$), semnificativ mai mare decât în grupa de control (figura 4).

Metabolizarea aminoacizilor cetogeni a fost similară cu cea a grupelor funcționale anterioare de aminoacizi. Acest lucru se datorează, evident, faptului că nu există încă o diferențiere clară între ei și că mulți dintre ei pot participa la aceleași reacții biochimice. În grupul experimental II, nivelul aminoacizilor cetogeni a scăzut la $46,27 \pm 6,84\ \mu\text{mol}/100\text{ mg}$, comparativ cu $50,22 \pm 3,87\ \mu\text{mol}/100\text{ mg}$ în grupul de control I, însă diferența identificată a avut caracter de tendință, deoarece nu a fost semnificativă. O creștere semnificativă a aminoacizilor cetogeni a fost observată în grupul experimental III – $94,93 \pm 7,21\ \mu\text{mol}/100\text{ mg}$ ($p \leq 0,001$) și în grupul experimental IV – $76,17 \pm 3,98\ \mu\text{mol}/100\text{ mg}$ ($p \leq 0,01$).

Astfel, în comparație cu grupa I de control toți indicatorii studiați au fost semnificativ mai mari la animalele din grupul experimental III care au primit o dietă cu o structură calorică de 12,0% proteine, 27,0% lipide și 61,0% carbohidrați, ceea ce servește ca bază probatorie a optimității acestora pentru reprezentanții tipului astenic testați pe animale cu hiperstresoreactivitate [9].

Concluzie

Structura conținutului caloric al rației administrate celui de-al treilea grup de animale experimentale hiperstresoreactive, corespunzătoare tipului astenic de constituție (proteine – 12 %, lipide – 27 %, glucide – 61 %), a asigurat o creștere maximă și semnificativă ($p \leq 0,001$) a tuturor aminoacizilor liberi studiați. De asemenea, s-a observat o creștere a aminoacizilor activi din punct de vedere funcțional (imunoactivi, glicogenici, cetogenici și proteinogeni) în serul sanguin și în eritrocitele animalelor hiperstresoreactive, în comparație

cu grupul control și cu celelalte grupuri experimentale (II și IV) [5]. Această eficiență superioară a rației nr. 3 poate fi explicată prin proporția optimă de glucide și proteine, care furnizează energie și precursori metabolici necesari sintezei proteice și menținerii nivelurilor funcționale ale aminoacizilor, stimulând echilibrul între gluconeogeneză și căile cetogenice în condițiile unui metabolism hiperactiv indus de stres [2, 7, 12].

Bibliografie:

1. CALDER, PC, CARR, AC, GOMBART, AF, EGGERSDORFER, M. Optimal nutritional status for a well-functioning immune system is an important factor to protect against viral infections. In: *Nutrients*. 2020, 12(4), p. 1181. <https://doi.org/10.3390/nu12041181>
2. D'ANDREA, G. Classifying amino acids as gluco(glyco)genic, ketogenic, or both. In: *Biochemical Education*. Volume 28, Issue 1, 2000, pp. 27-28. [https://doi.org/10.1016/S0307-4412\(98\)00271-4](https://doi.org/10.1016/S0307-4412(98)00271-4)
3. HOLEČEK, M. Branched-chain amino acids in health and disease: metabolism, alterations in blood plasma, and as supplements. In: *Nutrition and Metabolism*. 2018, 15(33), pp. 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12986-018-0271-1>
4. LI, P., YIN, Y., LI, D., KIM, S.W., WU, G. Amino acids and immune function. In: *Br J Nutr*. 2007, 98(2), pp. 237-252. doi: <https://doi.org/10.1017/S000711450769936X>
5. MÜLLER, W., SEITZ, H. *Amino acids: metabolism and role in nutrition*. 1984, Berlin: Springer.
6. PELLOW, S., CHOPIN, P., FILE, S. E., BRILEY, M. Validation of open: closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. In: *J. Neurosci. Methods*. 1985. Vol. 14, p. 149-167.
7. SANVICTORES, T, CASALE, J, HUECKER, Mr. *Physiology, Fasting*. 2023. Sursă online (disponibil: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30521298/>)
8. STRUTINSCHI, T., TIMOȘCO, M., ȘEPTIȚCHI, V. et al. *Sistemul de alimentație diferențiată în raport cu tipul constituției (Recomandări)*. Chișinău: Tip. Bons Offices, 2019. 68 p. ISBN 978-9975-87-522-6.
9. WANG, J., ZHOU, C., ZHANG, Q. et al. Metabolomic profiling of amino acids reveals a distinct diagnostic model for diabetic kidney disease. In: *Amino Acids*. 2023, 55, pp. 1563-1572. <https://doi.org/10.1007/s00726-023-03330-0>
10. WOLFE, RR, KIM, I-Y, PARK, S, et al. Tracing metabolic flux to assess optimal dietary protein and amino acid consumption. In: *Experimental & Molecular Medicine*. 2022, 54, pp. 1323-1331. <https://doi.org/10.1038/s12276-022-00817-w>
11. WU, G. *Amino acids in nutrition and health. Amino acids in systems function and health*. Guoyao Wu, editor. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG; 2020. 220 p. ISBN 9783030453275. ISBN 3030453278.
12. YOUNG, V. R., AJAMI, A. M. Amino acid metabolism in animals. In: *Journal of Nutrition*. 2001, 131(6), pp. 1649S-1658S.
13. ВЫСОЦКИЙ, В. Г. К оценке потребности человека в белке. В: *Вопросы питания*. 1978. №6. с. 8-17.
14. ГАРАЕВА, С. Н., РЕДКОЗУБОВА, Г. В., ПОСТОЛАТИ, Г. В. *Аминокислоты в живом организме*. Кишинев, 2009, 552 с.
15. ЛЕНИНДЖЕР, А. *Основы биохимии*. В 3 томах. М., 1985.
16. ЛЫСИКОВ, Ю. А. Аминокислоты в питании человека. В: *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. № 2, 2012, с. 88-105.
17. МАК-МЮРРЕЙ, У. *Обмен веществ у человека*. М., Мир, 1980, 302 С.

Date despre autori:

Tudor STRUTINSCHI, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, șef laborator, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1034-5534

E-mail: nutrivit@yandex.ru

Anastasia BABILEVA, doctorandă, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1126-172X

E-mail: anastasia.babileva@gmail.com

Lilia POLEACOVA, doctor în științe biologice, secretar științific, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8212-096X

E-mail: poleacovalilia85@gmail.com

Svetlana GARAEVA, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9257-5818

E-mail: garaeva.47@mail.ru

Galina POSTOLATI, cercetător științific, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8634-4856

E-mail: galinapostolati@mail.ru

Prezentat: 23.01.2026

Recenzat: 19.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 612.39:577.152.34

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_02](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_02)

**INFLUENȚA RAȚIILOR ALIMENTARE ÎN RAPORT
CU TIPUL NORMOSTENIC DE CONSTITUȚIE ASUPRA
ACTIVITĂȚII ENZIMELOR PROTEOLITICE
ÎN DIFERITE STRUCTURI ALE TRACTULUI GASTROINTESTINAL
LA ȘOBOLANII MEZOSTRESOREACTIVI**

**Tudor STRUTINSCHI,
Ion MEREUȚĂ,
Anastasia BABILEVA,
Lilia POLEACOVA,
Vladimir CARAUȘ,**

Universitatea de Stat din Moldova

Studiul investighează influența rațiilor alimentare cu structură calorică diferită asupra activității enzimelor proteolitice din stomac, pancreas și intestinul subțire la șobolanii mezostresoreactivi, considerați analogi ai tipului constituțional normostenic. Patru grupuri de animale au fost hrănite cu rații ce conțineau 14–20% proteine. Rezultatele arată faptul că creșterea proporției proteice determină intensificarea activității proteazelor în toate segmentele tractului digestiv, cu valori maxim exprimate în grupul cu 20% proteine. Modificările au fost semnificative în pancreas și intestinul subțire, unde activitatea proteolitică a crescut proporțional cu nivelul proteic al rației. Studiul confirmă că structura calorică influențează funcționalitatea sistemului digestiv la normostenici, demonstrând o capacitate crescută de digestie proteică în contextul unui metabolism stabil și a unei activități secretorii gastrice și pancreatice ridicate.

Cuvinte-cheie: *tip constituțional normostenic, mezostresoreactivitate, activitate proteolitică, proteaze digestive, rații alimentare, proteine, stomac, pancreas, intestin subțire.*

**THE INFLUENCE OF DIETARY RATIONS, IN RELATION
TO THE NORMOSTENIC BODY TYPE, ON THE ACTIVITY
OF PROTEOLYTIC ENZYMES IN DIFFERENT STRUCTURES
OF THE GASTROINTESTINAL TRACT IN MEZOSTRESS-REACTIVE RATS**

The study investigates the influence of dietary rations with different caloric structures on the activity of proteolytic enzymes in the stomach, pancreas, and small intestine of mezostress-reactive rats, considered analogs of the normosthenic constitutional type. Four groups of animals were fed diets containing 14–20% protein. The results show that increasing the protein proportion leads to an intensification of protease activity across all segments of the gastrointestinal tract, with the highest values recorded in the 20% protein group. Significant changes were observed in the pancreas and small intestine, where proteolytic activity increased proportionally with dietary protein levels. The study confirms that caloric structure influences digestive functionality in normosthenic individuals, demonstrating an enhanced capacity for protein digestion in the context of stable metabolism and elevated gastric and pancreatic secretory activity.

Keywords: *normosthenic constitutional type, mezostress reactivity, proteolytic activity, digestive proteases, dietary rations, proteins, stomach, pancreas, small intestine.*

Introducere

Normostenicii prezintă un nivel metabolic intermediar între indivizii de tip astenic și cei de tip hiperstenic, caracterizat prin stabilitate funcțională și adaptabilitate metabolică [2, 4, 5]. Ei pot acumula și pierde masă corporală relativ rapid, iar acest tip constituțional se caracterizează printr-un sistem digestiv bine

dezvoltat și un metabolism stabil. În comparație cu alte tipuri constituționale, normostenicii nu necesită restricții alimentare stricte, însă supraalimentarea poate reprezenta un factor de risc metabolic, în special în contextul dezechilibrelor nutriționale [3-5]. Pentru menținerea funcționării optime a metabolismului în limite fiziologice, este recomandată o alimentație echilibrată, evitând atât aportul excesiv, cât și regimurile alimentare restrictive sau dezechilibrate.

Caracteristicile proceselor metabolice sunt determinate nu doar de structura calorică a rațiilor alimentare, ci și de particularitățile constituțional-tipologice și funcționale ale sistemului digestiv [2, 6, 9]. Cercetările anterioare s-au concentrat în principal asupra funcției secretorii gastrice la subiecți aparținând diferitelor tipuri constituționale (metabolice) [8]. Particularitățile funcției secretorii a stomacului la subiecții normostenici sunt descrise, de regulă, ca fiind specifice unui tip de digestie neuro-humoral, în care componenta reflexă are un rol predominant în reglare. Intervalul valorilor pH-metriei gastrice la subiecții normostenici variază între 1,0 și 2,2 pH [8].

Aspectele ce țin de activitatea enzimatică în diferite segmente ale tractului digestiv rămân, până în prezent, insuficient studiate, în special în corelație cu somatotipul și statutul metabolic individual [3, 6]. Un sistem digestiv stabil constituie un element esențial al metabolismului, necesar pentru menținerea unei stări bune de sănătate, a homeostaziei sanogene și a unui statut imunitar optim al organismului. Diferențierea activității proteolitice a proteazelor din tractul digestiv și investigarea mecanismelor acesteia în funcție de statutul metabolic individual reprezintă o problemă actuală, întrucât permite prognozarea obiectivă a manifestării acestei funcții și elaborarea unor măsuri eficiente de profilaxie și promovare a sănătății. Astfel, scopul cercetărilor noastre a constat în examinarea influenței rațiilor cu structură calorică diferită asupra activității proteolitice în diverse segmente ale tractului digestiv la animalele de laborator de tip mezostresoreactiv, considerate analogi al tipului constituțional normostenic.

Materiale și metode de cercetare

În studiile comparative privind structura calorică a rațiilor alimentare, definirea grupului de control reprezintă un element metodologic esențial, acesta având rolul de reper pentru evaluarea modificărilor induse de rațiile experimentale. În cadrul cercetărilor noastre, stabilirea grupului de control a fost condiționată de lipsa în literatura de specialitate, a unor date care să coreleze structura rațiilor cu particularitățile metabolice și constituțional-tipologice ale indivizilor normostenici. Determinarea parametrilor grupului de control s-a realizat luând în considerare nivelul echilibrat al metabolismului, caracteristicile funcționale ale tractului digestiv și normele fiziologice ale aportului de nutrienți specifice acestui tip de constituție. Structura calorică optimă a rației pentru tipul normostenic este de proteine – 14%, lipide – 28% și glucide – 58%, cercetări efectuate anterior în cadrul Institutului de Fiziologie și Sanocreatologie [8]. Conform principiilor de menținere a homeostaziei metabolice, structura calorică a rației trebuie să asigure susținerea metabolismului fiziologic normal, fără a induce deviații spre hiperstimulare sau inhibiție metabolică. Acest indicator a fost utilizat în elaborarea structurii calorice a rației grupului de control, fiind adoptat ca punct de referință în analiza comparativă.

Pentru realizarea experimentelor au fost selectate patru grupuri de animale-model, constituite din șobolani albi Wistar, aleși conform principiului analogilor (greutate, sex, vârstă, linie genetică și nivel de stresoreactivitate). Fiecare grup a inclus câte cinci masculi cu vârsta de 4-5 luni. Selectarea animalelor cu mezostresoreactivitate a fost efectuată prin metoda „labirintului plus ridicat” (*Elevated Plus Maze*) [7], în versiune modificată. Activitatea proteazelor a fost determinată utilizând metoda Anson, în varianta adaptată de E. D. Kaverznev [11].

Studiile au fost efectuate pe animale selectate în conformitate cu principiul analogilor, reprezentând tipul mediu de stresoreactivitate (mezostresoreactivi), utilizat ca analog al tipului constituțional normostenic. Structura calorică a rațiilor alimentare este prezentată în Tabelul 1. Structura calorică a fost calculată ținând cont de particularitățile metabolice și funcționale ale tractului digestiv la indivizii cu tip constituțional normostenic, corespunzător perioadei de funcționare morfo-funcțională stabilă. Aceste particularități au fost compensate prin creșterea proporției de proteine de origine animală în structura calorică, precum și prin menținerea unui nivel moderat al lipidelor și glucidelor.

Tabelul 1. Structura calorică a rațiilor alimentare conform grupelor experimentale pentru animalele cu stresoreactivitate medie (mezostresoreactivi) (%)

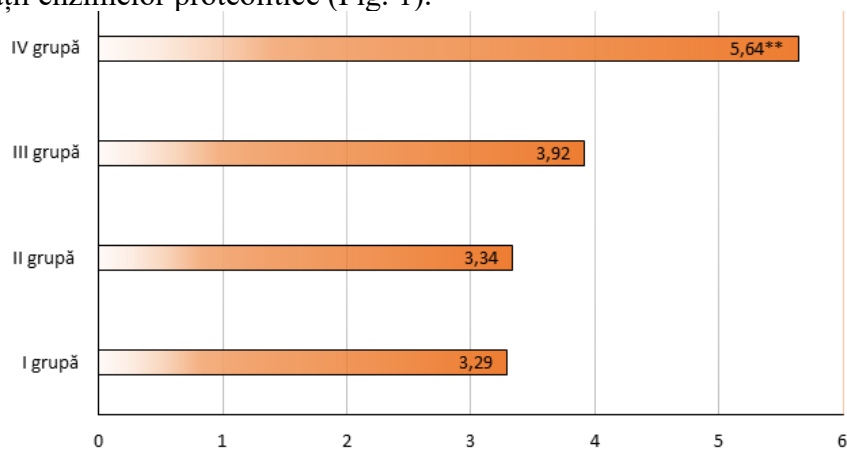
	I grupă (control)	II grupă	III grupă	IV grupă
Proteine	14	16	18	20
Lipide	28	26	25	23
Glucide	58	58	57	57

Analiza statistică a rezultatelor a fost efectuată conform principiilor statisticii variaționale și teoriei probabilităților [10, 12]. Toți indicatorii biologici studiați au prezentat o distribuție normală. În procesul analizei statistice, s-a acordat o atenție deosebită verificării semnificației diferențelor dintre valorile comparate. Pentru evaluarea semnificației statistice s-a utilizat testul t al lui Student, determinând valoarea t corespunzătoare gradului de libertate și nivelului de probabilitate P și comparând-o cu valoarea calculată. Concluziile principale ale studiului sunt formulate pe baza diferențelor statistic semnificative dintre loturile martor și cele experimentale. Rezultatele sunt prezentate ca medie $\pm$ eroarea standard a mediei (SEM). Pragurile de semnificație utilizate au fost: $P < 0,001$; $P < 0,01$; $P < 0,05$.

Experimentele pe animale au fost realizate în conformitate cu Directiva 86/609/CEE din 24 noiembrie 1986 privind protecția animalelor utilizate în scopuri științifice și au fost aprobate de Comisia metodică a Institutului de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

Rezultate obținute și discuții

Analiza activității totale a proteazelor (pepsina A, pepsina B și chimozina) din chimul gastric al șobolanilor albi cu constituție normostenică a arătat că animalele hrănite cu rații bogate în proteine prezintă o creștere a activității enzimelor proteolitice (Fig. 1).

**Figura 1. Activitatea proteazelor în chimul gastric al șobolanilor mezostresoreactivi, hrăniți cu rații adaptate structurii calorice pentru tipul normostenic de constituție (μmol/g·min)**

Notă: ** $p < 0,01$ – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control)

În grupul de control, animalele au fost alimentate cu rație ce conținea 14% proteine, 28% lipide și 58% glucide, iar activitatea proteazelor a fost de $3,29 \pm 0,44$ μmol/g·min. În grupul experimental II, hrănit cu rație de 16% proteine, 26% lipide și 58% glucide, activitatea proteolitică a crescut ușor, atingând $3,34 \pm 0,32$ μmol/g·min, o creștere de aproximativ 1,5% față de grupul de control. La animalele din grupul experimental III, alimentate cu rație conținând 18% proteine, 25% lipide și 57% glucide, activitatea proteazelor a fost de $3,92 \pm 0,32$ μmol/g·min, reprezentând o creștere de 19,15% comparativ cu grupul de control. Diferențele observate nu au fost semnificative statistic. Activitatea maximă a proteazelor în chimul gastric a fost înregistrată la animalele din grupul experimental IV, care au primit o dietă de 20% proteine, 23% lipide și 57% carbohidrați, cu o activitate de $5,64 \pm 0,69$ μmol/g·min, semnificativ mai mare față de grupul de control ($p \leq 0,01$), reprezentând o creștere de 71,43% (Fig. 1).

Rezultatele studiilor sugerează că, în ciuda variațiilor observate în activitatea proteazelor în grupurile experimentale, aceasta s-a manifestat mai intens comparativ cu grupul de control, în care animalele au fost hrănite cu o rație cu conținut proteic redus. Diferențele observate între grupuri nu se datorează variațiilor în structura calorică a rațiilor, ci mai degrabă caracteristicilor metabolice specifice tipului și diversității funcțiilor acidogene ale stomacului animalelor. Conform concluziilor cercetărilor efectuate de specialiștii din cadrul Institutului de Fiziologie și Sanocreatologie, tipul normostenic cu mezostresore-activitate se remarcă printr-o activitate acidogenă sporită a stomacului, cu o gamă variată de manifestări asociate [8].

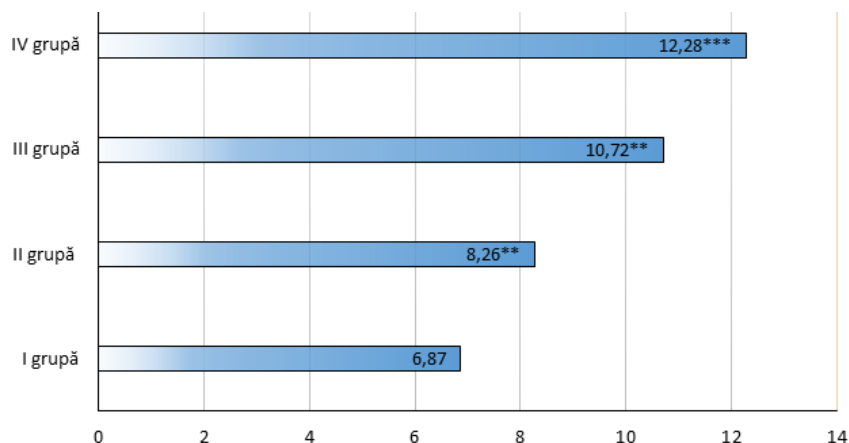


Figura 2. Activitatea proteazelor în pancreasul șobolanilor mezostresoreactivi, hrăniți cu rații adaptate structurii calorice pentru tipul de constituție normostenic (μmol/g·min)

Notă: ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control)

Activitatea enzimelor proteolitice ale pancreasului, care include activitatea totală a tripsinogenului, chimotripsinogenului, elastazei și carboxipeptidazelor A și B, crește semnificativ odată cu creșterea conținutului de proteine din dietă de la 14% la 18% (Fig. 2). La animalele din grupul de control, această activitate a fost de $6,87 \pm 0,48$ μmol/g·min, în timp ce în grupul experimental II a fost de $8,26 \pm 0,48$ μmol/g·min, iar în grupul III a atins $10,72 \pm 0,61$ μmol/g·min. Diferențele în activitatea proteazelor între grupele II și III comparativ cu grupul de control au fost semnificative ($p < 0,01$). În grupul experimental IV, activitatea proteazelor a fost de $12,28 \pm 0,80$ μmol/g·min ($p \leq 0,001$), depășind valorile înregistrate în grupele II și III.

Conform datelor anterioare, animalele cu constituție normostenică prezintă activitate enzimatică pancreatică mai intensă comparativ cu tipul astenic, ceea ce reflectă particularitățile metabolismului proteic și ale masei corporale active [1, 6].

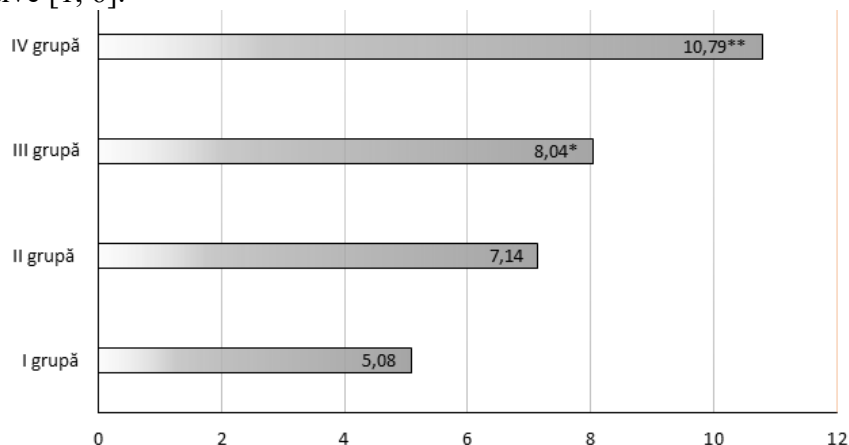


Figura 3. Activitatea proteazei în mucoasa intestinului subțire a șobolanilor mezostresoreactivi hrăniți cu rații cu structură calorică pentru tipul normostenic de constituție (μmol/g·min)

Notă: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control)

Conform datelor obținute, activitatea enzimelor proteolitice ale mucoasei intestinului subțire, incluzând tripsina pancreatică, chimotripsina, elastaza, carboxipeptidazele A și B, precum și enzimele intestinului subțire – enteropeptidazele, aminopeptidazele M și A, endopeptidazele și dipeptidazele – a fost semnificativ mai mare la animalele din grupul experimental IV ($10,79 \pm 0,67 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$), hrănite cu rații care conțineau 20% proteine, comparativ cu grupul de control ($p \leq 0,01$) (Fig. 3).

Nivelul de proteine din conținutul caloric al rațiilor destinate tipului de constituție normostenic a avut un impact semnificativ asupra activității enzimelor proteolitice din mucoasa intestinului subțire al șobolanilor mezostresoreactivi. Activitatea proteolitică a mucoasei intestinale a fost de $5,08 \pm 0,62 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$ la animalele din grupul de control, hrănite cu rație ce conținea 14% proteine. În grupul experimental II, hrănit cu 16% proteine, activitatea proteazică a crescut la $7,14 \pm 0,62 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$, iar în grupul III, cu o dietă de 18% proteine, a atins $8,04 \pm 0,26 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$, fiind semnificativ mai mare comparativ cu controlul ($p \leq 0,05$). Aceste rezultate evidențiază rolul substratului alimentar în reglarea activității proteolitice a mucoasei intestinului subțire.

Concluzie

Activitatea enzimelor proteolitice în stomac, pancreas și intestinul subțire la șobolanii mezostresoreactivi depinde semnificativ de nivelul proteic al rației. Creșterea proporției de proteine de la 14% la 20% determină intensificarea constantă a activității proteolitice, cu diferențe statistic semnificative în pancreas și intestinul subțire, unde se realizează digestia principală a proteinelor. Intensitatea crescută a proceselor proteolitice reflectă particularitățile funcționale ale tipului constituțional normostenic, caracterizat printr-un metabolism stabil și o activitate digestivă accentuată. Rezultatele subliniază importanța adaptării structurii calorice la profilul metabolic individual pentru optimizarea funcțiilor digestive.

Bibliografie:

1. BANIK, S. D., CONCHA VIERA, A. M. del M., GAMBOA, A. A., SÁENZ CASTILLO, C. X. Somatotype and its association with body mass index, body fat, and muscle mass among adult male elite weightlifters of Merida, Mexico. In: *International Journal of Kinanthropometry*. 2021, 1(1), pp. 53-60. <https://doi.org/10.34256/ijk2118>
2. CARTER J. E. L., HEATH, B. H. *Somatotyping - development and applications*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1990. 503 p. ISBN 0521351170.
3. GALIĆ, B. S., PAVLICA, T., UDICKI, M. et al. Somatotype characteristics of normal-weight and obese women among different metabolic subtypes. In: *Arch Endocrinol Metab*. 2016, 60(1), pp. 60-65. <https://doi.org/10.1590/2359-3997000000159>
4. KOLEVA, M., NACHEVA, A., BOEV, M. Somatotype and disease prevalence in adults. In: *Rev Environ Health*. 2002, 17(1), pp. 65-84. <https://dx.doi.org/10.1515/reveh.2002.17.1.65>
5. KOLEVA, M., NACHEVA, A., BOEV, M. Somatotype, nutrition, and obesity. In: *Rev Environ Health*. 2000, 15(4), pp. 389-398. <https://dx.doi.org/10.1515/REVEH.2000.15.4.389>
6. KUKES, V. G., NIKOLENKO, V. N., PAVLOV, C. S. et al. The correlation of somatotype of person with the development and course of various diseases: results of Russian research. In: *Russian Open Medical Journal*. 2018, Vol.(3). pp. 1-5. <https://doi.org/10.15275/rusomj.2018.0301>
7. PELLOW, S., CHOPIN, P., FILE, S. E., BRILEY, M. Validation of open: closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. In: *J. Neurosci. Methods*. 1985. Vol. 14, p. 149-167.
8. STRUTINSCHI, T., TIMOȘCO, M., ȘEPTIȚCHI, V. et al. *Sistemul de alimentație diferențiată în raport cu tipul constituției (Recomandări)*. Chișinău: Tip. Bons Offices, 2019. 68 p. ISBN 978-9975-87-522-6.
9. TUTELIAN, V. A., RAZUMOV, A. N., KLOCHKOVA, S. V. et al. Features of macro-anthropometric parameters in women of different somatotypes. In: *Morphological Newsletter*. 2017; (1), pp. 20-22. Russian. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29064033>
10. ИВАНТЕР, Э. В., КОРОСОВ, А. В. *Элементарная биометрия. Учеб. пособие*. Петрозаводск: ПетрГУ, 2010. 104 с.
11. КАВЕРЗНЕВА, Е. Д. Стандартный метод определения протеолитической активности для комплексных препаратов протеаз. В: *Прикладная биохимия и микробиология*. 1971. №7, С. 225-228.
12. ЛАКИН, Г. Ф. *Биометрия*. Москва: Высшая школа, 1990. 125 с.

Date despre autori:

Tudor STRUTINSCHI, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, șef laborator, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1034-5534

E-mail: nutritiv@yandex.ru

Ion MEREUȚĂ, doctor habilitat în științe medicale, profesor universitar, membru corespondent, director, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9711-5351

E-mail: ion.mereuta@usmf.md

Anastasia BABILEVA, doctorandă, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1126-172X

E-mail: anastasia.babileva@gmail.com

Lilia POLEACOVA, doctor în științe biologice, secretar științific, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8212-096X

E-mail: poleacovalilia85@gmail.com

Vladimir CARAUȘ, doctor în științe biologice, cercetător științific superior, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-7214-9881

E-mail: caraus_vadim@mail.ru

Prezentat: 23.01.2026

Recenzat: 18.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

THE EVALUATION OF ETHICAL AND COMMUNICATIONAL ASPECTS BETWEEN THE COACH AND SPORTSMEN DURING THE PRE-CONTEST PERIOD

**Inga DELEU,
Irina DELIPOVICI,**

Universitatea de Stat din Moldova

The paper is dedicated to the study of ethical aspects and communication between coach and competitive swimmers during the pre-competition period. An athlete's professional success can be achieved only when there is effective, balanced, and harmonious communication between the coach and the athlete. As a result of surveying competitive swimmers, the major importance of both verbal and non-verbal communication between coaches and athletes was highlighted.

The vast majority of athletes believe that the admirable relationship between coaches, athletes, and families was created precisely due to the existence of efficient and balanced communication. According to the responses to the final question regarding the level of communication in society, it can be concluded that the rapid loss of that bridge of connection between individuals—represented by communication—may lead to separation and division within society, hindering the expression of the distinct values of the human species.

Keywords: *coach, athlete, communication, questionnaire, training, performance, sport.*

EVALUAREA ASPECTELOR DE ETICĂ ȘI COMUNICARE DINTRE ANTRENOR ȘI SPORTIVI ÎN PERIOADĂ PRECOMPETIȚIONALĂ

Lucrarea este dedicată studierii aspectelor de etică și comunicare dintre antrenor și sportivii înotători de performanță în perioada precompetițională. Succesul pe plan profesional a unui sportiv poate fi atins doar în cazul, când între antrenor și sportiv există o comunicare eficientă, echilibrată și armonioasă. În rezultatul chestionării sportivilor înotători s-a apreciat importanța majoră a comunicării verbale și non-verbale dintre antrenor și sportivi.

Marea majoritate a sportivilor consideră, că relația admirabilă dintre antrenori și sportivi, familie a fost creată anume datorită existenței unei comunicări eficiente și echilibrate. Conform răspunsurilor la ultima întrebare, referitoare la nivelul de comunicare în societate, putem conchide, că pierderea cu pași rapizi a acelei punți de legătură dintre persoane într-o societate, reprezentată prin comunicare, poate să se răsfrângă prin separarea, dezbinarea societății, impediment în manifestarea valorilor distincte ale speciei umane.

Cuvinte-cheie: *antrenor, sportiv, comunicare, chestionar, antrenament, performanță, sport.*

Introduction

Considering the extensive evaluation of a wide range of morpho-functional and biochemical parameters conducted to date [6, p. 15], there are relatively few studies dedicated to assessing ethical and communicative aspects in the relationship between coaches and athletes. Professional ethics, as a transdisciplinary branch, highlights its principles across all existing fields and represents a major component within our research area. The aim of this branch is to enhance morality and, consequently, the professional development of personality, guiding the individual toward values and virtues—namely toward good deeds—as well as toward the accumulation of a certain body of knowledge [3, 4, 12, p. 47].

The formation of a professional, in our case in sports, can only be achieved through the integration of the communicative and ethical domains, through which ideas, thoughts, emotions, and feelings can be expressed or interpreted verbally, non-verbally, and in writing, and certain facts can be explained. Through effective communication, a competent specialist perceives, analyzes, and synthesizes information and can easily demonstrate professional preparedness, promoting both their product and themselves [1, 3, p. 23, 13, p. 115].

In this context, the present research proposes a particular approach consisting of evaluating communication and ethical aspects in the relationship between coaches and swimmer-athletes, as well as the impact of these aspects on swimmers' emotional background, functional state of the body, and enhancement of sports performance. Compliance with a normative code of coexistence is imperative, as it provides a civilized framework for interaction that satisfies both individual and collective demands. Only under such conditions can the true meanings of our existence be highlighted [II], webography. In the field of sports, this concept is common, since principles of communication and morality act indispensably upon quality and athletic performance, especially among young athletes [6, p. 34; 10, p. 57].

The German philosopher Georg Wilhelm Friedrich Hegel stated that “Education is the art of making a human being ethical.” Education at all levels bears great responsibility for the future of humanity, as it significantly influences the thinking of future generations of leaders. Ethical conduct and communication in sports education are essential, as they contribute to the manifestation and development of a nation through a group of young athletes who embody and transmit elements of national identity [3, p. 27, 6, p. 27]. Today, virtually no sphere of human activity can be observed that is not directly or indirectly dependent on physical education and sport. These represent material and spiritual values recognized by society as a whole and by each individual. In recent years, physical education has increasingly been regarded as an independent social phenomenon and a means of shaping human personality [2, 6, p. 18].

Specific norms of conduct are addressed to particular human communities, varying across time and space, and influence particular human relationships or activities. The category of particular ethics, in tandem with socially specific communication—in our case, the professional activity of a coach in relation to a group of young swimmer-athletes—includes specific norms or rules of communication. Thus, this category applies to a limited group located within a specific environment and relates to professional ethics and communication, guided by a specific code, namely the code of communication and professional etiquette [I, II, p. 52, 12, 13, p. 23].

The coaching profession is noble but complex, as being a coach requires detailed knowledge of all aspects of the athlete's organism, including both physical parameters and psycho-emotional characteristics, such as character traits, behavior, individual predisposition toward communication, and each athlete's level of openness [4, 5, 10, p. 87].

From the knowledge obtained through the study of this topic, it can be highlighted that the effectiveness of communication between coach and athletes is essential—more than merely professional, one might even say familial. Effective communication between coach and athletes, based on principles of politeness, respect, goodwill, high morality, kindness, and mutual empathy, ultimately leads to athletic performance achievements. The coach is the educator of athletes' professional lives, a good mentor who guides the path toward professional excellence. Healthy and productive communication in sport is the key to success. Coaches are proud when their disciples progress step by step, especially when they surpass their own level [6, p. 18].

Professional success can be achieved only when there is efficient and harmonious communication between coach and athlete, an understanding even without words—so-called “communication through glances.” The coach represents a model and a benchmark of correctness and sporting excellence, and every athlete strives to reach that level. When discussing ethics and communication in society in general, and in sports in particular, it can be stated that these domains are based on principles and standards that should govern social relationships between individuals and various organizations or communities. They constitute a constant element of our spiritual-human life and encompass the values and outcomes of human actions. These scientific branches condition adherence to norms of conduct in interpersonal relationships and respect for moral principles in relation to others [6, 12, p. 188].

Methods and materials applied

The present research is based on the development and testing of a specific program for studying the communicative and ethical profile — a questionnaire program administered to competitive swimmer-athletes. The program includes a set of questions proposed to swimmer-athletes during the pre-competition stage,

aiming to assess communication and ethical relationships between the coach and competitive swimmers. The questionnaire is the most widely used and effective research method (instrument), employed by researchers, sociologists, psychologists, and other interested individuals seeking answers to specific questions. Sir Francis Galton was the first to invent the questionnaire (survey) and the survey method, which is currently widely used [7, p. 108].

The survey methodology consists of a series of questions structured according to specific norms, discussed beforehand, in order to obtain precise data regarding a particular individual or a clearly defined group of individuals. According to many researchers in communication, sociology, and psychology, the questionnaire is a technique or instrument for investigation and data collection through a question-answer method, aimed at determining the subjective opinions of respondents. Responses are recorded in writing in the survey notebook [2, 4, 5, 8, p. 77].

When planning a survey, it is important to consider characteristics that facilitate communication and stimulate cooperation during the process. For example, it is preferable to begin with simple/easy questions, to which respondents can answer fluently and willingly. The purpose of this approach is to engage the subject in effective dialogue. The placement of questions within the questionnaire is important, as ineffective sequencing may result in limited openness and unsuccessful outcomes. The size of the questionnaire (number of questions) is also significant. A limited number of questions—preferably not exceeding one page—is recommended to avoid respondent fatigue, which could affect the quality of responses [11, p. 25, 12, p. 41].

Questions must be clearly formulated, understandable to all, not overly complicated or lengthy. This facilitates reading and ensures truthful answers. It is important that questions be formulated in a way that encourages short and focused responses. Closed and open-ended questions can be identified. In closed questions, the interviewer provides response options from which the respondent selects one; these are quicker. Open-ended questions are more complex and time-consuming, as respondents formulate answers in their own words [7, p. 18, 11, p. 43].

Open-ended questions are statistically more difficult to evaluate, as they generate larger volumes of information; therefore, their number should be limited. A combined method (closed and open questions) may be used, predominantly closed questions. Anonymous surveys are typically employed. At the beginning of the conversation, the interviewer introduces themselves, states the objective of the questionnaire, and then proceeds to the questions. If a respondent does not wish to answer one or more questions, no insistence is made; the person is thanked and the next question is offered. At the end, the respondent is thanked for their time, sincerity, and openness [7, p. 43].

Evaluation and synthesis of results may be carried out using graphical methods (tables, charts, diagrams), resulting in accurate and valuable statistics. The questionnaire is designed for statistical analysis of responses, enabling the development of improvement plans for relationships, performance enhancement, social coexistence, or even conflict harmonization. The cost-effectiveness of questionnaires compared to other research methods derives from their ease of implementation, low cost, and ease of data compilation. Surveys are conducted in a favorable, quiet, and comfortable environment to allow careful reading and adequate responses. Group surveys are conducted in a pre-selected room, with participants seated at a certain distance to ensure individualized and accurate responses [8, p. 47, 11, p. 32].

The questionnaire designed by us is well-structured and includes 10 closed questions (with response options), recorded by the interviewer in the survey notebook, in order to accumulate accurate and individualized information regarding ethical and communicative aspects between coach and competitive swimmers. The research sample consisted of 16 competitive athletes (girls and boys), aged 14 – 18 years, specialized in aquatic events, practicing swimming for an average of 6 – 8 years. Regarding sports qualification, participants were candidates for master of sport and masters of sport. Objective evaluation was conducted during the pre-competition period. Swimmers followed the same training program: two daily sessions of 2 hours each (10:00–12:00 and 16:00–18:00), five days per week, under the same training plan. Participants had approximately similar living conditions.

The scientific study was conducted between April and June 2025 at the swimming pool of Moldova State University, Institute of Physical Education and Sport, and at the Specialized Sports School for Swimming and Table Tennis No. 8, Buiucani sector. All factual material was subjected to statistical processing.

Content

The questionnaire was administered to swimmer-athletes during the pre-competition period directly at the swimming pools, in a comfortable space (well ventilated, temperature 20°C). The questions were closed-type to facilitate and accelerate the survey process.

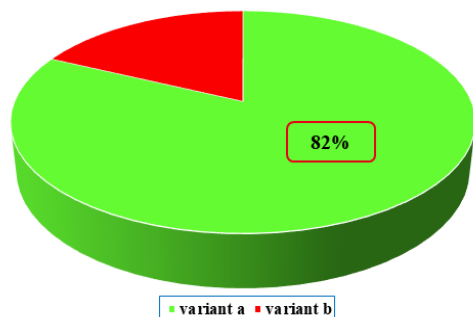


Figure 1. The significance of verbal communication between the coach and swimmer-athletes in the pre-competition phase

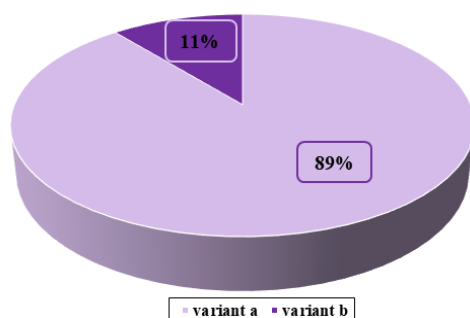


Figure 2. The significance of non-verbal communication between the coach and swimmer-athletes during the swimming distance in the pre-competition phase

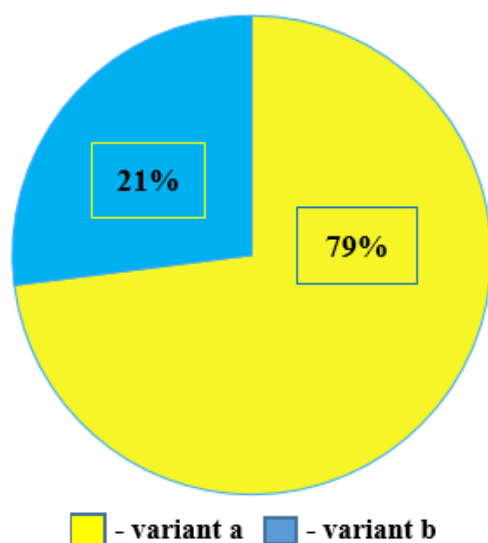


Figure 3. Team communication level

At the first question addressed to the athletes — “How important is verbal communication between the coach and swimmer-athletes during the pre-competition period?” — swimmers responded as follows: 82% selected option a (verbal communication is very important), 18% selected option b (verbal communication is sufficiently important), while option c (verbal communication during the pre-competition period is not important) was not selected (Figure 1). Thus, based on the recorded responses, we can observe the importance of verbal communication and the necessity of clarifying certain aspects related to the correctness and effectiveness of performing swimming exercises during the pre-competition period.

Regarding the second question — “How important is non-verbal communication between the coach and swimmer-athletes while completing the swimming course during the pre-competition period?” — athletes responded as follows: 89% selected option a (nonverbal communication during swimming is very important); 11% selected option b (nonverbal communication during swimming is sufficiently important); option c (nonverbal communication is not important during the pre-competition period) was not selected by any athlete (Figure 2).

The value of nonverbal communication (gestures, facial expressions, body posture – which transmit coded information) especially in the swimming event, where the athlete is located in two environments (land and aquatic) is major and can sometimes even accelerate the perception of the message transmitted by the coach during the swimming distance.

The next question offered to the swimmers – “Do you think there is enough communication in your team?” the swimmers answered: option a (enough communication) – 79%; option b (insufficient communication) – 21% (figure 3).

The fourth question in the questionnaire was: “At what level do you assess the ethical aspect between the coach and swimmer-athletes?” The athletes responded as follows: option a (high level) – 91%; option b (sufficiently good) – 9%; option c (low ethical level) – was not selected (Figure 4).

The fifth question — “Do you consider it necessary to remind or repeat the rules for completing the swimming distance during the pre-competition period?” — was answered by the athletes as follows: option a (very necessary) – 64%; option b (sufficiently necessary) – 22%; option c (necessary) – 10%; option d (not necessary) – 4% (Figure 5).

Thus, the majority of respondents selected options a and b (very necessary and sufficiently necessary). Furthermore, the coach corrects the athlete whenever shortcomings or mistakes are identified during training sessions.

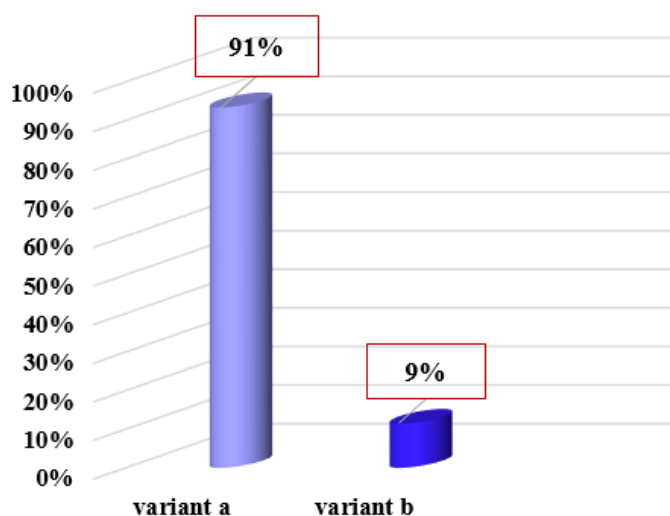


Figure 4. Ethical relations between the coach and swimmer-athletes

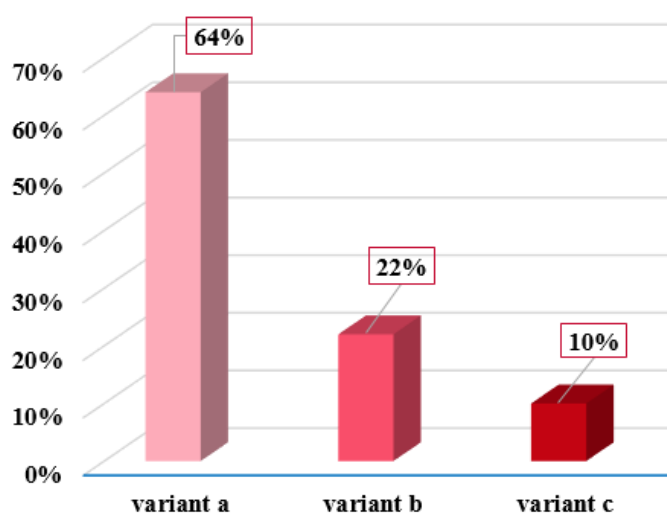
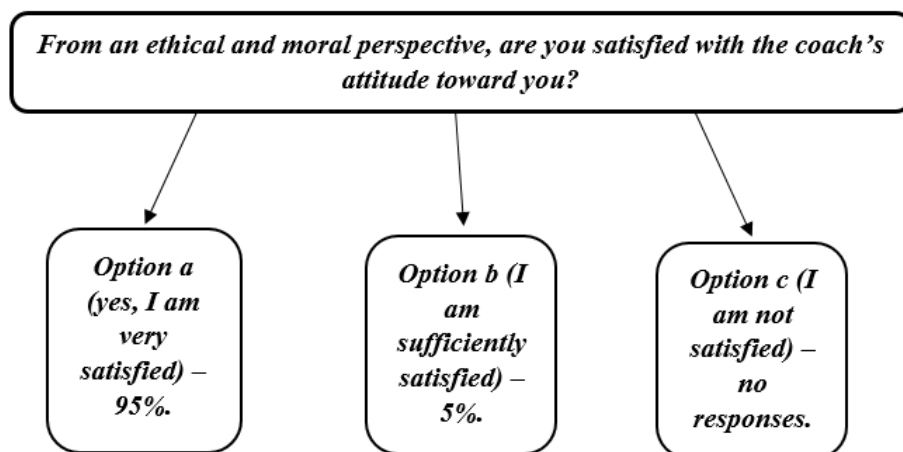


Figure 5. The reiteration of swimming distance regulations in the pre-competition phase

Regarding the sixth question — “From an ethical and moral standpoint, are you satisfied with the coach’s attitude toward you?” — the following responses were recorded: option a (yes, I am very satisfied) – 95%; option b (I am sufficiently satisfied) – 5%; option c (I am not satisfied) was not selected (Scheme 1).



Scheme 1. Ethical and moral conduct of the coach toward swimmer-athletes

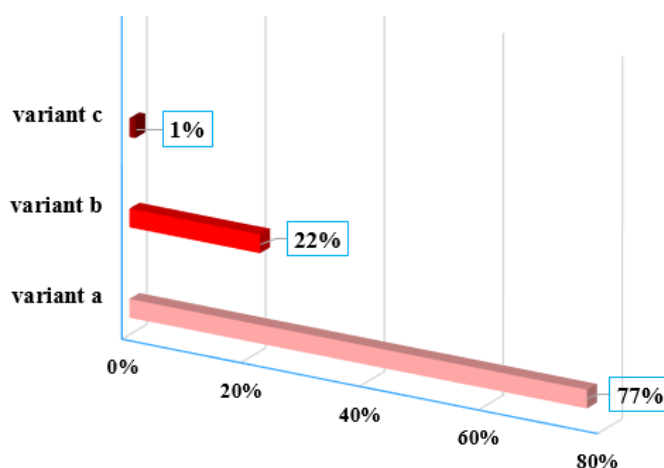


Figure 6. The level of communication between the coach and parents

Regarding the seventh question in the survey — “Does the coach communicate with your parents regarding your progress in swimming?” — the responses were recorded as follows: option a (yes, communicates very often) – 77%; option b (communicates sufficiently) – 22%; option c (does not communicate at all) – 0% (scheme 1).

This result is encouraging, as the coach–athlete relationship is very important; however, it would not have the same value without harmonious and effective communication between the coach and the parents. “Do you consider the coach a person close to your family?” is the next (eighth) question in the survey, to which the swimmers unanimously responded yes (100%).

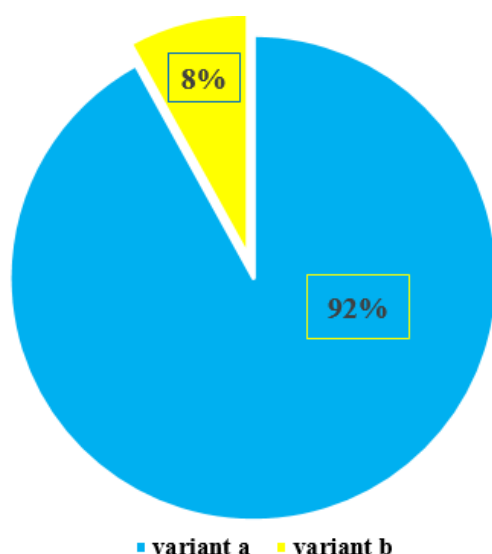


Figure 7. The relationship between the coach and the family

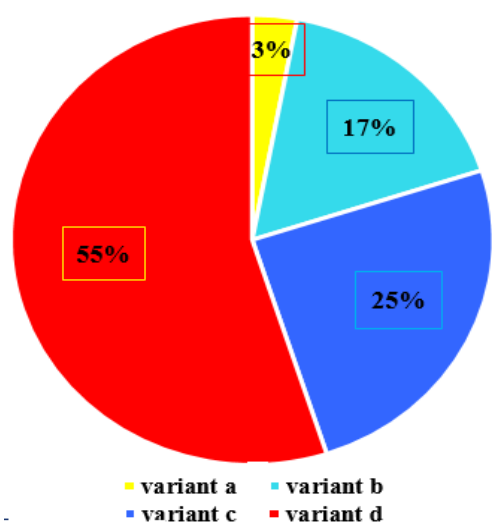


Figure 8. Communication level in the social context

To the follow-up question — “If your answer is yes, do you believe that you have achieved an admirable relationship between the coach and your family due to effective communication?” — the responses were as follows: option a (yes, communication played a very important role in forming this harmonious relationship) – 92%; option b (communication played a sufficient role in creating the positive relationship between the coach and the family) – 8%; option c (communication played no role in creating the relationship between the coach and the family) – 0% (Figure 7).

The ninth question — “Do you need an encouraging message from your coach during the pre-competition period?” — was followed by the following responses: option a – yes, definitely (92%); option b – no, I do not need one (8%).

Thus, the responses to the above-mentioned question emphasize the necessity and importance of an encouraging message from the coach, which may play a decisive role in the subsequent development of a competitive athlete. The final (tenth) question addressed to the swimmers was a general one — “Do you believe that, currently, communication in society in general is sufficient?” The athletes responded as follows: option a (yes, communication is sufficient) – 5%; option b (communication occurs less frequently) – 15%; option c (communication is insufficient) – 25%; option d (communication is very limited) – 50% (Figure 8).

Conclusions

- Effective verbal and nonverbal communication plays a decisive role in enhancing sports performance, as well as in building harmonious relationships between coaches and athletes.

- During the pre-competition period, reiterating swimming rules and correcting technique in cases of improper execution are essential.

- Moral and ethical aspects within the coach–athlete relationship are perceived as valuable and beneficial by the vast majority of the surveyed athletes.

- The coach is regarded as a person close to each athlete’s family, and effective communication plays a very important role in establishing this harmonious relationship.

- Based on the responses to the general question regarding the level of communication in society, it can be inferred that the rapid loss of this communicative bridge between individuals may lead to social distancing and fragmentation, ultimately affecting the fundamental values of human society as a whole.

Bibliography:

1. CALUGHER, V. Curs de lecții: *Culturologie*, 2010, Chișinău: USEFS, 176 p.
2. COSMOVICI, A. *Psihologie generală*. Iași: Editura Polirom, 1996, 112 p., ISBN 973-9248-27-6.
3. CEPRAGA, L. *Etică și comunicare*, UPSC, 2020, 99 p.
4. CIOLACU, L. Conceptul de comunicare, *Materialele Colocviului Comemorativ Internațional ”Tradiție și modernitate în abordarea limbajului”*, consacrat aniversării a 65-a de la nașterea profesorului Mircea Ioniță, Bălți, 2006, pp. 198 – 199.
5. CUILLENBURG, J., SCHOLTEN, O., NOOMEN, G. *Știința comunicării*. București: Editura Humanitas, 2004, 317 p.

6. DELEU, I. *Impactul efortului fizic asupra dinamicii indicilor stării funcționale a organismului la sportivi înnotători* / Autoreferatul tezei de doctor în științe biologice, Chișinău, 2015.
7. FODDY, W. *Constructing questions for interviews and questionnaires, Theory and practice in social research*. Cambridge University Press: Cambridge UK, 1993, 228 p., ISBN 9780521467339.
8. GILLHAM, B. *Developing a questionnaire*, 2th edition, Editor Continuum International Publishing Group Ltd., London, 2008, 123 p., ISBN 9781441154866.
9. IAMANDI, I. E., FILIP, R. *Etică și responsabilitate socială corporativă în afacerile internaționale*, București: Editura Economică, 2008, 352 p., ISBN 978-973-709-381-3.
10. LUNGU, V. *Etica profesională – suport de curs*, Chișinău: USM. 2011, p.192. ISBN 978-9975-71-103-6. 25.
11. MELLEBERGH, G. J. Chapter 10: Tests and questionnaires: *Construction and administration*. In H. J. Adèr & G. J. Mellenbergh (Eds.) (with contributions by D. J. Hand), *Advising on research methods: A consultant's companion*, Huizen, The Netherlands: Johannes van Kessel Publishing, 2008, pp. 211 – 234, ISBN 978-90-79418-09-1.
12. POPESCU M., CEPRAGA, L. *Psihologia generală*. CEP UPSC, București: U.N.A.T.C.Press, 2020, 147 p., ISBN. 978-606-8757-76-6.
13. VLĂDUȚESCU, Șt. *Concepte și noțiuni de comunicare și teoria mesajului*. Craiova: Editura Sitech, 2009, 251 p., ISBN: 9786065309685.
14. <https://dreptmd.wordpress.com/cursuri-universitare/etica-si-deontologia-juridica/deontologia-si-etica-autoritatii/> 8.
15. <https://www.slideshare.net/AsidXolanida/eticvalori-i-virtui-morale-tnase-srbu> 16.

Data about author:

Inga DELEU, PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Institute of Physical Education and Sport, Moldova State University.

ORCID: 0000-0002-1063-4221

E-mail: deleuinga96@gmail.com

Irina DELIPOVICI, PhD in Pedagogy, University Lecturer, Head of the Department of Sports Medicine, Institute of Physical Education and Sport, Moldova State University.

ORCID: 0000-0002-1409-9318

E-mail: irinadelipovici@gmail.com

Presented: 02.02.2026

Reviewed: 25.02.2026

Accepted for publication: 20.05.2026

CZU: 615.322:616.379-008.64

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_04](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_04)

EVALUAREA RĂSPUNSULUI LEUCOCITAR ÎN DIABETUL EXPERIMENTAL SUB INFLUENȚA BIOPREPARATULUI DIN PLANTE MEDICINALE

**Elena CHIRIȚA,
Victor MELNIC,
Iurie BACALOV,
Adriana DRUȚA,
Aurelia CRIVOI,**

Universitatea de Stat din Moldova,

Studiul prezintă evaluarea modificărilor indicilor leucocitari în diabetul experimental indus sub influența administrării extractelor din plante medicinale. Diabetul zaharat este asociat frecvent cu alterări ale răspunsului imun și dezechilibre hematologice, manifestate prin modificări leucocitare. În acest context, utilizarea fitoterapiei ca metodă adjuvantă poate contribui la reglarea reacțiilor inflamatorii și la restabilirea echilibrului imunologic. Cercetarea a evidențiat variații ale numărului total de leucocite și ale fracțiilor leucocitare în condiții de hiperglicemie experimentală, precum și tendința de normalizare a acestora după administrarea complexului fitoterapeutic. Rezultatele sugerează efectul hipoglicemiant și imunomodulator al extractelor vegetale utilizate și potențialul lor în ameliorarea dereglărilor hematologice asociate diabetului.

Cuvinte-cheie: *diabet experimental, fitoterapie, leucocite, imunitate, plante medicinale, biopreparat, limfocite.*

EVALUATION OF LEUKOCYTE PROFILE ALTERATIONS IN EXPERIMENTAL DIABETES UNDER THE EFFECT OF A PLANT-DERIVED BIOPREPARATION

The study presents an evaluation of changes in leukocyte indices in experimental induced diabetes under the influence of medicinal plant extract administration. Diabetes mellitus is frequently associated with alterations in immune response and hematological imbalances, manifested by leukocytic changes. In this context, the use of phytotherapy as an adjuvant approach may contribute to the regulation of inflammatory reactions and the restoration of immunological balance. The research revealed variations in total leukocyte count and leukocyte fractions under conditions of experimental hyperglycemia, as well as a tendency toward their normalization following the administration of the phytotherapeutic complex. The results suggest the hypoglycemic and immunomodulatory effects of the plant extracts used and highlight their potential in ameliorating diabetes-associated hematological disorders.

Keywords: *experimental diabetes, phytotherapy, leukocytes, immunity, medicinal plants, biopreparation, lymphocytes.*

Introducere

Actualmente diabetul zaharat a devenit o problemă majoră de sănătate publică, fiind asociat nu doar cu dereglări metabolice, ci și cu o gamă largă de complicații sistemice care afectează funcționarea normală a organelor și sistemelor organismului. Pe lângă perturbările metabolismului glucidic, lipidic și proteic, diabetul zaharat determină modificări profunde ale sistemului imunitar și ale proceselor inflamatorii. Hiperglicemia cronică favorizează acumularea produselor finale de glicare avansată, activarea stresului oxidativ și eliberarea mediatorilor proinflamatori, care contribuie la instalarea unui status inflamator persistent de grad scăzut. Acest context patologic determină activarea celulelor sistemului imun, modificarea funcției leucocitelor și perturbarea echilibrului dintre mecanismele proinflamatorii și antiinflamatorii [5, p. 215].

Răspunsul imun în diabet este caracterizat prin dereglarea funcției leucocitelor, alterarea activității fagocitare, modificarea secreției citokinelor și reducerea capacității organismului de a controla procesele inflamatorii. Aceste schimbări contribuie la vulnerabilitatea crescută față de infecții, la agravarea complicațiilor vasculare și la progresia leziunilor tisulare. În acest context, evaluarea parametrilor hematologici, în special

a formulei leucocitare, oferă informații valoroase despre intensitatea răspunsului inflamator și despre starea funcțională a sistemului imun [1, p. 98].

Modificările cantitative și calitative ale leucocitelor reflectă adaptarea organismului la stresul metabolic indus de hiperglicemie. Creșterea numărului total de leucocite, modificarea proporției limfocitelor, monocitelor și granulocitelor, precum și activarea mecanismelor inflamatorii reprezintă indicatori sensibili ai perturbării homeostaziei imune [6, p. 54]. Astfel, studiul indicilor leucocitari permite aprecierea impactului diabetului asupra sistemului imun și evaluarea eficienței intervențiilor terapeutice menite să reducă inflamația și să restabilească echilibrul imunologic [7, p. 50].

În ultimii ani, interesul pentru metodele terapeutice complementare, în special pentru fitoterapie, a crescut considerabil în contextul managementului bolilor metabolice cronice [2, p. 11]. Utilizarea plantelor medicinale în profilaxia adjuvantă a diabetului zaharat se bazează pe conținutul lor bogat în compuși biologic activi cu proprietăți antioxidante, antiinflamatoare, hipoglicemizante și imunomodulatoare [4, p. 74]. Acești compuși contribuie la reducerea stresului oxidativ, la inhibarea proceselor inflamatorii și la protejarea structurilor celulare împotriva leziunilor induse de hiperglicemie.

Fitocompușii naturali, precum flavonoidele, polifenolii, taninurile, alcaloizii și vitaminele, acționează prin mecanisme multiple, inclusiv neutralizarea radicalilor liberi, reglarea expresiei citokinelor inflamatorii, stabilizarea membranelor celulare și modularea activității sistemului imun. Prin aceste mecanisme, plantele medicinale pot contribui la ameliorarea complicațiilor diabetului și la restabilirea echilibrului metabolic și imunologic [3, p. 9]. În cadrul cercetării de față au fost investigate efectele fitocoplexului din vița de vie (*Vitis vinifera*), agud (*Morus alba*), frunzele de nuc (*Juglans regia*) și epicarpiul de nucă asupra indicilor leucocitari în diabetul experimental. Alegerea acestor plante se bazează pe compoziția lor fitochimică complexă și pe proprietățile biologice.

Vița de vie este o sursă importantă de resveratrol și flavonoide, compuși recunoscuți pentru activitatea lor antioxidantă și antiinflamatoare, precum și pentru efectele protectoare asupra sistemului cardiovascular și metabolic. *Morus alba* conține compuși bioactivi cu efect hipoglicemiant și antioxidant, fiind utilizată frecvent în fitoterapia tulburărilor metabolice. Frunzele de *Juglans regia* sunt bogate în polifenoli și taninuri, substanțe cu acțiune antiinflamatoare și antimicrobiană, iar epicarpiul de nucă prezintă un conținut ridicat de antioxidanți naturali care contribuie la protecția celulară împotriva stresului oxidativ. Utilizarea combinată a acestor plante poate genera efecte sinergice, amplificând acțiunea lor biologică și influențând favorabil procesele inflamatorii și imune asociate diabetului zaharat. Prin reducerea stresului oxidativ și modularea răspunsului imun, extractele vegetale pot contribui la normalizarea parametrilor hematologici modificați de hiperglicemie.

În acest context, investigarea influenței extractelor vegetale asupra formulei leucocitare prezintă un interes deosebit pentru înțelegerea mecanismelor prin care fitoterapia poate interveni în reglarea răspunsului imun în diabet. Evaluarea acestor efecte permite aprecierea potențialului terapeutic al plantelor medicinale ca agenți imunomodulatori naturali. Prin urmare, scopul prezentului studiu a fost evaluarea modificărilor indicilor leucocitari în diabetul experimental și aprecierea efectului extractelor din plante medicinale, în vederea determinării rolului fitoterapiei în modularea răspunsului inflamator și imunologic asociat hiperglicemiei.

Material și metode de cercetare

Cercetarea a fost realizată pe model experimental de diabet zaharat indus farmacologic, utilizat frecvent pentru studierea modificărilor metabolice și hematologice asociate hiperglicemiei cronice. Modelul experimental permite evaluarea efectelor intervențiilor terapeutice asupra organismului în condiții controlate și reproductibile.

Animalele experimentale au fost menținute în condiții standard de vivariu, cu acces liber la hrană și apă, temperatură controlată și ciclu lumină-întuneric corespunzător. Înaintea începerii experimentului, animalele au fost adaptate condițiilor de laborator pentru a reduce influența factorilor de stres asupra parametrilor fiziologici.

Modelul diabetului experimental a fost indus prin administrarea alloxanului sub forma de soluție de 5 % (200 mg/kg), substanță diabetogenă care produce distrugerea selectivă a celulelor β pancreatice,

determinând deficit de insulină și hiperglicemie persistentă. Animalele au fost repartizate în patru loturi experimentale: un lot martor și trei experimentale.

În cadrul studiului a fost utilizat biopreparatul obținut din plante medicinale cu potențial antioxidant și antiinflamator: vița de vie (*Vitis vinifera*), agud (*Morus alba*), frunzele de nuc (*Juglans regia*), epicarpiul de nucă. Materialul vegetal a fost prelucrat prin metoda extracției apoase la cald, obținându-se preparate bogate în compuși bioactivi, precum polifenoli, flavonoide și taninuri. Biopreparatul a fost administrat pe cale orală, în doză de 1,5 ml per șobolan/24 h, pe o perioadă de 20 zile, pentru evaluarea efectului lor asupra parametrilor hematologici.

Pentru evaluarea impactului diabetului și al extraselor vegetale asupra sistemului imun, au fost determinați următorii indici leucocitari: numărul de leucocite, limfocite, monocite, granulocite. Probe de sânge au fost recoltate în condiții standard, iar analiza hematologică a fost realizată prin metode de laborator validate, utilizând analizator hematologic automat ERMA PCE 210. Indicatorii leucocitari au fost selectați deoarece reflectă intensitatea răspunsului inflamator și activitatea sistemului imun în condiții de stres metabolic.

Valorile obținute au fost exprimate sub forma mediei aritmetice $\pm$ eroarea standard a mediei, ceea ce permite aprecierea variabilității datelor și compararea rezultatelor între loturi. Analiza comparativă a parametrilor hematologici a fost realizată între toate grupurile experimentale pentru a evidenția: efectul diabetului asupra formulei leucocitare, influența extractelor vegetale asupra sistemului imun și capacitatea fitoterapiei de a normaliza modificările hematologice induse de hiperglicemie. Metodologia aplicată permite aprecierea rolului fitoterapiei ca factor imunomodulator în condiții de diabet experimental și oferă date relevante pentru înțelegerea mecanismelor de reglare a răspunsului inflamator.

Rezultatele obținute și discuții

Analiza indicilor leucocitari a evidențiat modificări ale parametrilor hematologici în diabetul experimental, precum și efectul modulant al extraselor din plante medicinale asupra acestora. Hiperglicemia indusă farmacologic a determinat activarea mecanismelor inflamatorii sistemice și perturbarea echilibrului imunologic, reflectate prin modificări cantitative ale subpopulațiilor leucocitare. Datele experimentale prezentate în Tabelul 1 – efectul plantelor medicinale asupra indicilor leucocitari în diabetul experimental evidențiază diferențe între loturile studiate.

Tabelul 1. Efectul plantelor medicinale asupra indicilor leucocitari în diabetul experimental

Indici	Lotul	Martor	Alloxan	Plante	Plante + Alloxan
Leucocite ($10^{12}/l$)		6,06 $\pm$ 0,15	8,59 $\pm$ 0,20	6,35 $\pm$ 0,11	6,05 $\pm$ 0,08
Limfocite ($10^9 ly/l$)		3,92 $\pm$ 0,12	5,14 $\pm$ 0,21	4,07 $\pm$ 0,08	3,40 $\pm$ 0,12
Monocite ($10^9 mo/l$)		1,01 $\pm$ 0,17	1,67 $\pm$ 0,21	1,10 $\pm$ 0,15	1,31 $\pm$ 0,01
Granulocite ($10^9 gr/l$)		1,13 $\pm$ 0,16	1,78 $\pm$ 0,11	1,18 $\pm$ 0,22	1,34 $\pm$ 0,17

Numărul total de leucocite reprezintă un indicator general al activității sistemului imun și al intensității răspunsului inflamator. În cadrul diabetului experimental s-a observat o creștere a numărului de leucocite totale până la 8,59 $\pm$ 0,20* $10^{12}/l$, comparativ cu lotul martor (6,06 $\pm$ 0,15* $10^{12}/l$). Această leucocitoză reflectă activarea sistemului imun ca răspuns la stresul metabolic și la procesele inflamatorii induse de hiperglicemie.

Hiperglicemia persistentă determină producerea excesivă de radicali liberi, activarea citokinelor proinflamatorii și stimularea hematopoiezei, ceea ce conduce la creșterea numărului total de leucocite. Această reacție reprezintă un mecanism compensator al organismului, orientat spre limitarea leziunilor tisulare induse de stresul oxidativ.

Administrarea extrasului din plante medicinale pe fondul diabetului a determinat reducerea numărului total de leucocite la 6,05 $\pm$ 0,08* $10^{12}/l$, valoare apropiată de cea fiziologică. Această normalizare indică efectul antiinflamator al compușilor bioactivi vegetali, care reduc activarea excesivă a sistemului imun și limitează procesele inflamatorii sistemice.

Limfocitele sunt componente esențiale ale imunității adaptive și reflectă activarea mecanismelor de răspuns imun specific. În lotul diabetic s-a observat o creștere a limfocitelor până la $5,14 \pm 0,21 \cdot 10^9/\text{l}$, comparativ cu valoarea matorului ($3,92 \pm 0,12 \cdot 10^9/\text{l}$). Această creștere sugerează stimularea sistemului imun adaptativ în condiții de stres metabolic.

Cantitatea crescută de glucoză poate modifica funcția limfocitelor prin activarea căilor inflamatorii și prin perturbarea mecanismelor de reglare imunologică. În aceste condiții, proliferarea limfocitară reprezintă o reacție compensatorie la deteriorarea tisulară și la inflamația persistentă.

În lotul tratat cu plante medicinale pe fondul diabetului, nivelul limfocitelor s-a redus la $3,40 \pm 0,12 \cdot 10^9/\text{l}$, indicând normalizarea răspunsului imun. Aceasta poate fi explicat prin acțiunea imunomodulatoare a compușilor fenolici și flavonoidelor, care reglează producerea citokinelor și reduc stimularea excesivă a sistemului imun.

Monocitele joacă un rol central în procesele inflamatorii cronice și în reacțiile de apărare nespecifică. În diabetul experimental, nivelul monocitelor a crescut de la $1,01 \pm 0,17 \cdot 10^9/\text{ml}$ (mator) la $1,67 \pm 0,21 \cdot 10^9/\text{ml}$, reflectând intensificarea reacțiilor inflamatorii sistemice. Creșterea monocitelor este caracteristică proceselor inflamatorii persistente, deoarece aceste celule participă la fagocitoză, secreția mediatorilor inflamatori și diferențierea în macrofage tisulare. În diabet, monocitele contribuie la progresia inflamației cronice și la deteriorarea vasculară.

Administrarea extrasului vegetal a redus nivelul monocitelor la $1,31 \pm 0,01 \cdot 10^9/\text{ml}$, sugerând diminuarea inflamației sistemice. Acest efect este probabil rezultatul acțiunii antioxidante și antiinflamatoare a compușilor bioactivi vegetali, care inhibă activarea monocitelor și reduc secreția mediatorilor inflamatori.

Granulocitele, în special neutrofilele, reprezintă prima linie de apărare a organismului împotriva agresiunilor externe și interne. În diabetul experimental s-a observat creșterea granulocitelor la $1,78 \pm 0,11 \cdot 10^9/\text{gr/l}$, comparativ cu $1,13 \pm 0,16 \cdot 10^9/\text{gr/l}$ în lotul mator. Această creștere reflectă activarea imunității înnăscute și intensificarea reacțiilor inflamatorii acute. Hiperglicemia determină disfuncții ale neutrofilelor, dar și stimularea producției lor, ceea ce explică modificările observate.

În lotul tratat cu plante medicinale, numărul granulocitelor a scăzut la $1,34 \pm 0,17 \cdot 10^9/\text{gr/l}$, indicând reducerea activării inflamatorii și restabilirea echilibrului imunologic. Această normalizare poate fi atribuită efectelor antioxidante și stabilizatoare asupra membranelor celulare exercitate de compușii fitochimici.

Modificările observate în diabetul experimental reflectă activarea sistemului imun și instalarea unui status inflamator persistent, determinat de stresul oxidativ și de perturbările metabolice. Leucocitoza, creșterea limfocitelor, monocitelor și granulocitelor reprezintă indicatori ai inflamației sistemice și ai dereglării homeostaziei imune. Administrarea extrasului din plante medicinale a determinat normalizarea majorității parametrilor leucocitari, sugerând efecte imunomodulatoare și antiinflamatoare. Aceste rezultate indică faptul că fitocompușii bioactivi pot reduce activarea excesivă a sistemului imun și pot contribui la restabilirea echilibrului imunologic.

Efectele benefice ale plantelor pot fi explicate prin: reducerea stresului oxidativ, inhibarea citokinelor proinflamatorii, stabilizarea funcției celulelor imune și protecția țesuturilor împotriva leziunilor metabolice. Rezultatele demonstrează că extrasele din *Vitis vinifera*, *Morus alba* și *Juglans regia* exercită efecte biologice complexe asupra sistemului imun în condiții de diabet experimental. Prin modularea reacțiilor inflamatorii și stabilizarea formulei leucocitare, aceste plante pot contribui la prevenirea complicațiilor inflamatorii ale diabetului. Menținerea parametrilor leucocitari în limitele normei indică o reducere a stresului metabolic și o îmbunătățire a adaptării organismului la hiperglicemie, ceea ce confirmă potențialul fitoterapiei ca metodă adjuvantă în managementul diabetului zaharat.

Concluzii

Diabetul experimental determină creșterea semnificativă a leucocitelor totale și a formulei leucocitare, evidențiind activarea proceselor inflamatorii sistemice. Administrarea extrasului din *Vitis vinifera*, *Morus alba* și *Juglans regia* (frunze și epicarpiu) pe fondul diabetului a dus la reducerea valorilor leucocitare crescute și la menținerea acestora de limitele fiziologice. Efectul observat sugerează acțiune imunomodulatoare și antiinflamatoare a compușilor bioactivi vegetali în condiții de hiperglicemie experimentală. Rezultatele

susțin potențialul fitoterapiei ca intervenție adjuvantă în ameliorarea dereglărilor hematologice asociate diabetului zaharat.

Bibliografie:

- 1 ARDELEANU, C., NICA, A. *Imunologie și imunopatologie*. Iași: Editura „Gr. T. Popa” UMF, 2019. 512 p. ISBN 978-606-544-635-4.
- 2 BACALOV, I. Efectul imunomodulator al extractelor vegetale asupra parametrilor leucocitari în diabetul experimental. În: *Studia Universitatis Moldaviae*. Seria Științe ale Naturii. 2020, nr.3, p.8-16. ISSN 1814-3237.
- 3 BACALOV, I. et al. Efectul biopreparatului din *Hippophae rhamnoides* L. asupra unor componente sangvine la șobolan pe fondalul diabetului experimental. În: *Studia Universitatis Moldaviae*. Seria Științe ale Naturii. 2022, nr.1(151), p.3-11. ISSN 1814-3237.
- 4 CUCIUREANU, M., DĂNILĂ, G. *Fitoterapia modernă – baze farmacologice și aplicații clinice*. Iași: Polirom, 2021. 420 p. ISBN 978-973-46-8765-3.
- 5 MOTA, M., POPA, S. (coord.). *Tratat de diabet zaharat*. București: Editura Medicală, 2020. 784 p. ISBN 978-973-39-0845-2.
- 6 RUSU, V. *Hematologie generală și clinică*. Chișinău: Editura Universității de Stat din Moldova, 2018. 368 p. ISBN 978-9975-71-987-4.
- 7 TROFIM, A. et al. Impactul extractului apos din *Nostoc* asupra indicilor hematologici în diabetul alloxanic. În: *Studia Universitatis Moldaviae*. Seria Științe ale Naturii. 2023, nr.6, p.45-52. ISSN 1814-3237.

N. B.: Subprogramul de cercetare cu cifrul 010102 „Identificarea formelor valoroase de resurse vegetale cu utilitate multiplă pentru valorificarea în economia circulară”, finanțat de Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare (ANCD).

Date despre autori:

Elena CHIRIȚA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9717-8133.

E-mail: chiritaelena30@gmail.com

Victor MELNIC, doctor în științe biologice, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-6374-2499.

E-mail: melnicvictor088@gmail.com

Iurie BACALOV, doctor în științe biologice, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1651-9056 .

E-mail: iurabacalov@mail.ru

Adriana DRUȚA, master în științe biologice, cercetător științific, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5961-6518.

E-mail: druta.adriana@yahoo.com

Aurelia CRIVOI, doctor habilitat, profesor universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1917-1278.

E-mail: crivoi.aurelia@mail.ru

Prezentat: 02.02.2026

Recenzat: 24.02.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

IMPACTUL DISFUNCȚIILOR TIROIDIENE ASUPRA HOMEOSTAZIEI INDICILOR HEMATOLOGICI

Iurie BACALOV,
Adriana DRUȚA,
Anastasia SULA,

Universitatea de Stat din Moldova

Studiul dat a urmărit evaluarea modificărilor indicilor hematologici la pacienți cu disfuncții tiroidiene (hipotiroidism și hipertiroidism) comparativ cu persoane eutiroidiene. Au fost analizați 42 de pacienți cărora li s-a determinat nivelurile hormonilor T3, T4, TSH și parametrii hematologici precum: eritrocitele, leucocitele, hemoglobina și VSH. Rezultatele au arătat că hipotiroidismul se asociază cu scăderea semnificativă a eritrocitelor, leucocitelor și hemoglobinei, concomitent cu creșterea VSH, sugerând o anemie normocromă, normocitară. În hipertiroidism, T3 și T4 au fost crescute cu până la 179%, iar TSH a fost redus cu aproximativ 94%, indicând activitate metabolică intensă și dezechilibru hematologic. Corelațiile evidențiază influența directă a hormonilor tiroidieni asupra hematopoiezei, în special prin modularea eritropoietinei. Studiul a subliniat că analiza indicilor hematologici constituie un instrument util în monitorizarea pacienților cu tulburări de funcție tiroidiană.

Cuvinte-cheie: hipotiroidism, hipertiroidism, indici hematologici, tiroxină, triiodotironină, TSH.

THE IMPACT OF THYROID DYSFUNCTION ON HEMATOLOGICAL HOMEOSTASIS

The present study aimed to evaluate changes in hematological indices in patients with thyroid dysfunction (hypothyroidism and hyperthyroidism) compared with euthyroid individuals. A total of 42 patients were analyzed, in whom serum levels of T3, T4, and TSH were determined, along with hematological parameters such as erythrocyte count, leukocyte count, hemoglobin concentration, and erythrocyte sedimentation rate (ESR). The results showed that hypothyroidism was associated with a significant decrease in erythrocytes, leukocytes, and hemoglobin levels, accompanied by an increase in ESR, suggesting the presence of normochromic, normocytic anemia. In hyperthyroidism, T3 and T4 levels were increased by up to 179%, while TSH levels were reduced by approximately 94%, indicating intensified metabolic activity and hematological imbalance. Correlation analyses highlighted the direct influence of thyroid hormones on hematopoiesis, particularly through the modulation of erythropoietin. The study emphasized that the analysis of hematological indices represents a useful tool in the monitoring of patients with thyroid function disorders.

Keywords: hypothyroidism, hyperthyroidism, hematological indices, thyroxine, triiodothyronine, TSH.

Introducere

Funcționarea normală a glandei tiroide reprezintă un element esențial pentru menținerea echilibrului metabolic, dezvoltării și homeostaziei organismului. Prin secreția hormonilor săi principali — tiroxina (T4) și triiodotironina (T3) — tiroida reglează intensitatea metabolismului bazal, activitatea sistemului cardiovascular, metabolismul lipidic, glucidic și proteic, dar și funcțiile sistemului nervos și hematopoietic [6, p. 18–41; 7, p. 52–78].

Tulburările funcției tiroidiene, manifestate prin hipofuncție (hipotiroidism) sau hiperfuncție (hipertiroidism), constituie unele dintre cele mai frecvente afecțiuni endocrine, cu impact sistemic semnificativ. La nivel mondial, se estimează că peste 10% din populație prezintă o formă de disfuncție tiroidiană, adesea subclinică. Aceste afecțiuni sunt mai prevalente în rândul femeilor și cresc odată cu vârsta, cu o incidență marcată în zonele cu deficit de iod [9, p. 1–25].

Hormonii tiroidieni influențează direct hematopoieza prin stimularea sintezei eritropoietinei la nivel renal și prin modularea utilizării oxigenului la nivel tisular. De asemenea, aceștia reglează metabolismul fierului, al vitaminei B12 și al acidului folic — nutrienți esențiali pentru formarea hematiilor. Orice dezechilibru hormonal tiroidian determină modificări hematologice detectabile, care pot fi valorificate în diagnostic și monitorizare [3, p. 44–48; 8, p. 110–118].

În hipotiroidism, scăderea producției de T3 și T4 reduce activitatea metabolică globală și determină o diminuare a eritropoezei, conducând la anemii de tip normocrom-normocitar sau microcitar. De asemenea, pot apărea tulburări ale metabolismului vitaminic (în special al vitaminei B12), care contribuie la apariția unei anemii megaloblastice secundare.

În hipertiroidism, secreția excesivă de hormoni tiroidieni accelerează metabolismul tisular, crește consumul de oxigen și necesarul de eritrocite. Totuși, această stimulare se asociază adesea cu tulburări de utilizare a fierului și cu un turnover eritrocitar crescut, ceea ce poate duce la o anemie relativă. În plus, activitatea medulară intensificată și procesele oxidative crescute pot produce alterări ale celulelor sanguine și modificări ale indicilor hematologici [4, p. 1800–1845; 5, p. 32–45; 97–105].

Interacțiunea dintre sistemul endocrin și cel hematopoietic este complexă și bidirecțională. Pe de o parte, hormonii tiroidieni acționează asupra măduvei osoase și reglează diferențierea eritrocitelor, leucocitelor și trombocitelor. Pe de altă parte, statusul hematologic poate influența răspunsul metabolic și oxigenarea tisulară, factori esențiali pentru funcționarea normală a tiroidei.

Numeroase studii au demonstrat corelații între concentrațiile hormonilor tiroidieni și valorile hemoglobinei, hematocritului sau numărului de eritrocite. De exemplu, scăderea T3 liber se asociază cu reducerea sintezei eritropoietinei și, implicit, cu anemie, în timp ce creșterea T4 determină o intensificare temporară a eritropoezei, urmată de epuizarea resurselor de fier. Totodată, modificările leucocitare (leucopenie sau limfocitoză relativă) și trombocitare pot fi prezente în disfuncțiile tiroidiene, reflectând influența hormonilor asupra proceselor imune și a coagulării [2, p. 593–646; 3, p. 44–48].

În Republica Moldova, ca și în alte regiuni ale Europei de Est, bolile tiroidiene constituie o problemă majoră de sănătate publică, influențată de carența cronică de iod, stresul oxidativ și factorii de mediu. Deși diagnosticul hormonal și ecografic al tulburărilor tiroidiene este bine dezvoltat, evaluarea corelațiilor hematologice rămâne insuficient studiată în context local.

În acest sens, scopul acestui studiu este de a analiza impactul disfuncțiilor tiroidiene asupra indicilor hematologici (eritrocite, leucocite, hemoglobină, VSH) la pacienții cu hipo- și hiperfuncția glandei tiroide, în vederea stabilirii unor corelații clinico-biologice relevante și a extinderii posibilităților de diagnostic și monitorizare.

Rezultatele obținute vor putea oferi specialiștilor în domeniu instrumente suplimentare pentru interpretarea corectă a analizelor de laborator, optimizarea tratamentului și evaluarea eficienței terapiei substitutive sau antitiroidiene.

Materialul clinic și metode de cercetare

Studiul a inclus pacienți diagnosticați cu hipo- și hiperfuncția glandei tiroide, investigați în cadrul secției de endocrinologie a Clinicii Spitalului Ministerului Afacerilor Interne din or. Chișinău, unde au fost examinați 36 de bolnavi: din ei 18 femei și 18 bărbați, repartizați pe grupe de vârstă: I grupă 24 - 34 ani; II grupă 35 - 45 ani; III grupă 46 - 54 ani; IV grupă 55 - 65 ani. Repartizarea pe sexe relevă o incidență sporită a maladiei atât la femei cât și la bărbați, raportul fiind de 1:1. Pacienții au fost selectați pe baza criteriilor clinice (simptomatologie specifică) și a rezultatelor hormonale. Au fost excluși din studiu pacienții cu alte boli endocrine care puteau interfera cu rezultatele. Grupul de control a fost format din 6 persoane fără antecedente tiroidiene [1, p. 44-48].

Pentru standardizarea colectării și prelucrării datelor, pentru fiecare pacient inclus în studiu a fost elaborat un formular electronic individual, care a cuprins informații socio-demografice (nume, prenume, sex, vârstă), date privind spitalizarea primară (data și anul internării), diagnosticul clinic principal, acuzele prezentate la internare (sistemizate pentru facilitarea codificării), antecedentele personale și patologice relevante, rezultatele examenului clinic obiectiv (inclusiv gradul de extindere a procesului patologic), precum și datele obținute din investigațiile paraclinice – instrumentale și de laborator. Însă, pentru protejarea confidențialității datelor cu caracter personal, fiecare pacient a fost identificat printr-un cod numeric unic, atribuit în funcție de grupul din care făcea parte [1, p. 44-48].

Concentrațiile serice de tiroxină (T4) și triiodotironină (T3) au fost determinate prin analizatorul Stat Fax 4700, bazată pe principiul reacției de competiție antigen-anticorp [1, p. 44-48]. Determinarea indicilor

hematologici a fost efectuată la analizatorul hematologic Erma PCE 210, iar viteza de sedimentare a hematiilor s-a realizat după metoda lui Pancencov.

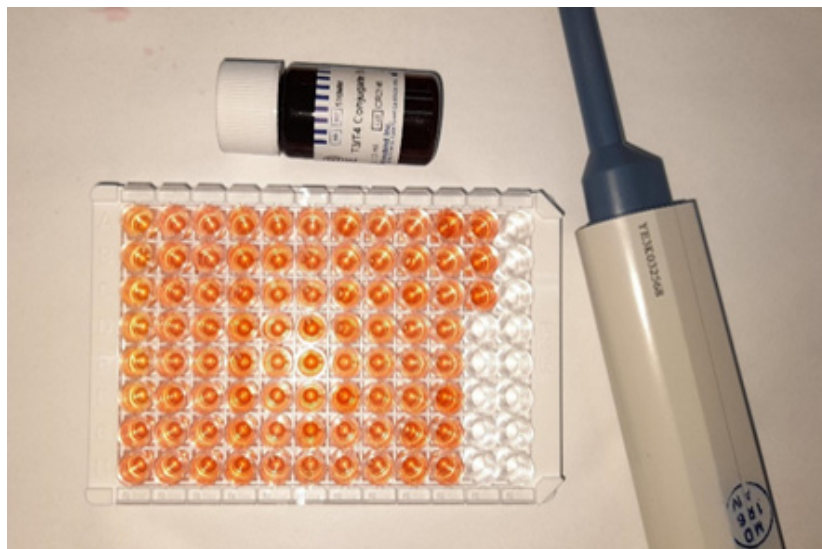


Foto. 1. Determinarea concentrației hormonilor tiroidieni



Foto. 2. Analizatorul Stat Fax 4700

Probele de sânge au fost recoltate dimineața, în condiții bazale, pe nemâncate. Rezultatele obținute au fost procesate prin metode statistice de analiză comparativă, exprimate ca medie $\pm$ deviație standard ($M \pm SD$). Diferențele dintre grupuri au fost considerate semnificative la un nivel de încredere de $p < 0,05$ [1, p. 44-48].

Rezultatele obținute și discutarea lor

Rezultatele obținute în cadrul studiului dat evidențiază influența semnificativă a funcției tiroidiene asupra parametrilor hematologici, confirmând interdependența dintre sistemul endocrin și cel hematopoietic. Analiza comparativă între pacienții cu hipo- și hiperfuncția glandei tiroide și lotul martor eutiroidian a permis identificarea unor modificări caracteristice, cu valoare diagnostică și fiziopatologică relevantă.

Determinările hormonale au arătat o creștere semnificativă a concentrațiilor de tiroxină (T_4) și triiodotironină (T_3) la pacienții cu hipertiroidism, în paralel cu o reducere marcată a nivelului de TSH față de valorile medii ale lotului martor. Acest profil hormonal este specific hipersecreției tiroidiene și confirmă o reglare negativă eficientă la nivelul axei hipotalamo-hipofizo-tiroidiene.

După cum rezultă din tabelul 1, nivelul triiodotironinei la martori constituia $3,78 \pm 0,37$ nmol/L, tiroxinei - $65,25 \pm 0,26$ nmol/L, iar a tireotropinei $2,97 \pm 0,41$ μ U/L, datele obținute la cercetarea hormonilor coincid cu cele din sursele bibliografice [5, 8]. Iar la pacienții cu hipertiroidism, valorile T_3 - $12,25 \pm 0,28$ nmol/L și T_4 - $182,26 \pm 0,55$ nmol/L au fost semnificativ crescute comparativ cu grupul martor, iar TSH-ul din contra redus - $0,04 \pm 0,09$ μ U/L, ceea ce determină o accelerare a metabolismului bazal, manifestată prin scădere ponderală, tahicardie, transpirații și excitabilitate neuropsihică [1, p. 44-48].

Tabelul 1. Nivelurile hormonilor tiroidieni la pacienți cu hipo-, hiperfuncție și la martori

Nr.	Grupul din care fac parte pacienții	T_3 nmol/L	T_4 nmol/L	TSH μ U/L
1.	Grupul Martor	$3,78 \pm 0,37$	$65,25 \pm 0,26$	$2,97 \pm 0,41$
2.	Grupul cu Hiperfuncție	$12,25 \pm 0,28$	$182,26 \pm 0,55$	$0,04 \pm 0,09$
3.	Grupul cu Hipofuncție	$0,69 \pm 0,03$	$37,86 \pm 0,59$	$6,77 \pm 0,32$

În contrast, la pacienții cu hipotiroidism s-au înregistrat scăderi semnificative ale T_3 și T_4 , concomitent cu o creștere compensatorie a TSH, ceea ce reflectă un mecanism de feedback pozitiv caracteristic hipotiroidismului primar.

La pacienții cu hipotiroidism, concentrațiile serice de T3 - $0,69 \pm 0,03$ nmol/L și T4 - $37,86 \pm 0,59$ nmol/L, au fost constante sub valorile fiziologice, iar TSH-ul valori crescute - $6,77 \pm 0,32$ μ U/l [1, p. 44-48]. Nivelurile hormonale reduse în hipotiroidism reflectă incapacitatea tiroidei de a asigura sinteza și secreția hormonilor în condiții fiziologice, explicând simptomele specifice: metabolism lent, fatigabilitate, creștere ponderală, și tulburări cognitive. Aceste modificări endocrine s-au corelat direct cu variațiile observate la nivel hematologic, sugerând că disfuncțiile tiroidiene exercită o influență sistemică asupra hematopoiezei.

Conform datelor obținute (Tabelul 2), numărul de eritrocite este mai redus atât în hipofuncția ($4,0 \times 10^{12}/L$), cât și în hiperfuncția tiroidiană ($4,38 \times 10^{12}/L$), comparativ cu martorii ($4,93 \times 10^{12}/L$). În hipotiroidism, reducerea este mai accentuată (-18,9%), ceea ce indică o inhibare a eritropoiezei determinată de scăderea secreției hormonilor tiroidieni, reducerea sintezei de eritropoietină renală și scăderea metabolismului tisular. În hipertiroidism, scăderea mai moderată poate fi atribuită hemoconcentrației și turnoverului crescut al eritrocitelor, adică distrugerii accelerate a acestora pe fondul metabolismului intens. Atât excesul, cât și deficitul de hormoni tiroidieni afectează echilibrul hematologic prin mecanisme fiziopatologice distincte.

Concomitent cu numărul de eritrocite și valorile leucocitelor scad semnificativ la pacienții cu disfuncții tiroidiene (Tabelul 2). În hiperfuncție atingând valorile - $5,11 \times 10^9/L$ (-27% față de martor), iar în hipofuncție - $5,28 \times 10^9/L$ (-25% față de martor). Scăderea numărului de leucocite în hipotiroidism reflectă inhibarea măduvei osoase și reducerea rezistenței imune. În hipertiroidism, leucopenia este explicată prin stres oxidativ crescut și accelerarea distrugerii celulelor albe.

Însă, în formele autoimune (de exemplu, boala Basedow sau tiroidita Hashimoto) pot apărea modificări suplimentare, precum limfocitoza relativă, ceea ce arată implicarea mecanismelor imunitare în patogeneza disfuncțiilor tiroidiene.

Tabelul 2. Modificările indicilor hematologici în funcție de statusul tiroidian

Nr.	Grupul din care fac parte pacienții	Eritrocite $\times 10^{12}/l$	Leucocite $\times 10^9/l$	Hemoglobina g/l	VSH mm/oră
1.	Grupul Martor	$4,93 \pm 0,17$	$7,0 \pm 0,34$	$164,5 \pm 0,53$	$7,06 \pm 0,60$
2.	Grupul cu Hiperfuncție	$4,38 \pm 0,03$	$5,11 \pm 0,08$	$138,76 \pm 0,43$	$8,05 \pm 0,10$
3.	Grupul cu Hipofuncție	$4,0 \pm 0,03$	$5,28 \pm 0,06$	$125,65 \pm 0,55$	$6,77 \pm 0,17$

Un alt indice cercetat este nivelul de hemoglobină care de asemenea scade semnificativ în ambele disfuncții (Tabelul 2). În hipofuncție nivelul de hemoglobină este $125,65$ g/L (-23,6% față de martor), iar în hiperfuncție - $138,76$ g/L (-15,7% față de martor). Aceste date confirmă prezența anemiei secundare asociate tulburărilor tiroidiene. În hipotiroidism, anemia este normocrom-normocitară sau hipocrom-microcitară, cauzată de deficit de eritropoietină, metabolism lent și absorbție deficitară a fierului și vitaminei B12.

Iar în hipertiroidism, scăderea hemoglobinei reflectă consum metabolic crescut și distrugere accelerată a hematiilor, uneori asociată cu pierderi cronice de fier. De asemenea, valorile VSH variază moderat între grupuri (Tabelul 2). În hiperfuncție nivelul acestui indice este de $8,05$ mm/oră (+14% față de martor), iar în hipofuncție - $6,77$ mm/oră (-4% față de martor). Deși diferențele sunt relativ mici, ele indică o tendință de creștere a VSH în hipertiroidism, posibil datorită hiperproteinemiei și creșterii fibrinogenului, și o ușoară scădere în hipotiroidism, asociată cu circulație lentă și hipovolemie. VSH crescut la pacienții hipertiroidieni poate fi și un indicator indirect al inflamației cronice sau al reacțiilor autoimune asociate glandei tiroide [6, p. 18-41].

Rezultatele obținute demonstrează că ambele tipuri de disfuncții tiroidiene produc modificări semnificative ale indicilor hematologici, însă prin mecanisme diferite: Hipotiroidismul: scăderea metabolismului $\rightarrow$ hipoxie tisulară $\rightarrow$ reducerea eritropoiezei $\rightarrow$ anemie. Hipertiroidismul: accelerarea metabolismului $\rightarrow$ creșterea consumului de oxigen $\rightarrow$ distrugerea eritrocitelor $\rightarrow$ anemie relativă.

În ambele cazuri, leucopenia este frecventă, iar VSH poate servi drept indicator al stării inflamatorii și al severității bolii. Datele obținute sunt în concordanță cu observațiile raportate în literatura de specialitate [7, p. 52–78; 8, p. 110–118], conform cărora pacienții cu hipotiroidism prezintă anemie normocitară, iar cei cu hipertiroidism pot manifesta anemie relativă sau leucopenie.

Concluzie

Rezultatele studiului confirmă impactul semnificativ al disfuncțiilor tiroidiene asupra sistemului hematopoietic. Atât hipofuncția, cât și hiperfuncția glandei tiroide determină modificări cuantificabile ale indicilor hematologici, reflectând relația strânsă dintre echilibrul hormonal și hematopoieză. În hipotiroidism, reducerea nivelurilor T3 și T4, asociată creșterii TSH, se corelează cu scăderea numărului de eritrocite, leucocite și hemoglobină, manifestându-se printr-o anemie de tip normocrom-normocitar. În hipertiroidism, excesul hormonal determină accelerarea metabolismului bazal, consum crescut de oxigen și distrugerea accelerată a hematiilor, conducând la o anemie relativă și leucopenie. Valorile VSH au arătat o tendință de creștere în hipertiroidism, posibil prin mecanisme inflamatorii, și o ușoară scădere în hipotiroidism. Aceste constatări susțin ipoteza că analiza indicilor hematologici poate constitui un instrument complementar valoros în evaluarea, diagnosticul și monitorizarea pacienților cu tulburări de funcție tiroidiană, oferind date utile pentru individualizarea tratamentului.

Bibliografie:

- 1 BACALOV Iu., SULA A., DRUȚA A. Analiza funcțională a glandei tiroide la pacienții cu disfuncții de tip hipofuncțional și hiperfuncțional. În: *Studia Universitatis Moldaviae* (Seria Științe Reale și ale Naturii), 2025. nr. 6 (186). p. 44–48. ISSN 1814-3237. E-ISSN 1857-498X. (disponibil: https://natural.studiamsu.md/wp-content/uploads/2025/12/05_Bacalov_Sula_Druta.pdf)
- 2 BAHN R.S. et al. – Hyperthyroidism and Other Causes of Thyrotoxicosis: Management Guidelines of the American Thyroid Association and American Association of Clinical Endocrinologists, *Thyroid Journal*, vol. 21(6), 2011. p. 593–646.
- 3 CĂLIN C., IONESCU E. – Corelații clinico-biologice între funcția tiroidiană și sistemul hematopoietic. *Revista Română de Endocrinologie*, 2018. p. 44–48.
- 4 DE GROOT L. J., JAMESON J. L. – *Endocrinology: Adult and Pediatric*, 8th Edition. Elsevier, 2021. p. 1800–1845.
- 5 HOFFBRAND A. V., MOSS P. A. H. – *Essential Haematology*, 8th Edition. Wiley-Blackwell, 2020. p. 32–45; 97–105.
- 6 MILCU S. M., CEBOTARI A., ȚÎBÎRNĂ C. – *Fiziopatologia glandei tiroide și implicațiile hematologice*. Editura Universității de Stat din Moldova, Chișinău, 1994. p. 18–41.
- 7 ȚÎBÎRNĂ C. – *Bazele fiziopatologiei endocrinologice*. Chișinău: CEP USM. 2003. p. 52–78.
- 8 WOPEREIS D. M. et al. – Effects of Thyroid Hormone on Hematopoiesis and Erythropoietin Production. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2017. p. 110–118.
- 9 World Health Organization (WHO). – *Assessment of Iodine Deficiency Disorders and Monitoring Their Elimination*, 3rd Edition, WHO, Geneva, 2007. p. 1–25.

Date despre autori:

Iurie BACALOV, doctor în științe biologice, conferențiar universitar, Facultatea Biologie și Geoștiințe, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1651-9056.

E-mail: iurabacalov@mail.ru

Adriana DRUȚA, master în științe biologice, cercetător științific, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5961-6518.

E-mail: druta.adriana@yahoo.com

Anastasia SULA, master în științe biologice, cercetător științific, Facultatea Biologie și Geoștiințe, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0003-8707-4001.

E-mail: sulaanastasia8@gmail.com

Prezentat: 17.01.2026

Recenzat: 10.02.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 615.322:616.379-008.64

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_06](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_06)

ASPECTE ALE METABOLISMULUI HIDRIC ÎN DIABETUL EXPERIMENTAL ASOCIATE ADMINISTRĂRII FITOPREPARATULUI SEV-3

Iurie BACALOV,
Adriana DRUȚA,
Elena CHIRIȚA,
Aurelia CRIVOI,

Universitatea de Stat din Moldova

Actualmente, o atenție sporită se acordă studierii mecanismelor patogenetice ale diabetului zaharat și elaborării strategiilor care să contribuie la ameliorarea dereglărilor metabolice asociate acestei patologii. Un rol important în acest context îl au plantele medicinale și preparatele fitoterapeutice, datorită spectrului larg de acțiune biologică și profilului favorabil de siguranță. Administrarea fitopreparatului SEV-3 în condiții de diabet experimental a contribuit la ameliorarea metabolismului glucidic și hidric, fapt evidențiat prin reducerea hiperglicemiei, creșterea parțială a nivelului insulinei și diminuarea polidipsiei și poliuriei. Rezultatele obținute au demonstrat lipsa unor efecte perturbatoare asupra metabolismului la animalele sănătoase, confirmând tolerabilitatea bună a preparatului. Astfel, fitopreparatul SEV-3, având o acțiune complexă asupra metabolismului, poate fi considerat un potențial adjuvant fitoterapeutic în corectarea dereglărilor metabolice induse de diabetul zaharat.

Cuvinte-cheie: *diabet alloxanic, fitopreparat, apă, urină, glucoză, insulină, complicații.*

ASPECTS OF WATER METABOLISM IN EXPERIMENTAL DIABETES ASSOCIATED WITH THE ADMINISTRATION OF THE PHYTOPREPARATION SEV-3

Currently, increased attention is being paid to the investigation of the pathogenetic mechanisms of diabetes mellitus and to the development of strategies aimed at ameliorating the metabolic disturbances associated with this pathology. Medicinal plants and phytotherapeutic preparations play an important role in this context due to their broad spectrum of biological activity and favorable safety profile. Administration of the phytopreparation SEV-3 under conditions of experimental diabetes contributed to the improvement of carbohydrate and water metabolism, as evidenced by a reduction in hyperglycemia, a partial increase in insulin levels, and a decrease in polydipsia and polyuria. The obtained results demonstrated the absence of disruptive metabolic effects in healthy animals, confirming the good tolerability of the preparation. Thus, the phytopreparation SEV-3, exerting a complex metabolic action, may be considered a potential phytotherapeutic adjuvant in the correction of metabolic disturbances induced by diabetes mellitus.

Keywords: *alloxan-induced diabetes, phytopreparation, water, urine, glucose, insulin, complications.*

Introducere

Dereglările induse de diabet zaharat nu se limitează exclusiv la metabolismul glucidic, ci implică modificări profunde ale metabolismului lipidic, proteic și hidric, care condiționează apariția manifestărilor clinice specifice și a complicațiilor cronice ale bolii [5; 8].

Metabolismul apei reprezintă o componentă esențială a homeostaziei organismului, fiind strâns corelat cu funcția renală, echilibrul electrolitic și procesele metabolice celulare. În diabetul zaharat, hiperglicemia determină creșterea osmolarității plasmatice și apariția diurezei osmotice, fenomen ce conduce la pierderi excesive de apă și electroliți [6; 7]. Drept consecință, se instalează poliuria și polidipsia, considerate semne patognomonice ale acestei afecțiuni. Dereglarea metabolismului apei favorizează deshidratarea celulară, afectarea funcției renale și agravarea dezechilibrelor metabolice existente [4].

Modelele experimentale de diabet, în special diabetul indus prin administrarea de alloxan, oferă posibilitatea studierii detaliate a mecanismelor patogenetice ale bolii. Alloxanul provoacă distrugerea selectivă a celulelor β -pancreatice, determinând instalarea hiperglicemiei și a modificărilor metabolice caracteristice diabetului zaharat [5]. În aceste condiții, modificările consumului de apă, ale diurezei și ale balanței hidrice

reflectă intensitatea dereglărilor metabolice și pot fi utilizate drept indicatori funcționali ai severității diabetului experimental [1].

În ultimele decenii, cercetările științifice au evidențiat interesul crescut pentru utilizarea preparatelor fitoterapeutice în managementul diabetului zaharat, datorită spectrului larg de acțiune biologică și efectelor adverse reduse [2; 3]. Fitopreparatele conțin compuși biologic activi – flavonoide, polifenoli, saponine, alcaloizi – capabili să influențeze metabolismul glucidic, funcția pancreatică, procesele oxidative și funcția renală [3]. Acțiunea lor complexă permite nu doar reducerea hiperglicemiei, ci și corectarea dereglărilor metabolice asociate, inclusiv a celor ce țin de metabolismul apei [1; 2].

Fitopreparatul SEV-3 se remarcă prin potențialul său biologic de a modula procesele metabolice în condiții de stres metabolic. S-a presupus că administrarea acestuia poate influența pozitiv balanța hidrică a organismului diabetic prin ameliorarea hiperglicemiei, reducerea diurezei osmotice și îmbunătățirea funcției renale, ceea ce justifică necesitatea unor investigații suplimentare.

Studierea particularităților metabolismului apei în diabetul experimental sub influența fitopreparatului SEV-3 prezintă un interes teoretic și practic deosebit, contribuind la aprofundarea cunoștințelor privind mecanismele de acțiune ale preparatelor fitoterapeutice și la fundamentarea utilizării acestora ca adjuvant în corectarea dereglărilor metabolice induse de diabetul zaharat.

Scopul cercetării a constat în evaluarea particularităților metabolismului apei în diabetul experimental și aprecierea influenței fitopreparatului SEV-3 asupra consumului de apă, diurezei și parametrilor metabolismului glucidic.

Material și metode de cercetare

Studiul experimental a avut loc în cadrul Laboratorului „Ecofiziologie Umană și Animală” al Universității de Stat din Moldova. Cercetările experimentale au fost realizate pe un lot de 60 de șobolani, menținuți în condiții standard de vivariu, cu acces liber la hrană și apă. În scopul colectării materialului biologic și al confirmării instalării diabetului zaharat, animalele au fost plasate în condiții experimentale speciale, care au permis monitorizarea zilnică individuală a consumului de apă și hrană, precum și a volumului de urină eliminat. Investigațiile s-au desfășurat pe o perioadă de 30 de zile.



Foto 1. Șobolani de laborator în timpul consumului fitopreparatului SEV-3



Foto 2. Fitopreparatul SEV-3 – forma de administrare în cadrul experimentului

Ca material biologic nativ pentru cercetare au fost utilizate urina, sângele și plasma sangvină. Modelul diabetului zaharat s-a obținut prin administrarea intraperitoneală a alloxanului sub formă de soluție de 5 % (200 mg/kg). Rezultatele au fost obținute prin analize de laborator precum: testarea glucozei în sânge cu ajutorul glucometrului „On Call Plus”; testarea hormonilor - prin metoda imunofermentativă, la analizatorul Stat Fax 4700.

În cadrul cercetărilor noastre ca metodă de extracție am folosit infuzia. Fitopreparatul SEV-3 are în componență următoarele plante medicinale: flori de liliac (*Syringa vulgaris*), partea aeriană de coada-calului (*Equisetum arvense*), frunze de vița-de-vie (*Vitis vinifera*).

Studiile experimentale au demonstrat că principiile biologice active – alcaloizi, flavonoide, glucozide, glucide, compuși fenolici, fitosteroli, saponine, tanine, resveratrol, triterpenoide, vitamine și minerale - manifestă efecte hipoglicemice și antioxidante, contribuind totodată la ameliorarea microcirculației și la menținerea integrității țesuturilor, influențând indirect echilibrul hidric în condiții de diabet experimental.

Rezultatele obținute și discutarea lor

Preparatele fitoterapeutice utilizate în diabetul zaharat pot exercita efecte similare unor mecanisme implicate în terapia medicamentoasă, contribuind la îmbunătățirea utilizării glucozei de către țesuturi și la ameliorarea controlului glicemic. În fitoterapia diabetului zaharat sunt preferate preparatele de origine vegetală, caracterizate prin toxicitate redusă, lipsa efectelor cumulative și, în majoritatea cazurilor, printr-un profil favorabil de siguranță, cu incidență scăzută a reacțiilor adverse.

Deficitul de insulină în diabetul experimental determină intensificarea proceselor catabolice, în special, creșterea degradării proteinelor tisulare și mobilizarea aminoacizilor în circulația sanguină. Ca urmare, se accentuează procesele de dezaminare și crește eliminarea compușilor azotați, inclusiv a amoniacului și azotului total, prin urină. Aceste modificări metabolice sunt direct corelate cu gradul insuficienței insulinice și sunt însoțite de activarea sintezei enzimelor-cheie implicate în gluconeogeneză, ceea ce conduce la creșterea producției endogene de glucoză [5; 6].

Tabelul. 1. Nivelul glicemiei (mmol/l) și a insulinei (pmol/l) la administrarea fitopreparatului SEV-3 pe fondalul diabetului experimental

Indice	Lot	Martor	Alloxan	SEV-3	SEV-3 + Alloxan
Glucoza (mmol/l)		5,50±0,27	16,90±0,84	5,30±0,27	10,50±0,52
Insulină (pmol/l)		4,02±0,39	1,51±0,44	4,16±0,37	3,03±0,32

Analiza parametrilor metabolismului glucidic a evidențiat diferențe semnificative între grupele experimentale. La animalele din grupul cu diabet indus s-a constatat o creștere marcată a concentrației glucozei în sânge (16,90 mmol/l), comparativ cu grupul martor (5,50 mmol/l), ceea ce confirmă instalarea hiperglicemiei caracteristice diabetului. Această hiperglicemie a fost însoțită de o scădere pronunțată a nivelului insulinei plasmatice, care a constituit 1,51 pmol/l, comparativ cu 4,02 pmol/l în grupul martor, reflectând reducerea funcției celulelor β -pancreatice.

Administrarea fitopreparatului SEV-3 pe fondalul diabetului experimental a determinat o reducere a nivelului glicemiei (10,50 mmol/l), comparativ cu lotul alloxan (16,90 mmol/l). Concomitent, s-a observat o creștere a concentrației insulinei plasmatice până la 3,03 pmol/l (lotul mixt), ceea ce sugerează un efect protector sau stimulator al SEV-3 asupra funcției endocrine pancreatice. Aceste modificări indică o ameliorare a dereglărilor metabolismului glucidic induse de diabetul experimental.

Modificările observate în metabolismul apei sunt strâns corelate cu dereglările metabolismului glucidic și cu nivelul insulinei plasmatice. Astfel, hiperglicemia pronunțată și scăderea semnificativă a concentrației insulinei, evidențiate în lotul cu diabet alloxanic, au favorizat apariția glicozuriei și a diurezei osmotice, determinând pierderi hidrice excesive [6; 7]. Acest mecanism explică creșterea marcată a volumului de apă consumat în acest lot, ca expresie a polidipsiei compensatorii.

Polidipsia reprezintă un mecanism compensator caracterizat prin creșterea ingestiei de apă, având rolul de a suplini pierderile hidrice excesive apărute ca urmare a poliuriei [6]. Manifestarea principală a polidipsiei este setea intensă și persistentă, care nu poate fi satisfăcută în pofida consumului crescut de lichide. În evaluarea clinică și experimentală, polidipsia are relevanță fiziopatologică doar atunci când este asociată cu poliuria, întrucât percepția subiectivă a setei, în absența unei diureze crescute, nu constituie un criteriu suficient de diagnostic.

Tabelul 2. Volumul apei consumate (ml/zi) la administrarea fitopreparatului SEV-3 pe fondalul diabetului alloxanic

Ziua	Lot	Martor	Alloxan	SEV-3	SEV-3 + Alloxan
2 zi		16,10 ± 3,44	19,20 ± 3,08	16,90±2,43	17,90±3,26
12 zi		15,30 ± 3,79	41,78 ± 3,65	14,80±3,06	28,70±2,39
24 zi		16,70 ± 2,93	52,40 ± 2,94	16,40±2,51	23,90±2,88

Analiza dinamicii consumului zilnic de apă a evidențiat diferențe semnificative între loturile experimentale pe parcursul perioadei de observație. În lotul cu SEV-3, volumul de apă consumat s-a menținut relativ constant pe toată durata experimentului, variind nesemnificativ între 14,80 ml și 16,90 ml, ceea ce reflectă menținerea echilibrului hidric fiziologic.

În lotul cu diabet indus prin administrarea de alloxan s-a observat o creștere progresivă și accentuată a consumului de apă. Dacă în ziua a 2-a volumul ingerat a fost de 19,20 ml, în ziua a 12-a acesta a crescut semnificativ până la 41,78 ml, iar în ziua a 24-a a atins valoarea de 52,40 ml, această creștere progresivă reflectă instalarea și agravarea polidipsiei, caracteristică diabetului experimental, ca rezultat al hiperglicemiei persistente și al diurezei osmotice.

În lotul mixt (SEV-3 + alloxan), consumul de apă a prezentat o creștere moderată comparativ cu lotul martor, însă semnificativ redusă față de lotul cu aloxan. Astfel, volumul de apă ingerat a constituit 17,90 ml în ziua a 2-a și 23,90 ml în ziua a 24-a. Aceste rezultate sugerează că administrarea fitopreparatului SEV-3 atenuează dezvoltarea polidipsiei în diabetul experimental, contribuind la ameliorarea dezechilibrului hidric.

Poliuria asociată polidipsiei este strâns corelată cu hiperglicemia și glicozuria, care determină apariția diurezei osmotice [6; 7]. În studiul nostru, s-a constatat că glucoza prezentă în urină a exercitat un efect osmotic, antrenând cantități mari de apă și electroliți.

Tabelul 3. Volumul urinei eliminate (ml/24 h) la administrarea fitopreparatului SEV-3 pe fondalul diabetului alloxanic

Indicele	Lot	Martor	Alloxan	SEV-3	SEV-3 + Alloxan
Volumul de urină eliminată (ml/24 h) ziua 24		8,87± 1,36	28,87± 1,36	7,53 ± 2,04	13,92 ± 1,17

În consecință, volumul urinar crește, instalându-se poliuria. Aceasta este frecvent asociată cu polidipsie compensatorie, ca mecanism de menținere a homeostaziei hidrice. În diabetul experimental la șobolanii albi de laborator, poliuria constituie un indicator important al severității dereglărilor metabolice și al afectării funcției renale. Evaluarea diurezei permite aprecierea eficienței intervențiilor terapeutice, inclusiv a administrării biopreparatelor cu potențial hipoglicemic.

La lotul martor, volumul mediu de urină eliminată a fost de 8,87 ml/24 ore (ziua 24-a), după inducerea diabetului, diureza a crescut, atingând valoarea de 28,87 ml/24 ore (ziua 24-a), ceea ce evidențiază apariția poliuriei caracteristice diabetului. Setea accentuată observată la animalele diabetice este secundară deshidratării organismului, astfel, observațiile pe parcursul experimentului au arătat că în primele zile diferențele între grupa martor și cea diabetică nu sunt semnificative, însă începând cu a 3-a – a 4-a zi, poliuria devine mai evidentă.

În lotul căruia i s-a administrat fitopreparatul SEV-3 pe fondalul diabetului experimental, volumul urinei s-a redus până la 13,92 ml/24h, comparativ cu lotul diabet experimental - 28,87 ml/24h. Aceste rezultate sugerează un efect hipoglicemiant al fitopreparatului cercetat și o potențială utilizare ca adjuvant în terapia hiperglicemiilor de natură diabetogenă. Hiperglicemia și pierderile de lichide cresc osmolaritatea sângelui, reduc volumul circulant și pot determina dereglări renale severe.

Concluzie

Diabetul experimental a determinat dereglări semnificative ale metabolismului glucidic, însoțite de modificări pronunțate ale metabolismului apei, manifestate prin hiperglicemie, insuficiență insulinară, polidipsie și poliurie osmotică. În condiții de diabet experimental, fitopreparatul SEV-3 a contribuit la reducerea hiperglicemiei și la o creștere a nivelului insulinei, aceasta sugerând un efect protector asupra funcției endocrine pancreatice. Ameliorarea controlului glicemic a fost corelată cu diminuarea consumului de apă și a diurezei, indicând o atenuare a dereglărilor metabolismului apei. În ansamblu, rezultatele obținute susțin potențialul fitopreparatului SEV-3 ca adjuvant fitoterapeutic în corectarea tulburărilor metabolice induse de diabetul experimental.

Bibliografie:

1. BACALOV I.U., BACALOV I., CRIVOI A. Metabolismul apei în diabetul experimental pe fondalul administrării fitopreparatului ARCTIUM IV. *Studia Universitatis Moldaviae*, 2014. Nr. 6(76). Seria Științe Reale și ale Naturii. p. 17-21. ISSN 1814-3237.
2. BACALOV I.U., CRIVOI A. *Fitoterapia dereglărilor metabolismului glucidic*, Îndrumar instructiv – metodic pentru studenți, CEP USM, Chișinău, 2009. 107 p.
3. BOJOR O. *Fitoterapia tradițională românească*. Editura Medicală, București, 2010. 416 p.
4. HÂNCU N., VERESIU I. A. *Complicațiile metabolice ale diabetului zaharat*. Editura Medicală Universitară „Iuliu Hațieganu”, Cluj-Napoca, 2015. 320 p.
5. IONESCU-TÎRGOVIȘTE C. *Tratat de diabet zaharat*. Editura Academiei Române, București, 2018, 832 p.
6. MOGOȘ V. *Fiziopatologie*. Editura Medicală, București, 2014. 512 p.
7. MOHAN V., KALRA S., ZARGAR A. H., TIWASKAR M., THAKOR P., MALVE H. Diabetes Mellitus and Fluid Imbalance: The Need for Adequate Hydration. *Journal of the Association of Physicians of India*, 2024, vol. 72, supl. 6, p. 16–24. DOI: 10.59556/japi.72.0548.
8. POPA S. *Diabetul zaharat*. Editura Medicală, București, 2016. 384 p.

N. B.: Subprogramul de cercetare cu cifrul 011001 „Mecanismele de reglare a homeostaziei organismului și a sănătății și elaborarea procedurilor și măsurilor de menținere a ei”.

Date despre autori:

Iurie BACALOV, doctor în științe biologice, conferențiar universitar, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1651-9056

E-mail: iurabacalov@mail.ru

Adriana DRUȚA, master în științe biologice, cercetător științific, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5961-6518

E-mail: druta.adriana@yahoo.com

Elena CHIRIȚA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9717-8133

E-mail: chiritaelena30@gmail.com

Aurelia CRIVOI, doctor habilitat, profesor universitar, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1917-1278

E-mail: crivoi.aurelia@mail.ru

Prezentat: 23.01.2026

Recenzat: 10.02.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 612.39:577.152.34

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_07](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_07)

INFLUENȚA RAȚIILOR ALIMENTARE ÎN RAPORT CU TIPUL ASTENIC DE CONSTITUȚIE ASUPRA ACTIVITĂȚII ENZIMELOR PROTEOLITICE ÎN DIFERITE STRUCTURI ALE TRACTULUI GASTROINTESTINAL LA ȘOBOLANII HIPERSTRESOREACTIVI

Anastasia BABILEVA,
Ion MEREUȚĂ,
Tudor STRUTINSCHI,
Lilia POLEACOVA,
Vladimir CARAUȘ,

Universitatea de Stat din Moldova

Studiul analizează influența structurii calorice a rațiilor alimentare asupra activității enzimelor proteolitice în diferite segmente ale tractului gastrointestinal la șobolanii hiperstresoreactivi, analogi tipului astenic de constituție. Animalele au fost repartizate în patru grupe, alimentate cu rații diferențiate prin proporția de proteine, lipide și glucide. Activitatea proteazelor a fost determinată în chimusul gastric, pancreas și mucoasa intestinului subțire. Rezultatele au evidențiat o activitate proteolitică gastrică relativ scăzută, asociată cu funcția redusă de formare a acidului la tipul astenic. Creșterea proporției de proteine în rație (12–14%) a fost însoțită de tendințe de intensificare a activității proteolitice în toate structurile analizate, însă majoritatea diferențelor nu au atins semnificație statistică. Activitatea enzimatică mai ridicată la nivel pancreatic și intestinal comparativ cu stomacul reflectă particularitățile funcționale ale metabolismului astenic. Datele obținute susțin necesitatea adaptării rațiilor alimentare la specificul constituțional pentru menținerea unui metabolism echilibrat și prevenirea suprastimulării proceselor metabolice.

Cuvinte-cheie: tip astenic, hiperstresoreactivitate, rații alimentare, proteaze, activitate enzimatică, tract digestiv, proteine, metabolism.

THE INFLUENCE OF DIETARY RATIONS, IN RELATION TO THE ASTHENIC BODY TYPE, ON THE ACTIVITY OF PROTEOLYTIC ENZYMES IN DIFFERENT STRUCTURES OF THE GASTROINTESTINAL TRACT IN HYPERSTRESS-REACTIVE RATS

The study examines the influence of dietary caloric structure on the activity of proteolytic enzymes in different segments of the gastrointestinal tract in hyperstress-reactive rats, considered analogues of the asthenic body type. The animals were divided into four groups and fed diets differing in the proportions of proteins, lipids, and carbohydrates. Protease activity was assessed in gastric chyme, pancreas, and small intestinal mucosa. The results showed relatively low gastric proteolytic activity, associated with reduced gastric acid secretion typical of the asthenic type. An increase in dietary protein content (12–14%) was accompanied by a tendency toward enhanced proteolytic activity in all analyzed structures; however, most differences did not reach statistical significance. Higher enzymatic activity in the pancreas and intestinal mucosa compared with the stomach reflects functional characteristics of asthenic metabolism. The findings support the need to adapt dietary rations to constitutional characteristics in order to maintain metabolic balance and prevent excessive stimulation of metabolic processes.

Keywords: asthenic body type, hyperstress reactivity, dietary rations, proteases, enzymatic activity, gastrointestinal tract, proteins, metabolism.

Enzimele sunt compuși organici complecși care catalizează descompunerea substanțelor nutritive complexe în produse mai simple, ușor absorbabile, participând astfel la numeroase procese biochimice și metabolice. Ele reprezintă componente esențiale ale metabolismului, iar activitatea lor depinde în mare măsură de particularitățile metabolice ale organismului, precum și de aportul și raportul nutrienților din rație.

Particularitățile activității metabolice și enzimatică sunt strâns corelate cu tipul constituțional al organismului. Studiile antropometrice și clinico-metabolice demonstrează că tipul astenic se caracterizează printr-un metabolism bazal crescut, o predominanță a proceselor catabolice și o capacitate redusă de adaptare la aporturi proteice ridicate, comparativ cu alte tipuri constituționale [2-4].

Activitatea proteolitică a enzimelor din chimus este determinată în mare măsură de funcția de formare a acidului în stomac, deoarece acidul clorhidric activează enzimele secretate. După cum se observă din datele prezentate în figura 1, activitatea proteolitică minimă a proteazelor din chimusul gastric a fost evidențiată la animalele hiperstresoreactive, care reprezintă analogul tipului astenic de constituție; aceasta a constituit $3,59 \pm 0,68 \mu\text{mol/g} \cdot \text{min}$ și a fost cea mai scăzută dintre toate tipurile studiate.

Cercetările anterioare au permis identificarea predominanței componentei reflexe, cu preponderența sistemului nervos simpatic în complexul neuro-humoral al mecanismelor de formare a acidului la indivizii cu tip astenic de constituție, ceea ce a oferit temei pentru a defini acest tip ca tip neuromediator de secreție [7].

Dintre factorii care influențează secreția gastrică la tipul astenic, un rol semnificativ îl are activarea sistemului simpato-adrenal, ceea ce poate conduce la inhibarea secreției acidului clorhidric. Procesul de formare a acidului în corpul stomacului la indivizii cu tip astenic se situează în intervalul pH $3,59 \pm 0,52 - 2,77 \pm 0,12$, ceea ce, conform clasificării acceptate, corespunde hipoacidității gastrice [7].

Predominanța componentei simpatice a sistemului nervos vegetativ în mecanismul general de reglare a activității tractului digestiv asigură o activitate ridicată a amilazei la persoanele cu tip astenic de constituție, în comparație cu alte tipuri constituționale. Acest fapt reprezintă încă o dovadă că organismul lor este mai bine adaptat pentru digestia glucidelor, care ar trebui să predomină în rația persoanelor de tip astenic. În plus, prevalența glucidelor complexe în rația astenicilor constituie o sursă importantă de fibre alimentare, care stimulează funcțiile motorie și evacuatorie ale tractului digestiv.

Pe de altă parte, reprezentanții tipului astenic dispun de un mecanism eficient care blochează stimularea excesivă a proceselor metabolice, deja în mod natural ridicate la astenici. Acest lucru se manifestă printr-o digestie foarte slabă a proteinelor, care au cea mai mare capacitate de a stimula metabolismul: funcție redusă de formare a acidului, concentrație și activitate scăzută a fosfatazei alcaline și a unui șir de enzime proteolitice, care nu asigură condițiile optime pentru digestia unui volum mare de proteine.

Conform datelor din literatura de specialitate, adaptarea rațiilor alimentare la tipul constituțional reprezintă un factor esențial pentru menținerea echilibrului metabolic. Autorii subliniază că, în cazul tipului astenic, un aport proteic excesiv poate amplifica procesele metabolice deja accelerate, favorizând apariția dezechilibrelor funcționale, în timp ce un raport optim între proteine, lipide și glucide contribuie la menținerea metabolismului în limite sanogene [1, 3-5].

Activitatea proteolitică mai scăzută a proteazelor din chimusul animalelor hiperstresoreactive nu trebuie considerată o stare negativă în comparație cu alte tipuri de stresoreactivitate. Ea trebuie evaluată în concordanță cu particularitățile metabolismului intens caracteristic tipului astenic de constituție. Funcția redusă de formare a acidului în stomac și, în consecință, activitatea proteolitică diminuată a proteazelor din chimus reprezintă componente ale mecanismului de optimizare a metabolismului acestora.

Persoanele cu tip astenic se caracterizează printr-un nivel ridicat al proceselor metabolice; sunt foarte active, acumulează greu greutate și o pierd cu ușurință. Activitatea proteolitică redusă a proteazelor din tractul digestiv al astenicilor favorizează digestia adecvată a rațiilor cu o concentrație scăzută de proteine, ceea ce permite menținerea metabolismului în limite sanogene și elimină riscul stimulării sale excesive.

Pentru un metabolism stabil și sănătos, reprezentanții tipului astenic ar trebui să utilizeze rații alimentare cu un nivel redus de proteine, a căror structură calorică să fie orientată exclusiv spre menținerea unui nivel metabolic ridicat, cu o ușoară tendință de diminuare, dar în niciun caz spre stimularea suplimentară a metabolismului.

Implementarea principiilor fundamentale ale sistemului de alimentație în conformitate cu tipul astenic de constituție va permite satisfacerea mai completă a necesităților biologice ale organismului în energie și nutrienți, prevenirea disfuncțiilor organelor digestive și ale metabolismului, ceea ce va avea un impact pozitiv asupra proceselor de menținere și consolidare a sănătății.

De asemenea, este important să se ia în considerare caracterul funcțional al tractului digestiv al animalelor hiperstresoreactive de tip astenic, care se distinge printr-o activitate redusă a enzimelor proteolitice și nu este adaptat pentru procesarea concentrațiilor mari de proteine din rație.

Materiale și metode de cercetare

În studiile comparative, inclusiv în cercetările privind structura calorică a rațiilor alimentare, apare problema grupului de control. Grupul de control trebuie să servească drept un fel de etalon sau marker pentru compararea tuturor modificărilor ulterioare ale rațiilor. În cercetările noastre, a apărut problema selectării grupului de control, deoarece în sursele de informare nu există date despre studii efectuate ținând cont de particularitățile metabolice și individual-tipologice ale oamenilor.

La determinarea indicatorilor grupului de control în cercetările noastre, ne-am bazat pe particularitățile metabolismului, pe caracteristicile funcționale ale tractului digestiv al individului și pe normele de proteine justificate fiziologic, ca principal nutrient din structura rației. Conform algoritmilor de optimizare a metabolismului, valoarea calorică totală a rației, precum și structura acesteia, trebuie să susțină doar metabolismul natural al individului, fără elemente de stimulare a acestuia.

În special, pentru persoanele cu tip astenic, caracterizate printr-un nivel ridicat de simpatotonie și stresoreactivitate, un conținut crescut de proteine în structura calorică a rațiilor nu reprezintă o prioritate. Nivelurile sporite de proteine din alimentație pot determina stimularea suplimentară a metabolismului lor natural, deja intens, ceea ce poate conduce la apariția unor disfuncții de natură metabolică. Pe de altă parte, particularitățile funcționale ale tractului digestiv la astenici nu permit digestia eficientă a unor cantități mari de proteine, din cauza funcției reduse de formare a acidului gastric. Tractul lor digestiv este mai bine adaptat pentru digestia nutrienților sub formă de glucide și, într-o măsură moderată, de lipide [7].

Conform studiilor realizate de Institutul de Nutriție al Academiei Ruse de Științe, s-a stabilit că, pentru persoana medie, în perioada unei stări morfofuncționale stabile a organismului, conținutul minim de proteine în structura rațiilor alimentare trebuie să fie de aproximativ 8%. Acest nivel asigură un bilanț azotat pozitiv în organism și servește drept un marker al nivelului minim normativ de proteine în alimentație [8, 12, 13]. Pornind de la cele expuse mai sus, acest indicator a fost luat în considerare la elaborarea structurii calorice a rației pentru grupul de control, fiind utilizat ca punct de referință.

Pentru realizarea experimentelor au fost selectate patru grupuri de animale-model, reprezentate de șobolani albi Wistar, conform principiului analogilor (greutate, sex, vârstă, linie de origine și stresoreactivitate), fiecare grup fiind format din câte cinci exemplare masculi cu vârste între 4 și 5 luni. A fost utilizată o metodă standardizată de selecție a animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate, prin metoda „labirintului plus ridicat” (*Elevated Plus Maze*) [6], cu aplicarea unor modificări.

Studiile au fost efectuate pe animale hiperstresoreactive, reprezentând analogul tipului astenic de constituție. Animalele au fost selectate conform principiului analogilor și menținute în aceleași condiții, având un regim alimentar similar. Diferența a constat în faptul că fiecare grupă a primit o rație alimentară distinctă, diferențiată prin structura calorică. Compoziția calorică a rațiilor este prezentată în Tabelul 1.

Tabelul 1. Structura calorică a rațiilor alimentare pentru tipul astenic de constituție conform grupelor experimentale pentru animalele cu hiperstresoreactivitate (%)

	I grupă	II grupă	III grupă	IV grupă
Proteine	8	11	12	14
Lipide	35	29	27	25
Glucide	57	60	61	61

Structura calorică a rațiilor prezentată în Tabelul 1 a fost calculată ținând cont de particularitățile metabolice și funcționale ale tractului digestiv la indivizii cu tip astenic de constituție, pentru perioada de funcționare morfofuncțională stabilă. Aceste particularități au fost abordate prin menținerea unui conținut minim de proteine de origine animală, a unui nivel moderat de grăsimi și a unei concentrații crescute de glucide în structura calorică a rațiilor.

Activitatea proteazelor a fost evaluată prin metoda Anson, adaptată de E. D. Kaverznev [10]. Analiza statistică a rezultatelor a fost realizată conform principiilor statisticii variabile și teoriei probabilităților [9, 11].

Toți indicatorii biologici studiați au prezentat distribuție conform legii normale. În procesul analizei statistice, s-a acordat o atenție specială stabilirii validității diferențelor dintre valorile comparative. S-a utilizat testul Student pentru gradul de dispersie și nivelul selectat de probabilitate P , prin care se determină valoarea t corespunzătoare și se compară cu cea calculată. Concluziile principale ale lucrării se bazează pe diferențele statistice semnificative între loturile martor și experimental. Rezultatele sunt exprimate ca medie $\pm$ eroare standard. Pragurile de semnificație utilizate au fost: $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$.

Experimentele pe animale au fost efectuate în conformitate cu Directiva 86/609/CEE din 24 noiembrie 1986 privind protecția animalelor utilizate în scopuri științifice și au fost aprobate de Comisia metodică a Institutului de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

Rezultatele cercetărilor și discuții

Studiul efectelor diferitelor rații, în funcție de conținutul caloric, asupra activității totale a proteazelor (pepsina A, pepsina B și chimozina) din chimusul stomacal al șobolanilor hiperstresoreactivi a condus la obținerea următoarelor rezultate (fig. 1).

Activitatea proteazelor în chimusul stomacal al șobolanilor din primul grup de control, care a fost alimentat cu o rație formată din 8% proteine, 35% lipide și 57% carbohidrați, a fost de $3,17 \pm 0,41 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$. În cazul celui de-al doilea grup experimental, care a consumat o rație cu 11% proteine, 29% lipide și 60% carbohidrați, activitatea proteolitică a crescut cu 5,3%, atingând valoarea de $3,34 \pm 0,32 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$.

În cel de-al treilea grup experimental, activitatea proteolitică a chimusului stomacal a fost de $3,59 \pm 0,68 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$, ceea ce reprezintă o creștere de 13,24% față de grupul de control. Activitatea optimă a proteazelor a fost observată la animalele din cel de-al patrulea grup experimental, care au primit o rație compusă din 14% proteine, 25% lipide și 61% carbohidrați, înregistrând o valoare de $5,71 \pm 0,94 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$, depășind cu 17,03% grupul de control.

Totuși, diferențele identificate au fost influențate de variabilitate și nu au atins semnificație statistică.

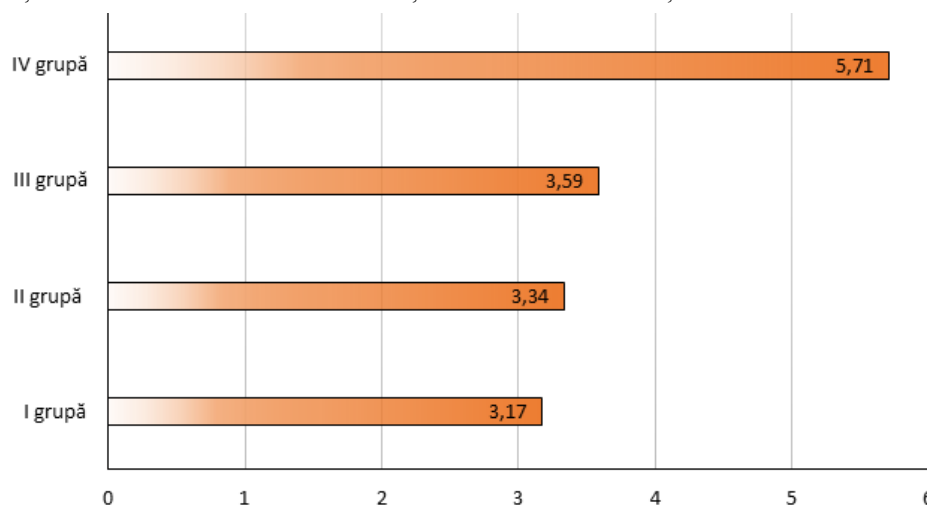


Figura 1. Activitatea proteazelor în chimusul gastric al șobolanilor hiperstresoreactivi, alimentați cu rații adaptate structurii calorice pentru tipul astenic de constituție, $\mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$

Datele obținute sugerează că structura aportului caloric la indivizii cu tip astenic de constituție a avut un impact modest asupra activității proteazelor gastrice la șobolanii hiperstresoreactivi. Această activitate este influențată nu doar de compoziția calorică a rațiilor, ci și de particularitățile metabolice asociate cu stresoreactivitatea. Conform cercetărilor realizate la Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, tipul astenic, caracterizat printr-o stresoreactivitate crescută, prezintă o capacitate redusă de secreție a acidului gastric. Concentrația și consistența rezultatelor obținute indică o abordare metodologică riguroasă în evaluarea stresoreactivității și în selecția grupurilor studiate (fig. 1).

Un alt indicator semnificativ pentru evaluarea biologică a rațiilor îl reprezintă analiza impactului acestora asupra activității proteolitice a pancreasului (fig. 2).

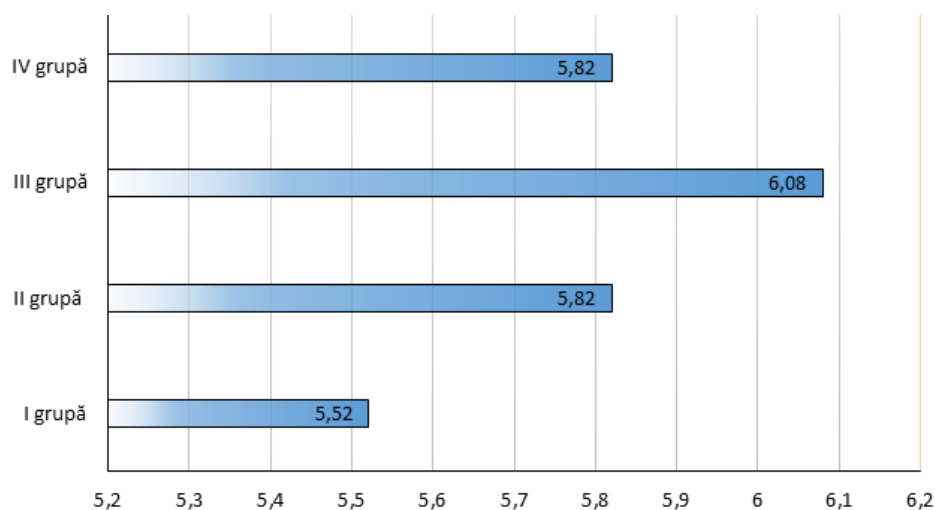


Figura 2. Activitatea proteazelor în pancreasul șobolanilor hiperstresoreactivi, alimentați cu rații adaptate structurii calorice pentru tipul astenic de constituție, μmol/g•min

Conform datelor obținute, activitatea enzimelor proteolitice pancreatice, care include activitatea totală a tripsinogenului, chimotripsinogenului, elastazei și carboxipeptidazelor A și B, nu a prezentat diferențe semnificative între grupele experimentale: grupa I (control) – $5,52 \pm 0,20$ μmol/g•min, grupa II – $5,82 \pm 0,58$ μmol/g•min, grupa III – $6,08 \pm 0,44$ μmol/g•min și grupa IV – $5,82 \pm 0,71$ μmol/g•min.

S-a observat o tendință de creștere a activității proteazelor la animalele din grupa a III-a experimentală (fig. 2). Este important de subliniat că activitatea proteolitică a fost mai ridicată în toate grupele experimentale comparativ cu grupul de control. Această variație poate fi explicată prin concentrația mai mare de proteine din rațiile administrate grupurilor experimentale.

Structurile calorice ale rațiilor evaluate au avut, de asemenea, un impact asupra activității proteolitice a proteazelor din mucoasa intestinului subțire (fig. 3). Conform studiilor realizate, activitatea enzimelor proteolitice din mucoasa intestinului subțire – care include activitatea totală a tripsinei, chimotripsinei, elastazei, carboxipeptidazelor A și B, precum și a enzimelor intestinale (enteropeptidazele, aminopeptidazele M și A, endopeptidazele și dipeptidazele absorbite din pancreas) – nu a prezentat diferențe semnificative între grupele experimentale de animale hiperstresoreactive de tip astenic, deși valorile au fost mai mari în grupele experimentale comparativ cu grupul de control.

Astfel, activitatea enzimatică a fost de $3,21 \pm 0,44$ μmol/g•min în grupul de control, $3,92 \pm 0,84$ μmol/g•min în grupul II, iar în grupul III s-a înregistrat o activitate de $4,22 \pm 0,60$ μmol/g•min (fig. 3).

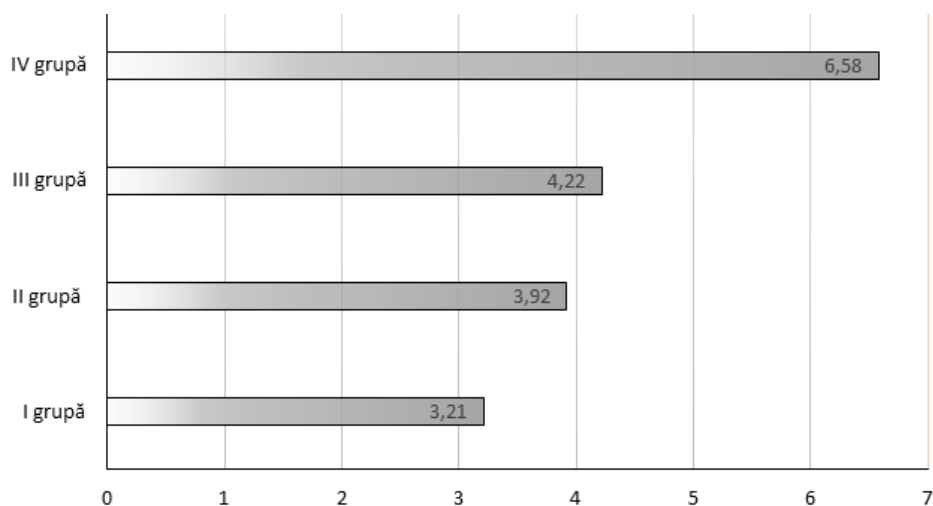


Figura 3. Activitatea proteazelor în mucoasa intestinului subțire la șobolanii hiperstresoreactivi, alimentați cu rații adaptate structurii calorice pentru tipul astenic de constituție, μmol/g•min

În același timp, cea mai ridicată activitate a proteazelor a fost observată în grupa a IV-a ($6,58 \pm 0,76 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$), animalele din această grupă fiind alimentate cu o rație cu un conținut maxim de proteine și minim de lipide (proteine 14%, lipide 25%, carbohidrați 61%). Acest lucru evidențiază importanța substratului digestiv în modularea activității enzimelor intestinului subțire implicate în procesul de digestie.

Concluzie

Rezultatele cercetărilor indică faptul că structura calorică a rațiilor alimentare, diferențiată prin proporția nutrienților energetici, determină modificări ale activității proteolitice în diferite segmente ale tractului digestiv la șobolanii hiperstresoreactivi de tip astenic. Majorarea conținutului de proteine în rație de la 8% în grupul de control la 12–14% (grupele experimentale III și IV) este asociată cu o tendință de creștere a activității enzimelor proteolitice în chimusul gastric, pancreas și mucoasa intestinului subțire, fără ca aceste modificări să atingă, în majoritatea cazurilor, semnificație statistică. Activitatea proteolitică mai redusă la nivel gastric ($3,59 \pm 0,68$ și $5,71 \pm 0,94 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$), comparativ cu cea pancreatică ($6,08 \pm 0,44$ și $5,82 \pm 0,71 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$) și intestinală ($4,22 \pm 0,60$ și $6,58 \pm 0,76 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$), poate fi explicată prin funcția acidă diminuată a stomacului, caracteristică tipului astenic de constituție. Particularitățile funcționale ale tractului digestiv la acest tip constituțional sugerează o adaptare metabolică orientată spre prevenirea stimulării excesive a metabolismului.

Rezultatele obținute sunt în concordanță cu datele din literatura antropologică și nutrițională, care evidențiază necesitatea corelării structurii calorice a rațiilor cu tipul constituțional pentru prevenirea suprastimulării metabolice și menținerea sănătății funcționale a organismului [1, 3, 4].

Bibliografie:

1. CARTER J. E. L., HEATH, B. H. *Somatotyping - development and applications*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1990. 503 p. ISBN 0521351170.
2. GALIĆ, B. S., PAVLICA, T., UDICKI, M. et al. Somatotype characteristics of normal-weight and obese women among different metabolic subtypes. In: *Arch Endocrinol Metab*. 2016, 60(1), pp. 60-65. <https://doi.org/10.1590/2359-3997000000159>
3. KOLEVA, M., NACHEVA, A., BOEV, M. Somatotype and disease prevalence in adults. In: *Rev Environ Health*. 2002, 17(1), pp. 65-84. <https://dx.doi.org/10.1515/reveh.2002.17.1.65>
4. KOLEVA, M., NACHEVA, A., BOEV, M. Somatotype, nutrition, and obesity. In: *Rev Environ Health*. 2000, 15(4), pp. 389-398. <https://dx.doi.org/10.1515/REVEH.2000.15.4.389>
5. KUKES, V. G., NIKOLENKO, V. N., PAVLOV, C. S. et al. The correlation of somatotype of person with the development and course of various diseases: results of Russian research. In: *Russian Open Medical Journal*. 2018, Vol. (3). pp. 1-5. <https://doi.org/10.15275/rusomj.2018.0301>
6. PELLOW, S., CHOPIN, P., FILE, S. E., BRILEY, M. Validation of open: closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. In: *J. Neurosci. Methods*. 1985. Vol. 14, p. 149-167.
7. STRUTINSCHI, T., TIMOȘCO, M., ȘEPTIȚCHI, V. et al. *Sistemul de alimentație diferențiată în raport cu tipul constituției (Recomandări)*. Chișinău: Tip. Bons Offices, 2019. 68 p. ISBN 978-9975-87-522-6.
8. ГАТАРОВ, М. М. Физиологический подход к определению и классификации потребностей населения СССР в энергии. В: *Вопросы питания*. 1989, № 6, с. 4-8.
9. ИВАНТЕР, Э. В., КОРОСОВ, А. В. *Элементарная биометрия. Учеб. пособ.* Петрозаводск: ПетрГУ, 2010. 104 с.
10. КАВЕРЗНЕВА, Е. Д. Стандартный метод определения протеолитической активности для комплексных препаратов протеаз. В: *Прикладная биохимия и микробиология*. 1971. №7, С. 225-228.
11. ЛАКИН, Г. Ф. *Биометрия*. Москва: Высшая школа, 1990. 125 с.
12. ПЕТРОВСКИЙ, К. С. *Рациональное питание*. М.: Медицина, 1976. 447 с.
13. ПОКРОВСКИЙ, А. А., САМСОНОВ, М. А. *Справочник по диетологии*. М.: Медицина, 1981. 421 с.

Date despre autori:

Anastasia BABILEVA, doctorand, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1126-172X

E-mail: anastasia.babileva@gmail.com

Ion MEREUȚĂ, doctor habilitat în științe medicale, profesor universitar, membru corespondent, director, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9711-5351

E-mail: ion.mereuta@usmf.md

Tudor STRUTINSCHI, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, șef laborator, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1034-5534

E-mail: nutritiv@yandex.ru

Lilia POLEACOVA, doctor în științe biologice, secretar științific, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8212-096X

E-mail: poleacovalilia85@gmail.com

Vladimir CARAUȘ, doctor în științe biologice, cercetător științific superior, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-7214-9881

E-mail: caraus_vadim@mail.ru

Prezentat: 23.01.2026

Recenzat: 18.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 591.69:636.597(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_08](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_08)

IMPACTUL INFESTAȚIILOR CU ECTOPARAZIȚI ASUPRA UNOR INDICI HEMATOLOGICI LA RAȚE (*ANAS PLATYRHYNCHOS DOMESTICUS*) DIN REPUBLICA MOLDOVA

Maria ZAMORNEA,
Dumitru ERHAN,
Ștefan RUSU,
Oleg CHIHAI,

Universitatea de Stat din Moldova

Cercetările parazitologice s-au realizat în zona de Centru–Sud a Republicii Moldova în scopul stabilirii extensivității și intensivității infestației cu ectoparaziți la palmipele domestice (rațe). Au fost investigate parazitologic 105 rațe (*Anas platyrhynchos domesticus*) în vârstă de 1-2 ani, la care s-a stabilit infestarea cu 6 specii de malofagi (*Trinoton querquedulae*, *Anatoecus icterodes*, *Anatoecus dentatus*, *Anaticola crassicornis*, *Anaticola anserinum*, *Menopon obscurum*) și o specie de acarieni gamazizi (*Dermanyssus gallinae*).

La rațele infestate cu ectoparaziți s-a stabilit reducerea numărului de eritrocite cu 34,0%, a cantității de hemoglobină - cu 27,3% și a trombocitelor - cu 17,7%, comparativ cu valorile de referință, iar numărul leucocitelor era mai sporit cu 10,4%, nivelul de limfocite, diminuat cu 36,2%. S-a stabilit o superioritate a monocitelor, atingând cota de 32,6%. Indicii VSH (viteza de sedimentare a hematiilor) a fost sporit cu 35,9%, iar numărul de eozinofile majorat cu 31,1 %, comparativ cu valorile de referință.

Cuvinte-cheie: rațe, ectoparaziți, infestații, malofagi, acarieni, indici hematologici, extensivitate.

THE IMPACT OF ECTOPARASIS INFESTATIONS ON SOME HEMATOLOGICAL INDICES IN DUCKS (*ANAS PLATYRHYNCHOS DOMESTICUS*) FROM THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Parasitological research was conducted in the Central-Southern area of the Republic of Moldova in order to establish the extent and intensity of ectoparasite infestation in domestic palmipeds (ducks). 105 ducks (*Anas platyrhynchos domesticus*) aged 1-2 years were investigated parasitologically, in which infestation with 6 species of malophagous mites (*Trinoton querquedulae*, *Anatoecus icterodes*, *Anatoecus dentatus*, *Anaticola crassicornis*, *Anaticola anserinum*, *Menopon obscurum*) and one species of gamasid mites (*Dermanyssus gallinae*) was established.

In ducks infested with ectoparasites, a reduction in the number of erythrocytes by 34.0%, in the amount of hemoglobin - by 27.3% and in platelets - by 17.7%, compared to reference values, and the number of leukocytes were increased by 10.4%, the level of lymphocytes, decreased by 36.2%. A superiority of monocytes were established, reaching the level of 32.6%. ESR (erythrocyte sedimentation rate) indices were increased by 35.9%, and the number of eosinophils increased by 31.1%, compared to reference values.

Keywords: ducks, ectoparasites, infestations, malophagous, mites, hematological indices, extensiveness.

Introducere

Datele numeroase, privind infestarea păsărilor domestice, demonstrează că ele sunt, de obicei, parazitare concomitent cu diferite specii de paraziți. Ecto- și endoparaziții păsărilor sunt răspândiți în toate unitățile avicole, indiferent de tehnologia de întreținere, intensiv, semi intensiv sau tradițional [9].

Unii autori menționează, că ectoparaziții colectați de la palmipele domestice sau captive pot furniza informații importante referitor la apariția, prevalența și interacțiunile gazdă-ectoparazit de la populațiile sălbatice [1, 2].

S-a stabilit că infestațiile cu specia de acarieni gamazizi *Dermanyssus gallinae*, care este un hematofag, noaptea, când păsările se odihnesc, afectează găinile, curcanii, palmipele și păsările sălbatice. Ca rezul-

tat, aceste infestații duc la stres, canibalism, reducerea producției și a calității ouălor și, uneori, mortalitatea din cauza anemiei. Au fost estimate pierderi economice de peste 230 milioane de euro pe an în Europa, din cauza impactului asupra bunăstării și sănătății animalelor [7].

Totodată, specia *Dermanyssus gallinae* poate fi purtătoare de o serie de agenți patogeni zoonotici atât virali (de exemplu, virusuri gripale de tip A), cât și bacterieni (*Salmonella enteritidis*, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Chlamydia psittaci*, *Escherichia coli*, *Pasteurella multocida*, *Coxiella burnetii* și *Listeria monocytogenes*) [6].

Conform datelor din literatura de specialitate, păsările sunt infestate concomitent cu numeroase specii de zooparaziți. Practic, la vârstă de peste câteva săptămâni, sunt permanent poliparazitate. Bolile parazitare, prin particularitățile nișei ecologice a agenților cauzali, prin particularitățile evolutive a entităților determinate, îndeosebi prevalența ridicată, pierderile economice însemnate produse și caracterul zoonotic al multora dintre ele, impun „o luptă antiparazitară” continuă. Această luptă se realizează prin controlul parazitologic și prin eradicarea parazitozelor [5].

Astfel, s-a stabilit că acțiunea patogenă a paraziților asupra organismului-gazdă poliparazitat constituie un factor stresogen permanent, ce afectează existența acestuia, inclusiv sub raportul restructurărilor imunologice și al tuturor modificărilor morfo- și fiziopatologice [12].

Modificările care se produc în organismul poliparazitat diferă de cele întâlnite în cazul monoparazitismului. În toate cazurile, la nivelul fiecărui sistem parazit-gazdă, acțiunea patogenă a paraziților este complexă: mecanică, toxică, chimică, alergică, reflectorie, spoliatoare, inoculatoare și imunomodulatoare [3].

Adaptarea gazdei la infestarea parazitărilor duce la perfecționarea mecanismelor de protecție ale gazdei. Contactul repetat cu paraziți stimulează sistemul imunitar al gazdei. Adaptarea parazitului însă este orientată spre dereglarea acestor mecanisme. În această „competiție” evoluționistă mai „plastic” devine parazitul, care este capabil de a se opune sistemului imun al gazdei. Toleranța gazdei față de parazit este o realizare pur exterioară. Între partenerii sistemului parazit-gazdă derulează relații foarte complicate și sofisticate, la baza acestor interacțiuni, în sistemul parazit-gazdă, se află mecanismele biochimice [8].

Așadar, studierea modificărilor hematologice și biochimice provocate de paraziți este de o importanță majoră pentru perfecționarea programelor și schemelor de combatere și profilaxie a invaziilor parazitare.

Metode și materiale aplicate

Pe parcursul anului 2025 s-au efectuat deplasări în teren în zona de Centru – Sud a Republicii Moldova (raioanele Telenești, Sângerei, Orhei, Ștefan-Vodă) în scopul stabilirii extensivității și intensivității infestației cu ectoparaziți la palmipede domestice (rațe). Au fost investigate parazitologic 105 de specimeni (rațe) în vârstă de 1-2 ani. Malofagii și acarienii au fost colectați de pe păsările vii, conform unui procedeu nou de colectare a ectoparaziților propus de Luncașu Mihail și Zamornea Maria (Brevet de invenție 3441 G2, BOPI nr. 12,2007) [4], precum și a metodei clasice de pe păsările moarte după Dubinina M. (Дубинина М., 1955) [10].

Materialul recolectat a fost examinat ulterior cu ajutorul lupei МБС-9 (ob.14x2) și a microscopului Novex Holland B ob. 20-40 WF 10x Din/20mm în Laboratorul de Parazitologie și Helmintologie al Institutului de Zoologie, Universitatea de Stat a Moldovei.

Pentru stabilirea impactului ectoparaziților asupra unor indici hematologici (numărul de eritrocite, leucocite, trombocite, eozinofile, limfocite, monocite, cantitatea de hemoglobina și viteza de sedimentare a hematiilor) au fost recoltate 10 probe de sânge de la rațe. Probele de sânge au fost colectate dimineața, înainte de administrarea apei și hrănilor, pe anticoagulant EDTA. Parametrii indicilor clinici, ai statusului morfofuncțional au fost determinate conform metodelor clasice de specialitate (Кондрахин, И. П., Курилов, Н. В., Малахов, А. Г. и др., 1985) [11].

Examenul hematologic s-a realizat utilizând aparatul automat model PCE-210 (ERMA INC) și dispozitivul automat de numărare a formulei leucocitare „S.Plius – 4”.

Conținut

În rezultatul cercetărilor parazitologice efectuate la rațe (*Anas platyrhynchos domesticus*) s-a determinat că ele sunt infestate cu diverși agenți ectoparazitari periculoși.

S-a stabilit infestarea lor cu 7 specii de ectoparaziți: malofagi- 6 specii (*Trinoton querquedulae* (Linnaeus, 1758), *Anatoecus icterodes* (Nitzsch, 1818), *Anatoecus dentatus* (Scopoli, 1773), *Anaticola crassicornis* (Scopoli, 1763), *Anaticola anserinum* (Linnaeus, 1758), *Menopon obscurum* (Piaget, 1880)) și o specie de acarieni gamazizi (*Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778)) (Tabelul 1).

Tabelul 1. Prevalența infestării cu ectoparaziți la rațe din Republica Moldova

Nr.	Specii de ectoparaziți	EL, %	II, ex.
MALOFAGI			
1.	<i>Anatoecus icterodes</i> (Nitzsch, 1818)	4,0	2-6
2.	<i>Anatoecus dentatus</i> (Scopoli, 1763)	14,0	19-21
3.	<i>Anaticola crassicornis</i> (Scopoli, 1763)	17,0	12-426
4.	<i>Anaticola anserinum</i> (Fabricius, 1805)	6,0	2-5
5.	<i>Trinoton querquedulae</i> (Linnaeus, 1758)	2,0	1-3
6.	<i>Menopon obscurum</i> (Piaget, 1880)	3,0	2-8
ACARIENI GAMAZIZI			
1.	<i>Dermanyssus gallinae</i> (De Geer, 1778)	13,0	15-18

Din speciile stabilite cel mai înalt nivel de infestare cu malofagi a fost înregistrat cu speciile: *Anaticola crassicornis* (17,0%), *Anatoecus dentatus* (14,0%), urmat de 1 specie de acarieni gamazizi *Dermanyssus gallinae*, care a constituit 13,0 %. Cel mai scăzut nivel de infestare a fost cu speciile de malofagi: *Menopon obscurum* – cu 3,0% și *Trinoton querquedulae* – cu 2,0% (fig 1.).

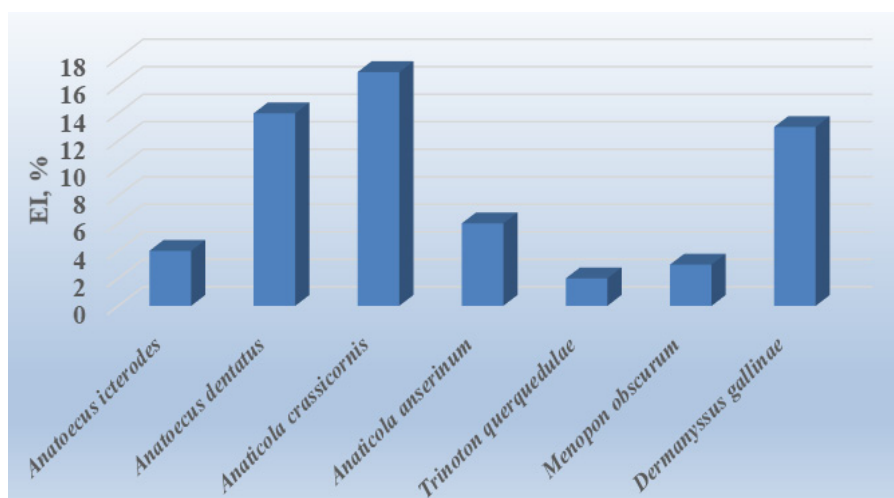


Figura 1. Extensivitatea infestării cu ectoparaziți la rațe din Republica Moldova

S-a stabilit că pentru specia *Dermanyssus gallinae* ca gazde servesc mai multe specii de păsări și mamifere sălbatice (temporar), inclusiv și omul (accidental). Totodată, specia *Dermanyssus gallinae* poate fi purtătoare de o serie de agenți patogeni zoonotici atât virali (de exemplu, virusuri gripale de tip A), cât și bacterieni (*Salmonella enteritidis*, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Chlamydia psittaci*, *Escherichia coli*, *Pasteurella multocida*, *Coxiella burnetii* și *Listeria monocytogenes*).

Așadar, rezultatele cercetărilor parazitologice complexe obținute relevă că palmipelele domestice (rațe) au un nivel sporit de infestare cu diverși agenți ectoparazitari. Întrucât combaterea agenților parazitari este greu de realizat și foarte costisitoare, măsurile de profilaxie sunt eficiente și economice. Prin urmare, măsurile de biocontrol pot minimaliza răspândirea agenților parazitari.

Pentru studierea impactului mono- și poliinvaziilor la speciile de palmipele domestice din familia Anatidae (rațe), infestate cu ectoparaziți, asupra statusului morfofiziologic a unor indici hematologici (numărul de

eritrocite, leucocite, trombocite, a cantității de hemoglobină, viteza de sedimentare a hematiilor, limfocite, monocite și eozinofile) au fost recoltate 10 probe de sânge de la rațe, dimineața, înainte de a se administra hrana și apa.

Păsările au fost examinate clinic și parazitologic, pentru a se diagnostica eventualitatea prezenței unor boli, care ar putea modifica rezultatele hematologice.

Analiza rezultatelor obținute denotă, că indicii hematologici examinați relevă o stare de spoliere accentuată la palmipelele investigate (rațe), cauzată de mixtinvăzii.

La rațele (*Anas platyrhynchos domesticus*, Linnaeus, 1758) infestate cu ectoparaziți s-a stabilit reducerea numărului de eritrocite cu 34,0%, a cantității de hemoglobină - cu 27,3% și a trombocitelor - cu 17,7%, comparativ cu valorile de referință. Determinarea numărului de eritrocite la păsările poliparazitate servește la precizarea severității anemiei, în vederea inițierii unui tratament antianemic și antihemoragic. Scăderea numărului de trombocite, probabil, pe măsură ce crește intensivitatea infestării, explică existența hemoragiei la locul de hrănire al paraziților (Tabelul 2).

Tabelul 2. Indicii hematologici la rațe infestate cu *malofagi* și *acarieni*

Nr.	Indicii analizați	Rezultatul obținut	Valoarea de referință	Valori variabile a parametrilor hematologici
1.	Eritrocite, $10^{12}/l$	$2,1 \pm 0,08$	$3,5 \pm 0,45$	34,0
2.	Hemoglobina, d/l	$11,7 \pm 1,03$	$14,9 \pm 1,03$	27,3
3.	Trombocite 10^9	$43,2 \pm 0,31$	$50,8 \pm 0,64$	17,7
4.	Leucocite, $10^3/ul$	$13,5 \pm 1,08$	$12,1 \pm 1,04$	10,4
5.	VSH mm/oră	$3,9 \pm 0,67$	$2,5 \pm 0,09$	35,9
6.	Limfocite, %	$36,4 \pm 1,02$	$49,6 \pm 1,45$	36,2
7.	Monocite, %	$4,30 \pm 0,58$	$2,9 \pm 0,23$	32,6
8.	Eozinofile, %	$11,6 \pm 0,9$	$8,00 \pm 1,58$	31,1

Numărul leucocitelor, în urma acțiunii ectoparaziților, la rațele infestate cu malofagi și acarieni era mai mare cu 10,4% față de valorile de referință. Competența imunologică a organismului este determinată de numărul limfocitelor circulante în sângele periferic. În infestațiile cu ectoparaziți la rațe a fost stabilită o diminuare a nivelului de limfocite la păsările poliparazitate, constituind 36,2%.

S-a stabilit o superioritate a monocitelor, atingând cota de 32,6% față de valorile de referință. Acest fapt poate fi apreciat pozitiv, deoarece ele participă la formarea fagocitozei și pot servi ca un indice diagnostic. Indicele VSH (viteza de sedimentare a hematiilor) a fost sporit cu 35,9%, iar numărul de eozinofile majorat cu 31,1 %, comparativ cu valorile de referință (fig. 2).

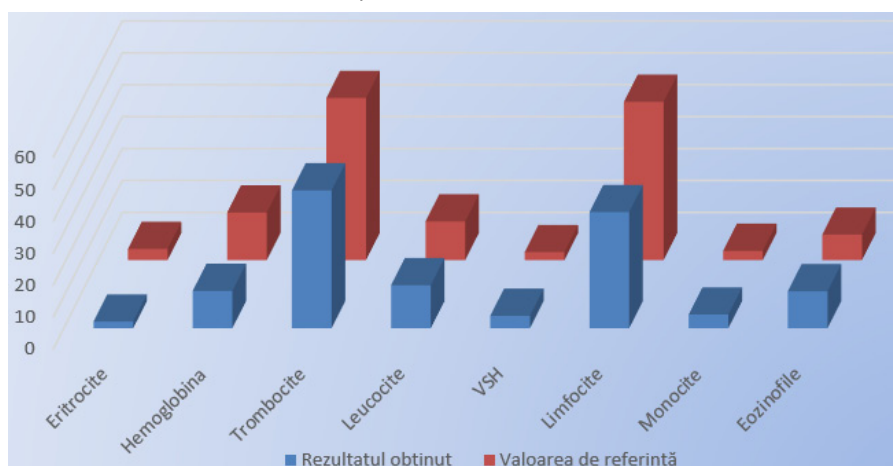


Figura 2. Valoarea indicilor hematologici la rațe infestate cu ectoparaziți

Prin urmare, păsările poliectoparazitate sunt expuse simultan la mai mulți antigeni parazitari. Această expunere continuă determină: stimulare antigenică persistentă, activarea răspunsului imun de tip Th2, eozinofilie susținută (menținerea procentului crescut de eozinofile). Infiltratul celular (eozinofile, macrofage, limfocite) de la sediul localizării parazitului: prelucrează materialul parazitar, eliberează mediatorii inflamatori, intensifică prezentarea antigenică. Ca urmare, crește: cantitatea antigenilor disponibili (nivel cantitativ), diversitatea și complexitatea antigenilor (nivel calitativ).

Așadar, menținerea procentului de eozinofile majorat cu 31,1%, comparativ cu valorile de referință, confirmă indirect o stimulare antigenică parazitară persistentă, cu sporirea nivelului calitativ și cantitativ al antigenilor de ordin parazitar, ca rezultat al prelucrării materialului parazitar de către infiltratul celular (eozinofile, macrofage, limfocite) la sediul localizării parazitului, modalitățile de contact cu țesuturile gazdei și de amplitudinile reacționale ale acestora. Prin urmare, datele obținute, dovedesc că depistarea eozinofiliei ca marker, contribuie, în mare măsură, la diagnosticarea parazitozelor la palmipede. S-a constatat, de asemenea, creșterea semnificativă cu 35,9% a indicelui VSH (viteza sedimentării hematiilor). Valorile marite ale VSH pot indica prezenta unei inflamații în organism provocată de acțiunea toxică a agenților parazitari.

Concluzii

1. La rațe (*Anas platyrhynchos domesticus*) s-a stabilit infestarea lor cu 7 specii de ectoparaziți: malofagi - 6 specii (*Trinoton querquedulae* (Linnaeus, 1758), *Anatoecus icterodes* (Nitzsch, 1818), *Anatoecus dentatus* (Scopoli, 1773), *Anaticola crassicornis* (Scopoli, 1763), *Anaticola anserinum* (Linnaeus, 1758), *Menopon obscurum* (Piaget, 1880) și o specie de acarieni gamazizi (*Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778)).

2. S-a înregistrat, că cel mai înalt nivel de infestare cu malofagi a fost cu speciile: *Anaticola crassicornis* (17,0%), *Anatoecus dentatus* (14,0%), urmat de 1 specie de acarieni gamazizi (*Dermanyssus gallinae*), care a constituit 13,0 %. Cel mai scăzut nivel de infestare a fost cu speciile de malofagi: *Menopon obscurum* – cu 3,0% și *Trinoton querquedulae* – cu 2,0%.

3. S-a stabilit, că pentru specia *Dermanyssus gallinae* ca gazde servesc mai multe specii de păsări și mamifere sălbatice (temporar), inclusiv și omul (accidental). Specia *Dermanyssus gallinae* poate fi purtătoare de o serie de agenți patogeni zoonotici atât virali (de exemplu, virusuri gripale de tip A), cât și bacterieni (*Salmonella enteritidis*, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Chlamydia psittaci*, *Escherichia coli*, *Pasteurella multocida*, *Coxiella burnetii* și *Listeria monocytogenes*).

4. La rațele (*Anas platyrhynchos domesticus*, Linnaeus, 1758) infestate cu ectoparaziți s-a stabilit reducerea numărului de eritrocite cu 34,0%, a cantității de hemoglobină - cu 27,3% și a trombocitelor - cu 17,7%, numărul leucocitelor era mai sporit cu 10,4%, iar nivelul de limfocite a diminuat cu 36,2%, comparativ cu valorile de referință. S-a stabilit o superioritate a monocitelor, atingând cota de 32,6%. Indicile VSH (viteza de sedimentare a hematiilor) a fost sporit cu 35,9%, iar numărul de eozinofile a fost majorat cu 31,1 %, comparativ cu valorile de referință.

Bibliografie:

- CASTRESANA, L., TOTARIO, A., MATEO, P. M. Study of the ectoparasitic mallophaga of Anatidae (*Insecta, Mallophaga*) in the Iberian Peninsula: identification, biometric characteristics and biological aspects. In: *Zoologica Baetica*. 1999. nr. 10, p. 63–86.
- CLAY, T, HOPKINS, GHE. Notes on the Rudow collection of Mallophaga at Hamburg. In: *Mitt Hamburg Zool Mus Inst*. 1955. nr. 53, p. 49–73.
- CURCĂ, D., CODREANU, IU., ANDRONIC, I. Mecanisme patogenetice în bolile parazitare. În: *Revista Română de Parazitologie*. 1996. vol. 6, nr. 1-2, p. 66-67.
- INSTITUTUL DE ZOOLOGIE AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI. *Procedeu de colectare a ectoparaziților de la păsări: brevet de invenție MD nr. 3441, G2, Inventatori: LUNCAȘU, Mihail, ZAMORNEA, Maria., M. Publ. 31.12. 2007, BOPI nr. 12/2007.*
- MITREA, I. Controlul parazitologic - concept biologic, medical și economic. În: *Scientia Parasitologica*. Cluj-Napoca, 2002. vol. 1, p. 79-89.

6. SCHIAVONE, A., PUGLIESE, N., OTRANTO, D., SAMARELLI, R., CIRCELLA, E., DE VIRGILIO, C., CAMARDA, A. *Dermanyssus gallinae*: the long journey of the poultry red mite to become a vector. In: Parasites Vectors. 2022. nr. 20, p. 15-29. doi: 10.1186/s13071-021-05142
7. SLEECKX, N., VAN GORP, S., KOOPMAN, R., KEMPEN, I., VAN HOYE, K., DE BAERE, K., ZOONS, J., DE HERDT, P. Production losses in laying hens during infestation with the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*. *Avian Pathol.* 2019. volume 48, nr. 1. p. 17-21.
8. STERIU, D. Eozinofilia și infestațiile parazitare. În: *Revista Română de Parazitologie*. 2000. vol. 10, nr 2. p. 4-5.
9. ZAMORNEA, Maria. *Diversitatea parazitozelor la păsările domestice și modificările morfofiziologice la Gallus gallus domesticus după tratamentul antiparazitar*. Autorefer. tezei de doctor în șt. biologice, Chișinău, 2009.
10. ДУБИНИНА, М. Н. *Паразитологическое исследование птиц*. М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1955. 132 с.
11. КОНДРАХИН, И. П., КУРИЛОВ, Н. В., МАЛАХОВ, А. Г. и др. *Клиническая лабораторная диагностика в ветеринарии*. Москва: Агропромиздат, 1985. 288 с.
12. ТАРАНЕНКО, И., КРИВУТЕНКО, А. Некоторые гематологические показатели крови индеек при экспериментальном гетерокирозе. В: *Пути повышения продуктивности с-х животных и птиц*: Сборник научных трудов. Одесса, 1971. т. 19, вып. 5. с. 197-198.

N. B.: *Investigațiile au fost realizate cu suportul proiectului instituțional - Program de Stat cu tema: „Diversitatea artropodelor hematofage, a zoo- și fitohelminților, vulnerabilitatea și strategiile de tolerare a factorilor climatici, elaborarea și implementarea procedeele inovative de control integral al speciilor de interes comunitar”, cu cifrul: 20.80009.7007.12 F și a Subprogramului cu cifrul 010701 „Evaluarea structurii și funcționării biocenozelor, habitatelor acvatice și terestre sub influența factorilor biotici și abiotici în contextul asigurării securității ecologice și bunăstării populației” din cadrul USM.*

Date despre autori:

Maria ZAMORNEA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, cercetător științific coordonator, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8987-3390.

E-mail: mariazamornea@gmail.com

Telefon: 078-119-249

Dumitru ERHAN, membru corespondent al AȘM, doctor habilitat în științe biologice, profesor cercetător, membru de onoare al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu-Șișești” din România, cercetător științific principal, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-9722-4382

E-mail: dumitruerhan@yahoo.com

Ștefan RUSU, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, șeful Laboratorului de Parazitologie și Helminnologie, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-3322-9173

E-mail: rusus1974@yahoo.com

Oleg CHIHAI, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5881-072

E-mail: olegchihai@yahoo.com

Prezentat: 21.01.2026

Recenzat: 18.04.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 577.152.34:612.3

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_09](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_09)

ANALIZA COMPARATIVĂ A ACTIVITĂȚII PROTEOLITICE A PROTEAZELOR ÎN STRUCTURILE TRACTULUI DIGESTIV LA ANIMALE-MODEL CU REACTIVITATE CONSTITUȚIONALĂ DIFERITĂ LA STRES

**Lilia POLEACOVA,
Tudor STRUTINSCHI,
Ion MEREUȚĂ,
Anastasia BABILEVA,
Vladimir CARAUȘ,**

Universitatea de Stat din Moldova

Studiul analizează activitatea proteolitică a proteazelor în chimul gastric, pancreas și mucoasa intestinului subțire la animale-model cu diferite tipuri de reactivitate constituțională la stres, considerate analogi ai tipurilor astenic, normostenic și hiperstenic. Cercetările au fost realizate pe șobolani albi Wistar, repartizați în grupuri experimentale în funcție de nivelul stresoreactivității, evaluat prin metoda labirintului plus ridicat. Activitatea proteolitică a fost determinată prin metoda Anson, adaptată de Kaverzneva. Rezultatele au evidențiat diferențe semnificative între tipurile constituționale, activitatea minimă a proteazelor fiind observată la animalele hiperreactive la stres, iar cea maximă la animalele hiporeactive, în toate structurile studiate. Indiferent de tipul constituțional, cea mai ridicată activitate proteolitică a fost înregistrată la nivel pancreatic. Datele obținute confirmă rolul particularităților metabolice constituționale în reglarea activității proteazelor și menținerea proceselor metabolice în limite sanogene.

Cuvinte-cheie: *activitate proteolitică, proteaze digestive, tip constituțional, stresoreactivitate, metabolism, tract digestiv, animale-model.*

COMPARATIVE ANALYSIS OF PROTEOLYTIC ENZYME ACTIVITY IN DIGESTIVE TRACT STRUCTURES IN MODEL ANIMALS WITH DIFFERENT CONSTITUTIONAL STRESS REACTIVITY

The study examines proteolytic enzyme activity in gastric chyme, pancreas, and small intestinal mucosa in model animals with different types of constitutional stress reactivity, considered analogues of asthenic, normosthenic, and hypersthenic constitutional types. Experiments were conducted on Wistar albino rats grouped according to stress reactivity levels assessed using the elevated plus-maze method. Proteolytic activity was measured by the Anson method adapted by Kaverzneva. The results demonstrated significant differences among constitutional types, with the lowest protease activity observed in hyperreactive animals and the highest in hyporeactive animals across all examined digestive tract structures. Regardless of constitutional type, pancreatic protease activity exceeded that in gastric chyme and intestinal mucosa. The findings indicate that proteolytic activity is determined not only by dietary protein intake but also by constitutional metabolic characteristics, contributing to the maintenance of metabolic processes within sanogenic limits.

Keywords: *proteolytic activity, digestive proteases, constitutional type, stress reactivity, metabolism, digestive tract, model animals.*

Introducere

Statutul metabolic al organismului determină particularitățile funcționale ale tuturor sistemelor vitale, inclusiv ale sistemului digestiv. Activitatea acestor sisteme este intercorelată și orientată spre menținerea caracteristicilor metabolice genetic determinate ale organismului. Particularitățile respective influențează tipul mecanismelor de reglare implicate în funcționarea tractului gastro-intestinal. Înțelegerea particularităților funcționale ale tractului digestiv este esențială pentru menținerea unui metabolism optim, deoarece nutrienții alimentari trebuie să fie supuși hidrolizei în tractul gastro-intestinal până la forme moleculare simple. Aces-

te procese de digestie primară și secundară duc la formarea de monomeri nespecifici speciei, care pot fi ulterior absorbiți în sânge și integrați în procesele metabolice.

Eficiența absorbției nutrienților depinde atât de cantitatea, structura și valoarea energetică a rației alimentare, precum și de starea morfo-funcțională a sistemului digestiv, determinată de particularitățile constituționale și metabolice ale organismului [1, 5, 6-9].

Studiile efectuate au arătat că tipul de reactivitate la stres (analog tipului constituțional) și statusul metabolic al organismului exercită o influență decisivă asupra activității enzimelor. Enzimele tractului digestiv prezintă o adaptare tipologic-individuală la nutrienții alimentari care constituie baza rației. Acest fapt este demonstrat prin aceea că, odată cu creșterea concentrației de proteine în rație, activitatea proteolitică a proteazelor se intensifică în toate segmentele tractului digestiv. Totodată, potențialul adaptiv al sistemelor enzimatice digestive este controlat și limitat de particularitățile metabolismului organismului, descrise în literatura de specialitate ca fiind dependente de tipul constituțional și de structura rațiilor alimentare [2, 7, 8, 9, 11].

Activitatea secretorie a tractului digestiv la reprezentanții fiecărui tip constituțional are specificități orientate spre o digestie cât mai eficientă a alimentelor caracteristice acestui tip, ceea ce asigură funcționarea optimă a tractului digestiv și desfășurarea proceselor metabolice în limite sanogene. Pe de altă parte, sistemul digestiv dispune de mecanisme stabile care limitează digestia alimentelor netipice pentru acest tip constituțional, protejând astfel organismul de procese ce pot genera dereglări metabolice. Acest mecanism se exprimă prin activitatea insuficientă a sistemelor enzimatice corespunzătoare, mecanism descris atât în lucrările de nutriție diferențiată, cât și în studiile antropometrice și clinico-metabolice [2, 7, 8, 11].

Diferențierea activității proteolitice a proteazelor tractului digestiv și elucidarea mecanismelor acestora în funcție de statusul metabolic individual reprezintă o problemă actuală, deoarece permite prognozarea obiectivă a manifestării funcției enzimatice și elaborarea unor măsuri eficiente de promovare a sănătății și profilaxie.

Studiile efectuate anterior s-au concentrat, în principal, asupra cercetării funcției de formare a acidului gastric la reprezentanții diferitelor tipuri constituționale (metabolice) [11]. În prezent, aspectele referitoare la activitatea enzimatică din diverse segmente ale tractului digestiv rămân insuficient elucidate, în mare parte din cauza dificultăților metodice și metodologice în abordarea acestei probleme.

Deși există informații privind particularitățile funcționale ale tractului digestiv la diferite tipuri de metabolism (constituție), problema activității proteolitice a proteazelor în segmentele tractului gastro-intestinal rămâne atât actuală, cât și complexă, fiind insuficient investigată în corelație directă cu tipul constituțional și statusul metabolic individual [1, 2, 5, 7, 9]. Complexitatea rezidă, în primul rând, în abordarea metodologică, deoarece obținerea unor date obiective și fiabile necesită luarea în considerare a unui număr mare de factori metodici care, în anumite etape ale cercetării, pot intra în contradicție și pot afecta obiectivitatea rezultatelor și interpretarea acestora.

Pentru a menține o evaluare cât mai obiectivă a datelor obținute, ne-am bazat pe indicatorii stării metabolismului, care reprezintă una dintre funcțiile fundamentale ale organismului. Pentru analiza comparativă a influenței tipului de metabolism asupra funcției secretorii a tractului gastro-intestinal, au fost selectate animale nu pe baza unei activități maxime a enzimelor proteolitice, ci pe baza structurii valorii calorice a rațiilor, care corespund algoritmilor de optimizare metabolică pentru tipul respectiv și particularităților sale, asigurând astfel menținerea metabolismului în limite sanogene.

Avantajul unei asemenea abordări constă în faptul că metabolismul prezintă un anumit grad de stabilitate și manifestă particularități caracteristice în funcție de tipul de reactivitate la stres al animalelor de laborator, considerat un analog al tipului constituțional. Un proces digestiv stabil și eficient reprezintă un element esențial al metabolismului, necesar pentru menținerea unei stări bune de sănătate, a homeostaziei sanogene și a unui status imun optim al organismului.

Pornind de la actualitatea problemei, au fost studiate particularitățile activității proteolitice a proteazelor în diferite structuri ale tractului digestiv la animalele de laborator (șobolani albi din linia Wistar) cu diferite tipuri de reactivitate la stres, considerate analogi ai tipurilor constituționale corespunzătoare.

Materiale și metode de cercetare

Pentru efectuarea experimentelor au fost selectate trei grupuri de animale model, reprezentate de șobolani albi Wistar, conform principiului analogilor (greutate, sex, vârstă, linie de origine și stresoreactivitate). Fiecare grup a inclus câte cinci exemplare, formate din masculi cu vârste cuprinse între 4 și 5 luni.

A fost utilizată metoda standardizată de selecție a animalelor experimentale cu hipostresoreactivitate, prin metoda „labirintului plus ridicat” (*Elevated Plus Maze*) [10], cu unele modificări. Tipul astenic a fost reprezentat de animalele model (șobolani albi din linia Wistar) cu reactivitate crescută la stres, normostenicii – de animalele cu mezoreactivitate, iar tipul hiperstenic – de animalele cu hiporeactivitate la stres.

Pentru realizarea obiectivelor propuse, șobolanii au fost alimentați cu rații alimentare elaborate, ținând cont de statutul metabolic al tipurilor de constituție (tabelul 1).

Tabelul 1. Structura calorică a rațiilor alimentare pentru tipurile de constituție conform grupelor experimentale pentru animalele cu diferită stresoreactivitate (%)

Tipul de constituție	Proteine	Lipide	Glucide
Tipul astenic (animale hiperstresoreactive)	12	27	61
Tipul normostenic (animale mezostresoreactive)	18	25	57
Tipul hiperstenic (animale hipostresoreactive)	25	22	53

Activitatea proteazelor a fost evaluată prin metoda Anson, adaptată de E.D. Kaverznev [13]. Analiza statistică a rezultatelor a fost realizată conform principiilor statisticii variabile și teoriei probabilităților [12, 14]. Experimentele pe animale au fost efectuate în conformitate cu Directiva 86/609/CEE din 24 noiembrie 1986 privind protecția animalelor utilizate în scopuri științifice și au fost aprobate de Comisia metodică a Institutului de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

Rezultate obținute și discuții

Activitatea proteolitică a enzimelor din chim este determinată în mare măsură de funcția de formare a acidului gastric, întrucât acidul clorhidric activează enzimele secretate. Conform indicatorilor prezentați în figura 1, cea mai redusă activitate proteolitică a proteazelor în chimul gastric a fost înregistrată la animalele hiperreactive la stres, care reprezintă analogul tipului constituțional astenic. Aceasta a constituit $3,59 \pm 0,68$ $\mu\text{mol/g} \cdot \text{min}$, fiind valoarea minimă dintre toate tipurile studiate.

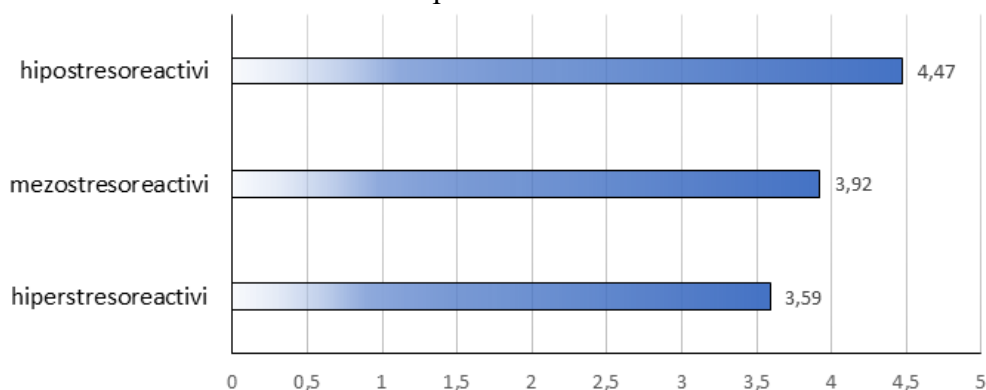


Figura 1. Activitatea proteazelor în suc gastric al șobolanilor cu diferită stresoreactivitate ($\mu\text{mol/g} \cdot \text{min}$)

Printre factorii care influențează secreția gastrică la tipul astenic, un rol semnificativ îl are activarea sistemului simpato-adrenal, care poate duce la inhibarea secreției de acid clorhidric. Procesul de formare a acidului în corpul stomacului la tipul astenic al organismului se situează în intervalul $\text{pH } 3,59 \pm 0,52 - 2,77 \pm 0,12$, ceea ce, conform clasificării acceptate, corespunde hipoacidității gastrice. Studiile efectuate anterior

au evidențiat predominanța verigii reflexe, cu preponderența influenței sistemului nervos simpatic în complexul neuro-humoral al mecanismelor de formare a acidului la reprezentanții tipului constituțional astenic, fapt care a stat la baza definirii acestuia drept tip neuromediator de secreție [11].

Activitatea proteolitică mai scăzută a proteazelor din chimul animalelor hiperreactive la stres nu trebuie interpretată ca un aspect negativ, ci evaluată în concordanță cu particularitățile metabolismului crescut, caracteristice tipului constituțional astenic. Secreția gastrică acidă redusă și, în consecință, activitatea proteolitică diminuată a proteazelor în chim reprezintă elemente ale mecanismelor fiziologice de optimizare metabolică specifice acestui tip. Aceste particularități sunt descrise și în literatura de specialitate ca mecanisme adaptive caracteristice tipului constituțional astenic, asociate cu un metabolism bazal crescut [2, 7-9].

Reprezentanții tipului constituțional astenic se caracterizează printr-un nivel ridicat al proceselor metabolice, un grad crescut de activitate și o tendință spre un câștig ponderal redus. Activitatea proteolitică mai joasă a proteazelor în tractul digestiv la indivizii cu acest tip metabolic favorizează digestia adecvată a rațiilor cu concentrație scăzută de proteine, contribuind la menținerea proceselor metabolice în limite sanelor și la prevenirea stimulării excesive a metabolismului.

În context teoretic și experimental, pentru tipurile metabolice caracterizate printr-un nivel înalt al metabolismului bazal se consideră adecvată utilizarea unor structuri calorice ale rațiilor orientate spre menținerea stabilității metabolice, fără a induce o creștere suplimentară a intensității proceselor metabolice.

Activitatea proteolitică a proteazelor din chimul gastric la animalele model mezo- și hiporeactive la stres (considerate analogi ai normostenicilor și hiperstenicilor) a constituit $3,92 \pm 0,32$ și, respectiv, $4,47 \pm 0,66 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$, reflectând particularitățile funcționării stomacului și ale metabolismului acestora, fiind mai ridicată comparativ cu tipul astenic ($3,59 \pm 0,68 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$).

Valorile superioare ale activității proteolitice în chimul normostenicilor și hiperstenicilor se explică prin intensitatea mai mare a funcției gastrice de formare a acidului la aceste tipuri (fig. 2 și 3).

Particularitățile funcției secretorii gastrice la normostenici sunt atribuite tipului neuro-humoral de digestie, cu predominanța verigii reflexe în reglare. Intervalul valorilor pH-metriei gastrice la subiecții de tip normostenic a fost de 1,0-2,2 pH [11, 15].

Reprezentanții tipului normostenic se caracterizează printr-un metabolism robust și o funcționare stabilă a tractului digestiv. Acest tip constituțional prezintă o capacitate crescută de adaptare metabolică, manifestând o variabilitate mai pronunțată a masei corporale în funcție de aportul energetic și de condițiile fiziologice. În context fiziologic, se consideră că particularitățile lor metabolice sunt asociate cu o reglare eficientă a proceselor digestive și energetice, ceea ce le conferă o toleranță mai largă la variațiile compoziției rației comparativ cu alte tipuri constituționale. Date similare privind stabilitatea metabolică și capacitatea de adaptare a normostenicilor sunt raportate și în studiile antropometrice și clinico-metabolice [1, 5, 7, 8,].

Date similare privind asocierea dintre somatotip și structura aportului de macronutrienți sunt raportate și în studii recente, care evidențiază diferențe semnificative în consumul de proteine, lipide și glucide în funcție de tipul constituțional [4].

Totodată, dinamica metabolică pronunțată la normostenici presupune că variațiile extreme ale aportului alimentar pot genera oscilații metabolice mai evidente, manifestate prin tendințe rapide de acumulare sau pierdere a masei corporale, aspect important pentru înțelegerea particularităților acestui tip metabolic în cercetările experimentale.

Rezultatele cercetărilor au arătat că veriga reflexă în formarea acidului gastric la reprezentanții tipului hiperstenic cu status hipometabolic manifestă o reacție neutră. În acest tip constituțional, influența dominantă asupra proceselor de formare a acidului gastric este exercitată de sistemul endocrin-humoral. Pe această bază, tipul de secreție observat la reprezentanții tipului hiperstenic, caracterizați printr-un metabolism scăzut, este definit ca tip de digestie endocrin-humoral. Aciditatea conținutului gastric în zona glandelor secretoare de acid la subiecții cu status hipometabolic s-a menținut constant în intervalul hiperacidității, cu valori de 1,35 – 1,48 pH. Această particularitate a determinat o activitate proteolitică ridicată a chimului gastric la animalele model cu hiporeactivitate la stres, considerate analogi ai tipului hiperstenic ($4,47 \pm 0,66 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$), în comparație cu celelalte tipuri constituționale investigate.

Reprezentanții tipului hiperstenic prezintă o tendință către acumularea mai rapidă a masei corporale și manifestă particularități metabolice asociate acestui tip constituțional. În context experimental, digestia și metabolismul lor se caracterizează printr-un nivel scăzut al stimulării metabolice, care poate fi susținut datorită activității proteolitice ridicate a proteazelor din tractul digestiv, capabile să proceseze cantități crescute de proteine din rații. Aceste caracteristici sunt concordante cu datele literaturii, care indică o corelație între tipul hiperstenic, metabolismul redus și necesitatea unei digestii proteice eficiente [1, 5, 7, 8, 11]. Studii recente indică faptul că sursa proteinelor (animale sau vegetale) poate influența răspunsul metabolic postprandial și cheltuiala energetică, aspect relevant pentru elaborarea rațiilor proteice adaptate tipului hiperstenic [3].

Activitatea proteolitică a proteazelor pancreatice a fost superioară în toate tipurile de reactivitate la stres comparativ cu activitatea proteolitică din chimul gastric. La animalele hiperreactive la stres, aceasta a fost de $6,08 \pm 0,41 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$, față de $3,59 \pm 0,68 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$ în chim. La animalele mezoreactive la stres, activitatea pancreatică a fost de $10,72 \pm 0,61 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$, comparativ cu $3,92 \pm 0,31 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$ în chim. Diferența cea mai pronunțată a fost observată la animalele hiporeactive la stres, cu o activitate proteolitică pancreatică de $13,02 \pm 1,01 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$, față de $4,47 \pm 0,66 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$ în chimul gastric (fig. 2).

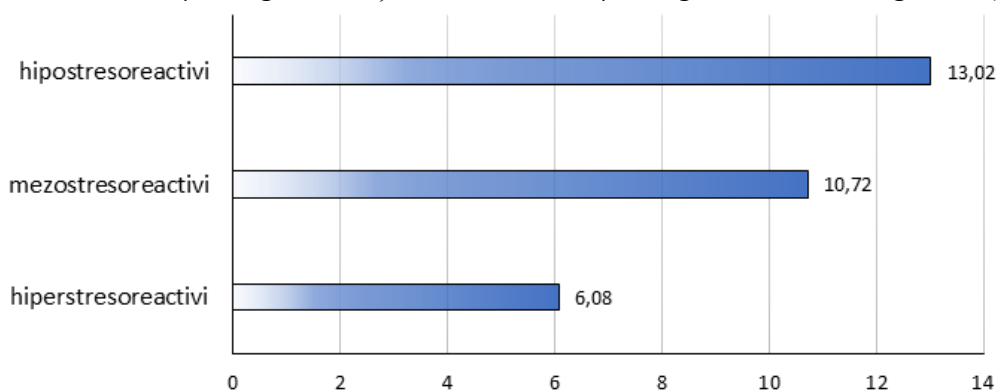


Figura 2. Activitatea proteazelor în pancreasul șobolanilor cu diferită stresoreactivitate (μmol/g·min)

O tendință similară a activității proteolitice a fost observată și în mucoasa intestinului subțire la animalele experimentale. La animalele hiperreactive la stres, aceasta a fost de $4,22 \pm 0,60 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$ (față de $3,59 \pm 0,68 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$ în chim), la cele mezoreactive – $8,04 \pm 0,26 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$ (față de $3,92 \pm 0,32 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$ în chim), iar la animalele hiporeactive activitatea a fost maximă, $9,12 \pm 0,71 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$ (față de $4,47 \pm 0,66 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$ în chim) (fig. 3).

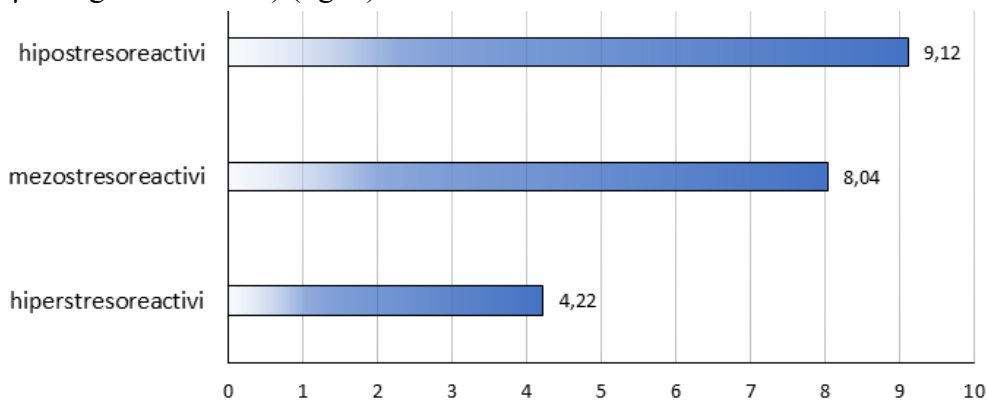


Figura 3. Activitatea proteazelor în mucoasa intestinală la șobolanii cu diferită stresoreactivitate (μmol/g·min)

Trebuie menționat că activitatea proteolitică în mucoasa intestinului subțire, pentru toate tipurile de reactivitate la stres, a fost mai scăzută comparativ cu cea în pancreas (fig. 2 și fig. 3).

Concluzie

Studiile efectuate demonstrează că activitatea funcțională a stomacului influențează semnificativ activitatea proteazelor pancreatice și a celor din mucoasa intestinului subțire la animalele model cu diferite tipuri de reactivitate la stres. Astfel, odată cu creșterea activității proteolitice în chimul gastric, se observă o creștere concomitentă a activității proteolitice a enzimelor din pancreas și intestinul subțire la toate tipurile de reactivitate constituțională la stres.

Activitatea maximă a proteazelor a fost înregistrată la nivel pancreatic, indiferent de tipul de reactivitate la stres, comparativ cu valorile din chimul gastric și mucoasa intestinului subțire. Activitatea minimă a proteazelor a fost observată la animalele hiperreactive la stres în toate structurile tractului digestiv studiate, în timp ce activitatea maximă a fost caracteristică animalelor hiporeactive, iar valorile intermediare au fost înregistrate la animalele mezoreactive.

Activitatea proteolitică a proteazelor este determinată nu doar de aportul proteic alimentar, ci și de particularitățile metabolismului, având un rol important în menținerea proceselor metabolice în limite sãnogene. Activitatea proteolitică redusă la animalele cu tip astenic de constituție poate preveni intensificarea excesivă a metabolismului, în timp ce activitatea crescută a proteazelor la tipul hiperstenic contribuie la stimularea proceselor metabolice și la prevenirea scăderii acestora. Valorile medii ale activității proteolitice la normostenici reflectă menținerea metabolismului în limite fiziologice optime. Rezultatele obținute sunt în concordanță cu conceptele moderne privind alimentația diferențiată și rolul tipului constituțional în reglarea metabolismului și a funcției digestive [1, 2, 5, 7-9, 11].

Bibliografie:

1. BANIK, S. D., CONCHA VIERA, A. M. del M., GAMBOA, A.A., SÁENZ CASTILLO, C.X. Somatotype and its association with body mass index, body fat, and muscle mass among adult male elite weightlifters of Merida, Mexico. In: *International Journal of Kinanthropometry*. 2021, 1(1), pp. 53-60. <https://doi.org/10.34256/ijk2118>
2. CARTER J. E. L., HEATH, B. H. *Somatotyping - development and applications*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1990. 503 p. ISBN 0521351170.
3. DEHNAVI, Z., SABBAGHI, S., ESFEHANI, A.J., NAMAZI, M., DEH, F. H., BARGHCHI, H., DAHRI, M., REZVANI, R., SHADNOUSH, M., SAFARIAN, M. How animal and plant-based proteins affect energy metabolism during the postprandial phase in overweight and obese men. In: *Nutrition Journal*. 2025, Vol. 24 (63), pp. 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12937-025-01106-8>
4. DRYWIEN, M.E., FRĄCKIEWICZ, J., GÓRNICKA, M., WAŻNA, B., ZIELIŃSKA, P., WÓJCIK, K., KULIK, S. Somatotype, diet and nutritional status of women. In: *Anthropological Review*. 2024, Vol. 80, no. 4, pp. 393-404 ISSN 1898-6773 (Print). ISSN 2083-4594 (Online). <https://doi.org/10.1515/anre-2017-0028>
5. GALIĆ, B.S., PAVLICA, T., UDICKI, M. et al. Somatotype characteristics of normal-weight and obese women among different metabolic subtypes. In: *Arch Endocrinol Metab*. 2016, 60(1), pp. 60-65. <https://doi.org/10.1590/2359-3997000000159>
6. GUARNEIRI, L. L., ADAMS, C. G., GARCIA-JACKSON, B., KOECHER, K., WILCOX, M.L. MAKI, K. C. Effects of Varying Protein Amounts and Types on Diet-Induced Thermogenesis: A Systematic Review and Meta-Analysis. In: *Adv Nutr*. 2024, 15(12), p. 100332. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2024.100332>
7. KOLEVA, M., NACHEVA, A., BOEV, M. Somatotype and disease prevalence in adults. In: *Rev Environ Health*. 2002, 17(1), pp. 65-84. <https://dx.doi.org/10.1515/reveh.2002.17.1.65>
8. KOLEVA, M., NACHEVA, A., BOEV, M. Somatotype, nutrition, and obesity. In: *Rev Environ Health*. 2000, 15(4), pp. 389-398. <https://dx.doi.org/10.1515/REVEH.2000.15.4.389>
9. KUKES, V. G., NIKOLENKO, V. N., PAVLOV, C. S. et al. The correlation of somatotype of person with the development and course of various diseases: results of Russian research. In: *Russian Open Medical Journal*. 2018, Vol. (3). pp. 1-5. <https://doi.org/10.15275/rusomj.2018.0301>
10. PELLOW, S., CHOPIN, P., FILE, S.E., BRILEY, M. Validation of open: closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. In: *J. Neurosci. Methods*. 1985. Vol. 14, p. 149-167.
11. STRUTINSCHI, T., TIMOȘCO, M., ȘEPTIȚCHI, V. et al. *Sistemul de alimentație diferențiată în raport cu tipul constituției (Recomandări)*. Chișinău: Tip. Bons Offices, 2019. 68 p. ISBN 978-9975-87-522-6.

12. ИВАНТЕР, Э. В., КОРОСОВ, А. В. *Элементарная биометрия. Учеб. пособие*. Петрозаводск: ПетрГУ, 2010. 104 с.
13. КАВЕРЗНЕВА, Е. Д. Стандартный метод определения протеолитической активности для комплексных препаратов протеаз. В: *Прикладная биохимия и микробиология*. 1971. №7, С. 225-228.
14. ЛАКИН, Г. Ф. *Биометрия*. Москва: Высшая школа, 1990. 125 с.
15. СТРУТИНСКИЙ, Ф.А. *Основы саногенного питания*. Кишинев: Тип. АНМ, 2007. 340 с.

Date despre autori:

Lilia POLEACOVA, doctor în științe biologice, secretar științific, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8212-096X

E-mail: poleacovalilia85@gmail.com

Tudor STRUTINSCHI, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, șef laborator, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1034-5534

E-mail: nutrivit@yandex.ru

Ion MEREUȚĂ, doctor habilitat în științe medicale, profesor universitar, membru corespondent, director, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9711-5351

E-mail: ion.mereuta@usmf.md

Anastasia BABILEVA, doctorandă, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1126-172X

E-mail: anastasia.babileva@gmail.com

Vladimir CARAUȘ, doctor în științe biologice, cercetător științific superior, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-7214-9881

E-mail: caraus_vadim@mail.ru

Prezentat: 23.01.2026

Recenzat: 18.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 159.944.4: 616.36-002-052

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_10](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_10)

EVOLUȚIA STĂRII STRESOGENE LA PACIENȚII CU HEPATITE VIRALE CRONICE PE DURATA SEJURULUI BALNEOCLIMATERIC

Adelina DAVID,*Universitatea de Stat din Moldova*

Hepatitele virale cronice sunt afecțiuni cu impact semnificativ nu doar asupra funcției hepatice, ci și asupra stării psiho-emoționale a pacienților, stresul perceput fiind frecvent asociat cu evoluția bolii. Scopul studiului a fost evaluarea evoluției stării stresogene la pacienții cu hepatite virale cronice pe durata unui sejur balneoclimateric standardizat. Studiul observațional, prospectiv, de tip înainte–după, a inclus 62 de pacienți adulți cu hepatită virală cronică B sau C cu activitate minimă, internați pentru un sejur balneoclimateric de 18 zile. Nivelul stresului perceput a fost evaluat la internare și externare, utilizând Scala Stresului Perceput (PSS). Rezultatele au evidențiat o reducere semnificativă a stresului perceput, cu dispariția stresului intens la externare și creșterea ponderii pacienților cu stres scăzut. Datele obținute susțin rolul sejurului balneoclimateric ca metodă adjuvantă eficientă în ameliorarea stării psiho-emoționale la pacienții cu hepatite virale cronice.

Cuvinte-cheie: hepatite virale cronice, stres perceput, terapie balneoclimaterică, fitoterapie, calitatea vieții, ficat, stare psiho-emoțională.

THE EVOLUTION OF STRESS LEVELS IN PATIENTS WITH CHRONIC VIRAL HEPATITIS DURING A BALNEOCLIMATIC STAY

Chronic viral hepatitis represents a condition with a significant impact not only on liver function but also on patients' psycho-emotional status, perceived stress being frequently associated with disease evolution. The aim of this study was to assess the evolution of stress levels in patients with chronic viral hepatitis during a standardized balneoclimatic stay. This prospective observational before–after study included 62 adult patients with chronic hepatitis B or C with minimal activity, hospitalized for an 18-day balneosanatorial program. Perceived stress levels were assessed at admission and discharge using the Perceived Stress Scale (PSS). The results demonstrated a significant reduction in perceived stress, with the disappearance of severe stress at discharge and an increase in the proportion of patients with low stress levels. These findings support the role of balneoclimatic therapy as an effective adjuvant approach in improving psycho-emotional status in patients with chronic viral hepatitis.

Keywords: chronic viral hepatitis, perceived stress, balneoclimatic therapy, phytotherapy, quality of life, liver, psycho-emotional state.

Introducere

Hepatitele virale cronice B și C reprezintă o problemă majoră de sănătate publică la nivel global, fiind asociate cu o evoluție lent progresivă, impact semnificativ asupra funcției hepatice și un risc crescut de dezvoltare a complicațiilor severe, inclusiv ciroză hepatică și carcinom hepatocelular [9; 10]. Conform ghidurilor internaționale, aceste afecțiuni necesită o abordare terapeutică complexă și de lungă durată, orientată nu doar spre controlul activității virale, ci și spre menținerea calității vieții pacienților [3; 4].

Pe lângă afectarea organică, aceste afecțiuni cronice determină modificări importante ale stării psiho-emoționale, pacienții prezentând frecvent niveluri crescute de stres perceput, anxietate și reducerea calității vieții, aspecte care pot influența negativ complicația terapeutică și evoluția bolii [2; 6].

Stresul psihologic cronic influențează negativ mecanismele de adaptare ale organismului, contribuind la dereglări neuroendocrine și imunologice, care pot afecta evoluția bolilor hepatice cronice [7]. În acest context, evaluarea și managementul stării stresogene devin componente esențiale ale abordării integrative a pacienților cu hepatite virale cronice.

Scala Stresului Perceput (Perceived Stress Scale – PSS), elaborată de Levenstein și colab., reprezintă un instrument psihometric validat, utilizat pe scară largă în cercetarea clinică pentru aprecierea stresului perceput și a capacității individuale de adaptare la factori stresori [6, p. 19–21]. Utilizarea acestei scale permite cuantificarea obiectivă a modificărilor stării psiho-emoționale în cadrul intervențiilor terapeutice complexe [2].

Intervenția balneoclimaterică este recunoscută ca metodă terapeutică adjuvantă în managementul afecțiunilor hepatice cronice, având efecte benefice asupra funcției hepatobiliare, metabolismului, precum și asupra stării psiho-emoționale a pacienților. Factorii naturali terapeutici, precum apele minerale, climato-terapia, hidroterapia, fitoterapia și procedurile de relaxare, contribuie la reducerea nivelului de stres, ameliorarea simptomatologiei subiective și îmbunătățirea calității vieții [1; 5]. De asemenea, regimul alimentar conform principiilor dietoterapiei (Dieta nr. 5/5p, Pevzner) joacă un rol esențial în susținerea funcției hepatice și în prevenirea exacerbărilor bolii [8].

În pofida beneficiilor raportate ale terapiei balneoclimaterice, datele privind evoluția stării stresogene la pacienții cu hepatite virale cronice pe durata sejurului balneosanatorial rămân limitate, în special, în contextul populației din Republica Moldova. Astfel, este necesară evaluarea sistematică a impactului intervențiilor balneoclimaterice asupra stresului perceput, utilizând instrumente standardizate și un design de studiu adecvat [5; 7].

Scopul prezentului studiu a fost evaluarea evoluției stării stresogene la pacienții cu hepatite virale cronice B și C pe durata sejurului balneoclimateric de 18 zile, prin aplicarea Scalei Stresului Perceput (PSS), precum și analiza diferențelor în funcție de momentul evaluării și caracteristicile clinico-demografice ale lotului studiat.

Metode și materiale aplicate

Studiul a fost realizat în cadrul Stațiunii Balneoclimaterice „CODRU”, în colaborare cu disciplina Fiziologia omului și animalelor a Universității de Stat din Moldova. Cercetarea a avut un caracter observațional, prospectiv, de tip înainte–după, urmărind evoluția stării stresogene la pacienții cu hepatite virale cronice pe durata sejurului balneoclimateric.

Lotul de studiu a inclus 62 de pacienți adulți diagnosticați cu hepatită virală cronică B sau C cu activitate minimă, internați pentru un sejur balneo-sanatorial de 18 zile. Activitatea minimă a bolii a fost definită prin valori normale sau discret crescute ale transaminazelor ($\leq 1-2 \times$ limita superioară a normalului), fără semne clinice sau biochimice de colestază ori icter.

Criteriile de includere au fost: vârsta 20–70 de ani, diagnostic confirmat de hepatită virală cronică, internare completă pe durata sejurului balneosanatorial și consimțământ informat semnat. Criteriile de excludere au vizat formele moderate sau severe de hepatită virală, ciroza hepatică, insuficiența hepatică, afecțiunile oncologice active, bolile cardiovasculare, respiratorii sau renale severe, infecțiile acute, sarcina, vârsta pediatrică și imposibilitatea de participare la evaluările clinice și psihometrice.

Toți pacienții au beneficiat de un program balneo-sanatorial standardizat, conform protocoalelor instituționale pentru hepatitele virale cronice cu activitate minimă, adaptat individual sub supravegherea medicului balneolog. Programul terapeutic a inclus regim igienico-dietetic conform Dietei nr. 5/5p (Pevzner), cure interne cu apă minerală hidrocarbonată sodică și/sau hidrocarbonato-sulfată sodică, fitoterapie cu ceai hepatic administrat zilnic și, în funcție de indicația medicală, asocierea unui ceai cu efect sedativ ușor la pacienții cu nivel crescut de stres psiho-emoțional. De asemenea, au fost aplicate proceduri de hidroterapie, fizioterapie, climatoterapie și terapii de relaxare, cu rol adjuvant în reducerea stresului și susținerea stării generale.

Evaluarea stării stresogene a fost realizată la internare și la externare, utilizând Scala Stresului Perceput (Perceived Stress Scale – PSS), după Levenstein și colab. (1993). Datele demografice au fost colectate prin chestionar standardizat.

Analiza statistică a inclus metode descriptive și comparative, urmărindu-se diferențele dintre evaluările inițiale și finale ale nivelului de stres perceput, precum și particularitățile în funcție de sex și tipul hepatitei virale cronice.

Tabelul 1. Caracteristicile generale ale lotului de studiu

Caracteristică	n	%
Sex		
Femei	24	38,7 %
Bărbați	38	61,3 %
Mediul de proveniență		
Urban	29	46,8 %
Rural	33	53,2 %
Tipul hepatitei virale cronice		
Hepatită B	48	77,4 %
Hepatită C	14	22,6 %

Caracteristicile demografice și clinice ale pacienților incluși în studiu ($n = 62$).

Notă: Datele sunt exprimate ca frecvență absolută (n) și procent (%).

Distribuție pe grupe de vârstă

Vârsta pacienților a variat între 27 și 70 de ani. Distribuția pe grupe de vârstă a evidențiat predominanța pacienților cu vârsta de 50–70 ani (53,2%), urmați de grupa 30–49 ani (38,7%), iar pacienții tineri (20–29 ani) au constituit 8,1%.

Tabelul 2. Distribuția pacienților pe grupe de vârstă

Grupă de vârstă (ani)	n	Procent (%)
20-29	5	8,1 %
30-49	24	38,7 %
50-70	33	53,2 %
Total	62	100 %

Notă: Procentele sunt calculate raportat la numărul total de pacienți ($n = 62$).

Tabelul 3. Nivelul stresului perceput la internare și externare

Nivelul stresului	Internare n (%)	Externare n (%)
Stres scăzut	5 (8,1%)	29 (46,8%)
Stres moderat	52 (83,9%)	33 (53,2%)
Stres intens	5 (8,1%)	0 (0%)
Total	62 (100%)	62 (100%)

Distribuția nivelului stresului perceput la internare și externare, evaluat prin Scala Stresului Perceput (PSS).

Notă: Clasificarea nivelului de stres a fost realizată conform scorurilor PSS (Levenstein și colab., 1993).

Notă: Diferențele distribuției nivelului stresului au fost analizate prin test χ^2 . $p < 0,001$ – diferență semnificativă statistic.

Analiza distribuției nivelului stresului perceput a evidențiat o reducere semnificativă a stresului intens și o creștere a ponderii pacienților cu stres scăzut la externare comparativ cu internare, diferența fiind semnificativă statistic (χ^2 , $p < 0,001$), sugerând un efect favorabil al curei balneoclimaterice asupra stării psiho-emoționale.

Nivelul stresului în funcție de sex

Analiza nivelului stresului perceput în funcție de sex a evidențiat valori mai ridicate ale stresului la femei comparativ cu bărbații, atât la internare, cât și pe parcursul sejurului balneoclimateric. La externare,

ameliorarea stării psiho-emoționale a fost observată la ambele sexe (tab.1, 2), însă reducerea stresului intens a fost mai pronunțată în rândul pacientelor.

Nivelul stresului în funcție de mediul de proveniență

Pacienții proveniți din mediul rural au prezentat un nivel mai ridicat al stresului perceput la internare comparativ cu cei din mediul urban. După sejurul balneoclimateric, nivelul stresului intens nu a mai fost înregistrat în nici-un subgrup, sugerând un efect favorabil al intervenției balneare indiferent de mediul de proveniență.

Rezultate și discuții

Rezultatele studiului au demonstrat o ameliorare semnificativă a nivelului stresului perceput la pacienții cu hepatite virale cronice după sejurul balneoclimateric de 18 zile. La momentul internării, majoritatea pacienților prezentau stres moderat (83,9%), iar stresul intens a fost identificat la 8,1% dintre pacienți, în timp ce stresul scăzut a fost prezent doar la 8,1% din cazuri.

La externare, distribuția nivelului stresului perceput s-a modificat semnificativ (tab.1,2). Proporția pacienților cu stres scăzut a crescut de la 8,1% la 46,8%, iar stresul moderat a scăzut de la 83,9% la 53,2%. Un rezultat relevant din punct de vedere clinic îl constituie dispariția completă a stresului intens (0%) la finalul sejurului balneoclimateric. Diferențele observate între cele două momente de evaluare au fost semnificative statistic (χ^2 , $p < 0,001$), confirmând efectul favorabil al intervenției balneosanatoriale asupra stării psiho-emoționale.

Analiza nivelului stresului perceput în funcție de sex a evidențiat diferențe semnificative între femei și bărbați la momentul internării. Din totalul pacientelor incluse în studiu (38,7%), stresul intens a fost înregistrat la 6,0%, în timp ce în rândul bărbaților (61,3%) stresul intens a fost identificat la 2,1% dintre pacienți, astfel sugerând, o afectare psiho-emoțională mai accentuată în rândul femeilor comparativ cu bărbații.

La externare, evoluția stării psiho-emoționale a fost favorabilă la ambele sexe. Stresul intens nu a mai fost înregistrat (0%) atât în rândul femeilor, cât și al bărbaților, pacienții fiind redistribuiți preponderent în categoria de stres moderat. Această ameliorare confirmă efectul benefic al sejurului balneoclimateric asupra stării emoționale, independent de sex.

Rezultatele obținute susțin rolul intervențiilor balneosanatoriale complexe în reducerea stresului sever și în îmbunătățirea adaptării psiho-emoționale la pacienții cu hepatite virale cronice, contribuind totodată la diminuarea diferențelor inițiale observate între sexe.

Rezultatele obținute sunt concordante cu datele raportate de Cohen și colab. [2], care au evidențiat niveluri crescute ale stresului perceput la pacienții cu afecțiuni cronice și o corelație negativă între stres și calitatea vieții.

Analiza distribuției nivelului de stres în funcție de mediul de proveniență a evidențiat o prevalență mai mare a stresului intens în rândul pacienților din mediul rural (53,2%), comparativ cu cei din mediul urban (46,8%).

Această distribuție sugerează o vulnerabilitate psiho-emoțională mai accentuată în rândul pacienților din mediul rural, posibil corelată cu accesul limitat la servicii medicale specializate, nivelul socio-economic și suportul psihosocial redus.

La externare, stresul intens nu a mai fost înregistrat în niciunul dintre subgrupuri (0%) atât în mediul urban, cât și în mediul rural, pacienții fiind redistribuiți preponderent în categoria de stres redus și stres moderat (tab. 3).

Analiza descriptivă în funcție de tipul hepatitei virale cronice nu a evidențiat diferențe semnificative ale nivelului stresului perceput între pacienții cu hepatită B și cei cu hepatită C la momentul internării, rezultat concordant cu datele din literatura de specialitate, care indică faptul că stresul este asociat preponderent cu caracterul cronic al bolii, mai degrabă decât cu tipul specific de virus. Evoluția favorabilă a stării psiho-emoționale fiind observată în ambele subgrupuri la externare.

În ceea ce privește intervențiile balneoclimaterice, rezultatele studiului sunt în acord cu cele raportate de Ivanciuc și Racu [5], care au demonstrat o reducere semnificativă a stresului și o îmbunătățire a stării ge-

nerale la pacienții cu afecțiuni hepatice cronice după cure balneare. Similar, Bălăceanu-Stolnici și colab. [1] evidențiază efectele favorabile ale factorilor naturali terapeutici asupra echilibrului psiho-emoțional, prin reducerea tensiunii neurovegetative și creșterea capacității de adaptare la stres.

Prin comparație cu aceste studii, datele obținute în lotul analizat confirmă eficiența terapiei balneoclimaterice ca metodă adjuvantă, cu impact pozitiv semnificativ asupra stresului perceput, evidențiat prin creșteri procentuale importante ale stresului scăzut și eliminarea completă a stresului intens.

Efectul favorabil observat poate fi explicat prin acțiunea combinată a factorilor balneari (proceduri hidrotermale, climatoterapie), a regimului igienico-dietetic standardizat și a terapiilor de relaxare, care contribuie la reducerea tensiunii neuro-vegetative și la îmbunătățirea adaptării psihice.

Fitoterapia a constituit un element adjuvant important al programului balneosanatorial. Administrarea zilnică a ceaiului hepatic, cu efect coleretic și hepatoprotector, precum și asocierea, în funcție de indicația medicală, a ceaiului cu efect sedativ ușor, au contribuit la ameliorarea stării psiho-emoționale, fără a interfera negativ cu funcția hepatică.

Rezultatele obținute sunt în concordanță cu datele din literatura de specialitate, care evidențiază o prevalență crescută a stresului și a tulburărilor psiho-emoționale la pacienții cu hepatite virale cronice, precum și beneficiile intervențiilor balneare și de relaxare în reducerea stresului și îmbunătățirea calității vieții.

Concluzii

1. Pacienții cu hepatite virale cronice prezintă un nivel crescut al stresului perceput la momentul internării în stațiunea balneoclimaterică.
2. Sejurul balneoclimateric de 18 zile a determinat o reducere semnificativă a nivelului stresului perceput, cu dispariția stresului intens la externare.
3. Terapia balneosanatorială complexă, incluzând proceduri balneare, regim igienico-dietetic și fitoterapie, are un efect favorabil asupra stării psiho-emoționale.
4. Rezultatele susțin rolul terapiei balneoclimaterice ca metodă adjuvantă utilă în managementul pacienților cu hepatite virale cronice.

Bibliografie:

1. BĂLĂCEANU-STOLNICI, C., POPESCU, M., IVANOV, I. *Balneologia medicală și recuperarea funcțională*. București: Editura Medicală, 2014. 412 p. ISBN 978-973-39-0758-6.
2. COHEN, S., KAMARCK, T., MERMELSTEIN, R. A global measure of perceived stress. În: *Journal of Health and Social Behavior*. 1983, vol. 24, nr. 4, p. 385–396. ISSN 0022-1465.
3. EUROPEAN ASSOCIATION FOR THE STUDY OF THE LIVER. EASL clinical practice guidelines on the management of hepatitis B virus infection. În: *Journal of Hepatology*. 2017, vol. 67, nr. 2, p. 370–398. ISSN 0168-8278.
4. EUROPEAN ASSOCIATION FOR THE STUDY OF THE LIVER. EASL recommendations on treatment of hepatitis C. În: *Journal of Hepatology*. 2020, vol. 73, nr. 5, p. 1170–1218. ISSN 0168-8278.
5. IVANCIUC, A., RACU, I. Rolul factorilor balneoclimaterici în recuperarea pacienților cu afecțiuni hepatice cronice. În: *Revista de Balneologie*. 2019, nr. 3, p. 45–51.
6. LEVENSTEIN, S., PRANTERA, C., VARVO, V., SCRIBANO, M. L., BERTA, G., LUZI, C., ANDREOLI, A. Development of the Perceived Stress Questionnaire: a new tool for psychosomatic research. În: *Journal of Psychosomatic Research*. 1993, vol. 37, nr. 1, p. 19–32. ISSN 0022-3999.
7. McEWEN, B. S. Stress, adaptation, and disease: allostasis and allostatic load. În: *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1998, vol. 840, p. 33–44. ISSN 0077-8923.
8. PEVZNER, M. I. *Основы лечебного питания*. Москва: Медицина, 2002. 320 p.
9. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for the prevention, care and treatment of persons with chronic hepatitis B infection*. Geneva: WHO, 2015. 166 p. ISBN 978-92-4-154905-9.
10. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for the screening, care and treatment of persons with chronic hepatitis C infection*. Updated version. Geneva: WHO, 2018. 138 p. ISBN 978-92-4-155034-5.

Date despre autor:

Adelina DAVID, doctorandă, anul II, Școala doctorală, Științe ale Naturii, specialitatea Fiziologia omului și animalelor (165.01), domeniul științe biologice, Facultatea de Biologie și Geoștiințe. Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0008-4251-7346.

E-mail: davidadelina999@gmail.com

Prezentat: 28.01.2026

Recenzat: 05.02.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 613.72:612.017.1

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_11](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_11)

ACTIVITATEA ȘI INACTIVITATEA FIZICĂ CA FACTORI CARE INFLUENȚEAZĂ STATUTUL IMUN

Olga BULAT,*Universitatea de Stat din Moldova*

În articol se analizează impactul activității fizice și al sedentarismului asupra homeostaziei sistemului imun. Rezultatele indică faptul că efortul fizic de intensitate moderată exercită un efect imunomodulator, optimizând dinamica leucocitară (limfocite, neutrofile, celule NK) și, stimulând secreția miokinelor antiinflamatorii (IL-13). Totodată, activitatea fizică reglează axa hipotalamo-hipofizo-adrenală, determinând reducerea nivelului de cortizol și atenuarea imunodeficiențelor induse de stresul psihofiziologic. Adaptările acute, precum leucocitoza tranzitorie, sunt demonstrate a fi mecanisme esențiale pentru menținerea homeostaziei și regenerarea tisulară. Iar inactivitatea fizică prelungită (hipodinamia) este definită ca un factor de stres proinflamator sistemic, corelat cu suprareglarea citokinelor proinflamatorii (TNF- α , IL-6, IFN- γ) și activarea unor căi de semnalizare patologice în populațiile de celule T (CD4+ și CD8+). Comportamentul sedentar favorizează dezvoltarea obezității sarcopenice, alterarea microbiomului și creșterea vulnerabilității la infecții virale sau bacteriene, ca urmare a compromiterii memoriei imunologice și a funcției celulelor NK.

Cuvinte-cheie: *activitate fizică, inactivitate fizică, sedentarism, hipodinamie, celule imune, limfocite, leucocite, axa hipotalamo-hipofizo-adrenală.*

PHYSICAL ACTIVITY AND INACTIVITY AS FACTORS THAT INFLUENCE IMMUNE STATUS

The article analyzes the impact of physical activity and sedentary lifestyle on the homeostasis of the immune system. The results indicate that moderate intensity physical exercise exerts an immunomodulatory effect, optimizing leukocyte dynamics (lymphocytes, neutrophils, NK cells) and stimulating the secretion of anti-inflammatory myokines (IL-13). At the same time, physical activity regulates the hypothalamic-pituitary-adrenal axis, causing a reduction in cortisol levels and attenuation of immunodeficiencies induced by psychophysiological stress. Acute adaptations, such as transient leukocytosis, are demonstrated to be essential mechanisms for maintaining homeostasis and tissue regeneration. Furthermore, prolonged physical inactivity (hypodynamia) is defined as a systemic proinflammatory stress factor, correlated with the upregulation of proinflammatory cytokines (TNF- α , IL-6, IFN- γ) and the activation of pathological signaling pathways in T-cell populations (CD4+ and CD8+). Sedentary behavior favors the development of sarcopenic obesity, alteration of the microbiome, and increased vulnerability to viral or bacterial infections, as a result of compromising immunological memory and NK cell function.

Keywords: *physical activity, physical inactivity, sedentarism, hypodynamia, immune cells, lymphocytes, leukocytes, hypothalamic-pituitary-adrenal axis.*

Introducere

Sistemul imun integru, precum și statutul imun, sunt influențate atât de factorii interni ai organismului, cât și de cei externi, dintre care fac parte și activitatea și inactivitatea fizică. Deși termenul „activitate fizică” este adesea utilizat ca sinonim pentru „exercițiu fizic”, aceștia sunt termeni diferiți. Activitatea fizică este orice mișcare corporală produsă prin contracția mușchilor scheletici care crește consumul de energie la momentul inițial, pe când exercițiile fizice sunt un tip de activitate fizică planificată și efectuată cu scopul de a îmbunătăți starea fizică. Inactivitatea fizică sau altfel numită hipodinamia sau sedentarismul, cuprinde perioade de lungă-durată de imobilitate (ortostatism prelungit), cu un consum energetic redus în timpul zilei, cum ar fi activitățile: vizionarea televizorului, lucrul la calculator, cititul sau condusul autoturismelor. Comportamentul sedentar a devenit tot mai răspândit la nivel global din cauza stilului de viață modern, în special în rândul copiilor și adulților, unde schimbările în modelele de muncă și școală au dus la o creștere semnificativă a timpului zilnic petrecut pe scaun.

Metode și materiale aplicate

A fost realizată o căutare sistematică în bazele de date electronice Web of Science, PubMed și Scopus și altele, vizând articole publicate în ultimii 10 ani. Criteriile de incluziune au vizat articole originale și studii de caz ce analizează corelația dintre dinamica statutului imun și nivelurile variabile de efort fizic sau sedentarism.

Rezultate și discuții

Răspunsul imun la exercițiile fizice se caracterizează prin răspuns specific la tipul de stimul pe care îl oferă exercițiile fizice și odată cu modificările funcției imune, se observă și modificări moleculare, celulare și tisulare. Această diferență de răspuns este legată de nivelul de stres pe care îl generează antrenamentul, de starea fizică a individului și de regularitatea stimulilor. Cunoscând, că exercițiile fizice induc inflamația (locală și sistemică), precum și repararea țesuturilor după traume, adaptările fiziologice rezultate în urma antrenamentului pot fi, de asemenea, clasificate ca acute și cronice. Răspunsul acut ajustează starea de homeostazie, pentru repararea țesuturilor imediat după una sau mai multe sesiuni de exerciții fizice. În plus, poate fi subdivizată în imediată sau tardivă. Adaptările acute imediate sunt cele care apar la câteva minute după terminarea exercițiului, cum ar fi intensificarea ritmului cardiac, creșterea tensiunii arteriale și temperaturii corpului. Totuși, aceste valori se pot modifica în funcție de tipul de exercițiu, static sau dinamic. De exemplu, în exercițiile statice, dereglarea fluxului sanguin determină acumularea metaboliților produși în timpul contracției, activând chemoreceptorii musculari, care promovează o creștere semnificativă a activității nervoase simpatice, provocând intensificarea ritmului cardiac, cu o scădere a volumului sistolic și o mărire nesemnificativă a debitului cardiac. Pe de altă parte, tensiunea arterială tinde să crească, datorită sporirii rezistenței vasculare periferice. În exercițiile dinamice, există o activitate nervoasă simpatică ridicată, ceea ce determină o majorare a debitului cardiac, a ritmului cardiac și a debitului sistolic. Eliberarea de metaboliți musculari provoacă vasodilatație în mușchii activi, ceea ce scade rezistența vasculară periferică. În exercițiile dinamice, există o activitate nervoasă simpatică ridicată, ceea ce determină o creștere a debitului cardiac, a ritmului cardiac și a volum sistolic. Eliberarea de metaboliți musculari provoacă vasodilatație în mușchii activi, ceea ce scade rezistența vasculară periferică. În timpul exercițiului, celulele NK (natural killer) și celulele T sunt recrutate în fluxul sanguin, pe lângă o creștere a cantității de neutrofile și monocite circulante. Această leucocitoză apare imediat după exerciții și persistă timp de trei ore după finalizare. Numărul de limfocite T CD3 și CD4 arată o creștere similară între exercițiile aerobice și cele de lungă durată. Totuși, în perioada post-exercițiu, după trei ore de odihnă, numărul de limfocite T CD3 și CD4 din exercițiile aerobice a fost sub limita de jos, caracterizând limfocitopenia. Numărul de celule circulante CD3, CD16+, CD56+ și NK a crescut după exercițiile aerobice, mai puțin în exercițiile de lungă durată și mai esențial în exercițiile de rezistență. Cu toate acestea, concentrația celulelor imune a revenit la valorile inițiale cu trei ore mai târziu. Exercițiile fizice au indus modificări nesemnificative ale numărului de celule B (CD19+), care au crescut doar la nivelul maxim de efort, imediat după exerciții fizice, și o creștere după trei ore de exerciții de rezistență. Limfocitopenia după terminarea exercițiilor fizice poate fi drept cauză a reducerii nivelului de adrenalină, urmată de o creștere a concentrației de cortizol și hormonului de creștere, ceea ce duce la o redistribuire a leucocitelor și limfocitelor, prezentând astfel un efect imunosupresor. Pe de altă parte, creșterea numărului de celule NK se datorează secreției mai mari de catecolamine, în special epinefrină, și eliberării unor factori ai sistemului complement, cum ar fi interferonii (IFN-1), interleukinele (IL-2) și hormonul beta-endorfină ca adjuvanți în acest proces. După trei ore de exerciții fizice, celulele NK au revenit la valorile inițiale, luând în considerare eliberarea de prostaglandine de către neutrofile și macrofage împreună cu factorii hormonal precum cortizolul, care are un efect imunosupresor. Adaptările cronice ale sistemului imun la antrenament moderat duc la creșterea de limfocite T (CD28+, CD4+), precum și cel a celulelor producătoare de IFN- γ (Th1), în timp ce celulele T, responsabile de producerea de IL-4 (Th2), nu au suferit modificări semnificative [2, 4, 8].

Activitatea fizică implică mai multe mecanisme de influență asupra sistemului imun, circulația celulelor imune și a citokinelor fiind mecanismul principal. Exercițiile fizice de intensitate moderată stimulează transportul limfocitelor și neutrofilelor către centrele de control imun, promovând astfel secreția optimă

de citokine. Pe lângă circulația celulelor imune, se evidențiază și efectul pozitiv al activității fizice asupra reglării hormonale: exercițiile fizice reduc nivelul de cortizol și atenuează imunodeficiențele legate de stres. Cu toate acestea, activitatea prelungită și excesivă fără recuperare provoacă o scădere pe termen scurt a funcției de apărare, ceea ce poate avea un impact extrem de negativ asupra sănătății [17].

Sistemul hipotalamo-hipofizo-adrenal și sistemul nervos simpatic reglează răspunsul la factorii de stres, stres psihologic și activitatea fizică. Răspunsul sistemic la stres este inițiat prin secreția hormonului de eliberare a corticotropinei (CRH - Corticotropin-Releasing Hormone) de către hipotalamus. Hormonul de eliberare a corticotropinei stimulează glanda pituitară să secrete hormonul adrenocorticotrop în circulația sistemică. La rândul său, secreția de hormon adrenocorticotrop stimulează glandele suprarenale să elibereze catecolamine și glucocorticoizi, factori care induc colectiv eliberarea de citokine pro- sau antiinflamatorii. Mecanismele de feedback negativ limitează procesul de inflamație. În schimb, stresul persistent duce la disreglarea axei hipotalamo-hipofizo-adrenale, cu perturbări endocrine, rezultate în stări de maladii, de exemplu depresie. Perturbările hormonilor neuroendocrini legate de stres dezechilibrează modularea imună și duc la o stare proinflamatorie. Acționând ca un factor de stres intermitent, activitatea fizică își exercită efectele neuroprotectoare centrale și periferice prin diverse căi. În timpul activității fizice, contracțiile musculare induc eliberarea de miokine. Acești factori cresc expresia coactivatorului 1-alfa al receptorului gamma activat de proliferatorul peroxizomului (PGC-1 α) și scad expresia citokinelor proinflamatorii la nivel molecular. Mai mult, activitatea fizică modulează direct nivelul și funcția neurotransmițătorilor (de exemplu, funcția noradrenergică), ceea ce este important pentru promovarea unui mediu pro- sau antiinflamator. În cele din urmă, activitatea fizică crește nivelurile factorilor neurotrofici hipocampici (de exemplu, BDNF) pentru a ameliora sănătatea hipocampului și, prin urmare, promovează reglarea hormonilor de stres (de exemplu, reglarea cortizolului) [12].

Activitatea fizică are efecte benefice atât directe, cât și indirecte asupra sistemului imun. Mușchiul scheletic a fost descris ca un organ de reglare a sistemului imunitar, deoarece generează o gamă de proteine, cum ar fi miokinele, care au un efect antiinflamator: creșterea miokinelor antiinflamatorii și interleukinei IL-13. Activitatea fizică are, de asemenea, un efect indirect asupra sistemului imun prin promovarea unui microbiom sănătos, iar acest lucru s-a dovedit prin creșterea componentelor competenței imune. În schimb, sedentarismul are o serie de efecte adverse asupra sistemului imun. Expunerea pe termen lung la inactivitate fizică și hipokinezie este un factor de stres puternic care provoacă diverse schimbări în starea fiziologică, provocând procese patologice, inclusiv starea imunopatologică a sistemului imun. Sedentarismul favorizează un microbiom inflamator, crește numărul citokinelor proinflamatorii circulante și afectează răspunsul miokinic antiinflamator. Asocierea dintre sedentarism și inflamația de grad scăzut rămâne chiar și atunci când se iau în considerare factorii de confuzie, cum ar fi activitatea fizică intermitentă, indicele de masă corporală, hiperglicemia și obezitatea. Sarcopenia, sau pierderea progresivă a masei musculare, a forței și a puterii, a fost inițial asociată cu îmbătrânirea, dar este din ce în ce mai mult asociată cu sedentarismul. Datorită prevalenței ridicate, sedentarismul și obezitatea prezintă adesea o corelație directă, conducând la obezitate sarcopenică, ceea ce face ca beneficiile exercițiilor fizice legate de imunitate să fie mai dificil de restabilit. Factorii psihosociali par să interacționeze în mare măsură indirect cu sistemul imunitar prin intermediul sistemelor autonom și neurohormonal [5, 15].

Inactivitatea fizică are drept consecință dezvoltarea procesului proinflamator prin suprareglarea atât a celulelor T CD4⁺, cât și a celor CD8⁺. Inactivitatea a fost corelată cu o semnalizare mai mare a TNF- α , IL2/STAT5, interferon- γ (IFN- γ) și IL6/JAK/STAT3, și o activare mai mare a mai multor citokine canonice în celulele T CD4⁺, inclusiv TNF- α , IL1 α/β , IFN- γ , IL2, IL17A și altele. În celulele T CD8⁺, această abordare a prezis o activare mai mare a TNF- α și IL5 la inactivitatea fizică [11, 13].

Studiul realizat de O'Donnell și echipa sa, bazat pe modele de microgravitație simulată, respectiv repausul la pat în poziție Trendelenburg la om și suspendarea membrelor posterioare (HU) la rozătoare, a evidențiat o diminuare a reactivității celulelor medulare la factorii de stimulare. Această cercetare demonstrează că atenuarea acestor răspunsuri perturbă procesele de diferențiere și activare a leucocitelor în urma stimulării antigenice. Analizele citometrice în flux au arătat o reducere semnificativă a celulelor B (CD19⁺) splenice și a celulelor NK1.1⁺ la șoarecii expuși la HU, cu o creștere concomitentă a celulelor T. Aceste

rezultate sugerează că expunerea la HU crește activitatea sistemului nervos simpatic și induce modificări ale subpopulației de limfocite care pot contribui la dereglarea imunității observată la șoarecii expuși la HU și, mai important, pot predispute gazda altfel sănătoasă la o capacitate redusă ulterioară de a rezista la infecții [9].

Alte studii au arătat că descărcarea membrelor posterioare are ca rezultat incapacitatea de a genera răspunsuri de memorie pe termen lung în rândul celulelor T, ducând la o pierdere a rezistenței la agenții patogeni bacterieni. Studiile privind repausul la pat la oameni au raportat, de asemenea, creșteri ale inflamației sistemice, modificări ale distribuției subseturilor de leucocite, producției de IFN- γ a celulelor T și funcțiilor celulelor NK. Se crede că aceste tulburări ale sistemului imunitar contribuie la dezvoltarea infecțiilor tractului urinar și la reactivarea herpesvirusurilor latente la astronauti în timpul misiunilor sau la reactivarea ușoară a virusului Epstein-Barr și a virusului varicelo-zosterian în timpul perioadelor de lungă durată de inactivitate fizică. La fel, persoanele obeze, care sunt adesea și inactive fizic prezintă răspunsuri slabe ale anticorpilor la vaccinare și o proliferare a limfocitelor în urma stimulării mitogene. Aceste efecte imunologice duc probabil la un risc mai mare de infecții virale și bacteriene și la spitalizări mai lungi din cauza complicațiilor mai frecvente și mai prelungite după intervenția chirurgicală [3, 6, 11].

La fel și în timpul carantinei induse pe perioada Covid-19, izolarea a dus la hipodinamie ce a avut ca consecințe: creșterea greutatei corporale, majorarea citokinelor, IL-6, TNF- α și proteinei C reactive (CRP) și scăderea neutrofilelor, eozinofilelor, bazofilelor, monocitelor, limfocitelor, celulelor NK, CD3+, CD4+, CD8+ și CD19+ [1, 7, 10, 14, 16].

Concluzii

1. Activitatea fizică de intensitate moderată acționează ca un imunomodulator pozitiv, optimizând circulația limfocitelor, neutrofilelor și a celulelor NK, concomitent cu stimularea secreției de miokine antiinflamatorii (IL-13) și reglarea axei hipotalamo-hipofizo-adrenale pentru reducerea cortizolului. Aceste mecanisme reduc imunodeficiențele legate de stres și promovează repararea țesuturilor prin adaptări acute și cronice.

2. Inactivitatea fizică prelungită (hipodinamia) declanșează un status proinflamator sistemic, caracterizat prin suprareglarea citokinelor TNF- α , IL-6, IL-17 α și IFN- γ , precum și prin activarea căilor de semnalizare în celulele T CD4+ și CD8+. Acest comportament sedentar induce obezitatea, modificarea microbiomului și pierderea rezistenței la agenți patogeni bacterieni sau virali, favorizând reactivarea virusurilor latente.

3. Echilibrul dintre stimulul fizic și recuperare este critic, deoarece efortul excesiv fără refacere poate provoca o scădere tranzitorie a funcției de apărare (limfocitopenie post-exercițiu). Astfel, menținerea unui nivel optim de activitate fizică reprezintă o strategie esențială pentru prevenirea proceselor imunopatologice și menținerea competenței imunitare.

Bibliografie:

1. BLAND, JS. The Long Haul of COVID-19 Recovery: Immune Rejuvenation versus Immune In: *Support. Integr Med (Encinitas)*. 2020. nr. 19(6), p. 18-22. PMID: 33488306.
2. BRUNA, B. et al. Relationship between exercise and the immune system. In: *Arq Asma Alerg Imunol*. 2021. vol. 5, nr 4. ISSN 2764-6335
3. DAMIOT, A. et al. Immunological Implications of Physical Inactivity among Older Adults during the COVID-19 Pandemic. In: *Gerontology*. 2020, nr. 6(5), p. 431-438. doi: 10.1159/000509216.
4. GUIMARÃES, T. T., BRITO DOS SANTOS, H. M., MATTOS SANCTOS, R. T. Physical inactivity, chronic diseases, immunity and covid-19. In: *Rev Bras Med Esporte*. 2020. Vol. 26(5), p. 378-381. DOI: 10.1590/1517-8692202026052019_0040
5. HUSTON P. A. Sedentary and Unhealthy Lifestyle Fuels Chronic Disease Progression by Changing Interstitial Cell Behavior: A Network Analysis. In: *Front Physiol*. 2022. nr. 13. doi: 10.3389/fphys.2022.904107.
6. JEANDEL, J. et al. Spaceflight-Associated Immune System Modifications. In *Beyond LEO - Human Health Issues for Deep Space Exploration*. In: *IntechOpen*. 2019. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88880>
7. MIRONOVA, A. Physical inactivity hidden risk of non-communicable diseases. In: *Восточно-европейский научный журнал*. 2021. nr. 10-3 (74), p. 5-8. ISSN 2782-1994

8. NIEMAN, DC., WENTZ, LM. The compelling link between physical activity and the body's defense system. In: *J Sport Health Sci*. 2019. nr. 8(3), p. 201-217. doi: 10.1016/j.jshs.2018.09.009
9. O'DONNELL, PM. et al. Effects of exposure of mice to hindlimb unloading on leukocyte subsets and sympathetic nervous system activity. In: *Stress*. 2009. nr. 12(1), p. 82-88. doi: 10.1080/10253890802049269.
10. PARK, SK., PARK, S., JEE, YS. Effects of physical inactivity behavior during COVID-19 pandemic on physical fitness, body composition, inflammatory cytokine, and immunocytes in older adults: A retrospective and prospective study. In: *Physiol Behav*. 2024. nr. 1. doi: 10.1016/j.physbeh.2024.114640.
11. PATTERSON, SL. et al. Physical inactivity exacerbates pathologic inflammatory signaling at the single cell level in patients with systemic lupus. In: *EBioMedicine*. 2024. nr. 110: doi: 10.1016/j.ebiom.2024.105432.
12. PHILLIPS, C., FAHIM, I. A. Immune and Neuroprotective Effects of Physical Activity on the Brain in Depression. In: *Front Neurosci*. 2018. nr. 12. doi: 10.3389/fnins.2018.00498.
13. PONOMAREV, SA. et al. The impact of short-term confinement on human innate immunity. In: *Sci Rep*. 2022. nr. 12(1): 10.1038/s41598-022-12380-5.
14. SALLIS, R. et al. Physical inactivity is associated with a higher risk for severe COVID-19 outcomes: a study in 48 440 adult patients. In: *Br J Sports Med*. 2021. nr. 55(19), p. 1099-1105. doi: 10.1136/bjsports-2021-104080.
15. SHAO, T. et al. Physical Activity and Nutritional Influence on Immune Function: An Important Strategy to Improve Immunity and Health Status. In: *Front Physiol*. 2021. nr. 12. doi: 10.3389/fphys.2021.751374.
16. THIRUPATHI, A. et al. Exercise and COVID-19: exercise intensity reassures immunological benefits of post-COVID-19 condition. In: *Front. Physiol*. 2023. nr. 14. doi: 10.3389/fphys.2023.1036925.
17. ХАНФЕРЬЯН, Р.А. и др. Значение физической активности в регуляции противовирусного иммунитета. В: *Спорт Мед: наук практ*. 2020. Т. 10, nr. 3. с. 27–39. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.3.27>

Date despre autor:

Olga BULAT, doctor în științe biologice, cercetător științific superior, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9667-6747

Email: bulatolga@mail.ru

Prezentat: 01.03.2026

Recenzat: 30.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 598.2:502.1(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_12](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_12)

IERNAREA PĂSĂRILOR ÎN REZERVAȚIA CULTURAL-NATURALĂ „ORHEIUL VECHI” ÎN 2024 – 2025

Nicolai ROMANOVICI,

Universitatea de Stat din Moldova

Articolul prezintă rezultatele cercetării avifaunei de iarnă din cadrul Rezervației Cultural-Naturale „Orheiul Vechi” în sezonul 2024 – 2025. Scopul studiului a fost determinarea structurii specifice, a abundenței și a distribuției spațiale a păsărilor în biotopurile terestre și riverane ale ariei protejate. Investigațiile au fost realizate prin metoda traseelor în ecosisteme forestiere, deschise și de luncă, pe o lungime totală de 14,6 km, pe parcursul a 13 zile din sezonul rece. În urma cercetărilor au fost înregistrate 59 de specii de păsări, dintre care 48 au fost identificate în biotopurile terestre, iar 11 aparțin grupului speciilor limnofile. Au fost identificate specii dominante și subdominante pe baza indicelui de dominație. De asemenea, au fost semnalate 8 specii incluse în Cartea Roșie a Republicii Moldova.

Cuvinte-cheie: *avifauna de iarnă, structură specifică, abundență numerică, indice de dominație, specii limnofile, monitorizare ornitologică, arie naturală protejată, Orheiul Vechi.*

WINTER BIRDS OF THE “ORHEIUL VECHI” CULTURAL-NATURAL RESERVE, 2024 – 2025

The article presents the results of a study on the winter avifauna of the “Orheiul Vechi” Cultural-Natural Reserve during the 2024 – 2025 season. The aim of the study was to determine the species composition, abundance, and spatial distribution of birds in the terrestrial and riparian habitats of the protected area. Surveys were conducted using the transect method in forest, open, and floodplain ecosystems, covering a total distance of 14.6 km over 13 days during the cold season. A total of 59 bird species were recorded, of which 48 were observed in terrestrial habitats and 11 belonged to the group of limnophilous species. Dominant and subdominant species were identified based on the dominance index. Additionally eight species listed in the Red Book of the Republic of Moldova were recorded.

Keywords: *winter avifauna, species composition, numerical abundance, dominance index, limnophilous species, ornithological monitoring, protected natural area, Orheiul Vechi.*

Introducere

Observațiile sezoniere sistematice ale complexelor faunistice reprezintă un instrument esențial pentru evaluarea modificărilor pe termen scurt ale structurii specifice și ale dinamicii populaționale, determinate de acțiunea factorilor externi. Procesele actuale de schimbare climatică, caracterizate prin intensificarea frecvenței și amplitudinii fenomenelor meteorologice extreme, influențează distribuția spațială, compoziția specifică și abundența numerică a numeroase grupuri taxonomice de animale. În acest context, păsările (clasa Aves), datorită mobilității ridicate și sensibilității ecologice pronunțate, constituie un grup bioindicator deosebit de relevant.

Determinarea structurii specifice și a efectivelor avifaunei în sezonul rece 2024 – 2025 pe teritoriul Rezervației Cultural-Naturale „Orheiul Vechi” stabilește o bază de referință pentru monitorizarea pe termen lung a avifaunei de iarnă atât în cadrul ariei protejate, cât și în zonele adiacente. Totodată, studiul permite identificarea speciilor-indicator capabile să reflecte modificările mediului și tendințele actuale ale transformărilor ecosistemice.

Metode și materiale aplicate

Monitorizarea avifaunei de iarnă a rezervației a fost efectuată prin utilizarea metodelor standard (observații din punctul fix, metoda traseelor) de evaluare calitativă și cantitativă a păsărilor din biotopurile terestre în cele mai semnificative zone ale rezervației – în biotopurile forestiere, de-a lungul râului Răut și în zonele deschise [2, 3, 4]. Lungimea totală a celor 3 rute a fost de 14,6 km.

Înregistrarea păsărilor limnofile a fost realizată de pe malurile rezervoarelor, în timpul transectelor pedestre efectuate în jurul acestora. Identificarea speciilor s-a bazat pe observații vizuale și auditive, fiind consemnate toate exemplarele observate în habitatul acvatic și în zonele adiacente. Pentru a determina mai precis speciile și numărul de păsări a fost utilizat binoclul Gosky 10x42. Studiile au fost efectuate pe parcursul a 13 zile – 5 zile în decembrie, 3 zile în ianuarie și 5 zile în februarie. Speciile a căror pondere în populație a fost de 10% sau mai mult ($Di > 10$) au fost considerate dominante, în timp ce speciile cu un indice de dominație cuprins între 1 și 9 au fost considerate subdominante [5].

Datele privind temperatura aerului și grosimea stratului de zăpadă în zona de studiu au fost obținute de la Centrul Hidrometeorologic Dubăsari (tab. 1).

Tabelul 1. Condițiile meteorologice din zona de cercetare în iarna 2024 – 2025

Luna	Medii lunare	
	Temperatura aerului, °C	Înălțimea stratului de zăpadă (cm)
Decembrie	+2,6	0
Ianuarie	+2,9	0
Februarie	-2,1	1

Rezultate și discuții

Cercetările au fost realizate pe teritoriul Rezervației Cultural-Naturale „Orheiul Vechi”, situată în partea centrală a Republicii Moldova, în valea râului Răut (47°19' N, 28°58' E), raionul Orhei. Suprafața ariei protejate constituie 4978,99 ha, iar zona tampon (de protecție) însumează aproximativ 6085,57 ha.

Teritoriul se caracterizează printr-o pronunțată mozaicare a peisajelor, incluzând masive forestiere de foioase, fragmente de comunități stepice, versanți abrupti calcaroși, lunca și pajiștile riverane ale râului Răut, precum și sisteme de ravene și ogașe adiacente cursului de apă. Rezervația este amplasată în zona de tranziție dintre stepă și silvostepă, cu prezența ecosistemelor forestiere stabile.

Din punct de vedere zoogeografic, teritoriul aparține Regiunii Palearctice, districtului silvostepei europene, sectorului silvostepei central-europene (subsectorul Codrilor).

În condiții meteorologice foarte blânde în iarna anului 2024 – 2025 și o recoltă bună de păducel (*Craetagus monogyna*), sălcioară (*Elaeagnus angustifolia*) și porumbar (*Prunus spinose*), rezervația are o mare diversitate de specii și număr de păsări care ierneză aici. În biotopurile terestre ale rezervației au fost înregistrate 48 de specii de păsări (tab. 2).

Tabelul 2. Structura avifaunei biotopurilor terestre din Rezervația „Orheiul Vechi”

№	Specie	Frecvența întâlnirilor pe traseu		
		Decembrie	Ianuarie	Februarie
1	<i>Accipiter gentiles</i>	+	+	+
2	<i>Accipiter nisus</i>	+	+	+
3	<i>Buteo lagopus</i>	+	+	-
4	<i>Buteo rufinus</i>	-	+	-
5	<i>Buteo buteo</i>	+	+	+
6	<i>Clanga clanga</i>	-	+	-
7	<i>Phasianus colchicus</i>	++	++	++
8	<i>Scolopax rusticola</i>	-	+	-
9	<i>Columba palumbus</i>	+	+	+
10	<i>Streptopelia decaocto</i> *	++	++	++
11	<i>Columba livia</i> *	+	+	+
12	<i>Asio otus</i>	+	+	+

13	<i>Picus canus</i>	+	+	+
14	<i>Dendrocopos major</i>	++	++	++
15	<i>Dendrocopos syriacus</i>	+	+	+
16	<i>Dendrocoptes medius</i>	+	++	+
17	<i>Dryobates minor</i>	-	-	+
18	<i>Picus viridis</i>	-	+	-
19	<i>Dryocopus martius</i>	+	-	-
20	<i>Lanius excubitor</i>	-	-	+
21	<i>Sturnus vulgaris</i>	++	++	+
22	<i>Garrulus glandarius</i>	+	+	+
23	<i>Pica pica</i>	++	++	++
24	<i>Corvus cornix</i>	+	+	+
25	<i>Corvus corax</i>	++	++	++
26	<i>Troglodytes troglodytes</i>	++	++	++
27	<i>Regulus regulus</i>	+	+	+
28	<i>Turdus pilaris</i>	+++	+++	+++
29	<i>Turdus merula</i>	+++	+++	+++
30	<i>Turdus iliacus</i>	+	-	-
31	<i>Turdus philomelos</i>	-	-	+
32	<i>Turdus viscivorus</i>	+	-	+
33	<i>Aegithalos caudatus</i>	+	+	+
34	<i>Cyanistes caeruleus</i>	++	++	++
35	<i>Parus major</i>	+++	+++	+++
36	<i>Sitta europaea</i>	++	+++	++
37	<i>Certhia familiaris</i>	+	+	+
38	<i>Passer montanus</i>	+	+	+
39	<i>Passer domesticus*</i>	+	+	+
40	<i>Fringilla coelebs</i>	+	+	+
41	<i>Fringilla montifringilla</i>	+	+	-
42	<i>Chloris chloris</i>	+	+	+
43	<i>Carduelis carduelis</i>	+	+	+
44	<i>Linaria cannabina</i>	+	++	+
45	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	+	-	-
46	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	++	++	++
47	<i>Emberiza citrinella</i>	+	+	++
48	<i>Emberiza calandra</i>	+	-	-
Numărul de specii		41	39	38

Notă: * specii de păsări găsite în apropierea locuinței umane; + specia nu apare în mod regulat; ++ este o specie comună care apare în mod regulat pe traseu; +++ numeroase specii.

Tipic pentru iernile blânde, cu o recoltă bună de fructe de pădure, a existat o abundență ridicată și o diversitate mare de specii în decembrie, urmată de o scădere a acestor indicatori în biotopurile terestre până la sfârșitul iernii. Patru specii de păsări au fost identificate ca dominante: cocoșar (*Turdus pilaris*) (fig. 1), mierlă (*Turdus merula*), pițigoi mare (*Parus major*) (fig. 2) și țiclean (*Sitta europaea*) (fig. 3).

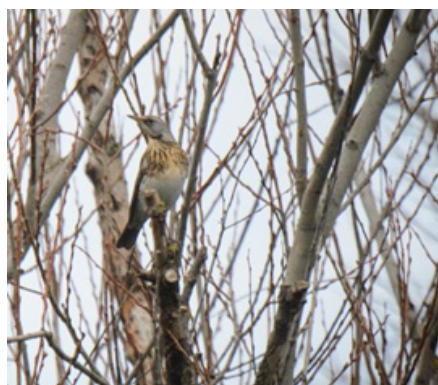


Figura 1. Coccoșar



Figura 2. Pițigoi mare



Figura 3. Țiclean

Speciile subdominante au inclus 8 specii pe tot parcursul iernii: fazan (*Phasianus colchicus*), ciocănitoare pestră mare (*Dendrocopos major*), graur comun (*Sturnus vulgaris*), coțofană (*Pica pica*), corb (*Corvus corax*), pănțăruș (*Troglodytes troglodytes*) (fig. 4), pițigoi albastru (*Cyanistes caeruleus*) (fig. 5) și botgros (*Coccothraustes coccothraustes*).



Figura 4. Pănțăruș



Figura 5. Pițigoi albastru

În iarna 2024 – 2025, în rezervație s-a înregistrat cea mai mare diversitate de păsări limnofile – 11 specii (tab. 3). Acest lucru este destul de natural, deoarece anul acesta gheața de pe râul Răuț s-a menținut doar pentru o perioadă scurtă de timp, iar mici porțiuni deschise de apă au persistat pe tot parcursul iernii.

De asemenea, trebuie menționată prezența în rezervație, în timpul iernii 2024 – 2025, a 8 specii rare de păsări protejate, incluse în Cartea Roșie a Republicii Moldova [1].

Tabelul 3. Structura avifaunei de iarnă a păsărilor limnofile din Rezervația „Orheiul Vechi”

Specie	Numărul de păsări pe traseele din apropierea satelor Trebujeni și Butuceni						Total		
	Butuceni			Trebujeni					
	XII	I	II	XII	I	II	XII	I	II
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	2	-	9	-	2	-	4	-	9
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1	6	-	-	1	-	1	7	-
<i>Casmerodius albus</i>	2	2	2	4	3	1	6	5	3
<i>Ardea cinerea</i>	3	2	3	2	3	2	5	5	5
<i>Cygnus olor</i>	-	1	2	-	-	-	-	1	2
<i>Anas platyrhynchos</i>	65	80	40	20	25	15	85	105	55
<i>Haliaeetus albicilla</i>	-	-	-	1	1	-	1	1	-
<i>Rallus aquaticus</i>	2	-	1	2	-	1	4	-	2

<i>Porzana porzana</i>	-	-	-	-	2	2	-	2	2
<i>Gallinula chloropus</i>	4	2	3	7	5	2	11	7	5
<i>Alcedo atthis</i>	1	1	-	1	1	1	2	2	1
Total:	80	94	60	37	43	24	118	135	84

Codalb – *Haliaeetus albicilla* (fig. 6). O pasăre adultă a fost înregistrată de două ori în timpul vânătorii pe râul Răut, pe 4 decembrie 2024 și 14 ianuarie 2025, între loc. Furceni și Trebujeni.

Acvilă țipătoare mare – *Clanga clanga*. Acest vultur a fost văzut pe o zonă forestieră din apropierea loc. Trebujeni, pe 14 ianuarie 2025.

Ciocănitore de stejar – *Dendrocoptes medius*. Această specie a fost observată în mod regulat pe traseele din biotopurile forestiere (fig. 7). Cel mai mare număr de înregistrări a fost în februarie 2025 – pe 5 trasee, ciocănitorele a fost semnalată în 4 cazuri.



Figura 6. Codalb

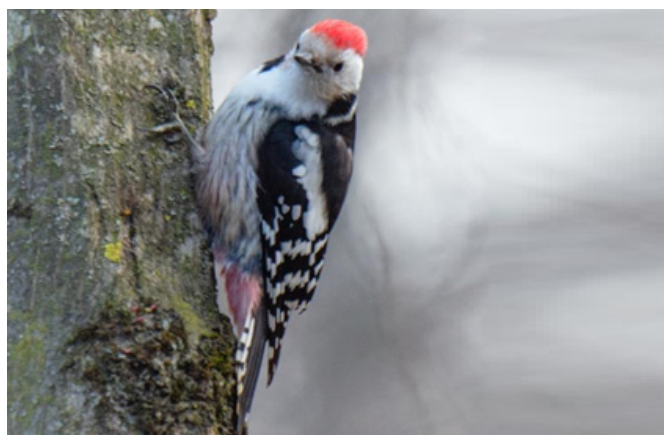


Figura 7. Ciocănitore de stejar

Ciocănitore verde – *Picus viridis*. Această pasăre a fost înregistrată o singură dată în zonele forestiere ale rezervației, pe 14 ianuarie 2025.

Ciocănitore neagră – *Dryocopus martius*. În zonele forestiere ale rezervației, această ciocănitore a fost întâlnită de două ori – pe 4 și 23 decembrie 2025. Cavitățile perforate în lemn, caracteristice acestei specii de ciocănitore, se găsesc frecvent în zonele forestiere ale rezervației, indicând astfel că aceasta folosește permanent aceste habitate.

Egreta mare – *Casmerodius albus*. Această specie de stârc se întâlnește regulat pe râul Răut, pe întreaga lungime a cursului său în limitele Rezervației „Orheiul Vechi” (fig. 8). De obicei, ea este prezentă chiar și în zonele periferie, inclusiv în loc. Butuceni, Trebujeni, Furceni și Jeloboc.

Lebădă de vară – *Cygnus olor*. Grupuri mici și perechi individuale de lebede au fost întâlnite regulat pe râul Răut pe tot parcursul ierni (fig. 9).



Figura 8. Egretă mare



Figura 9. Lebădă de vară

Crestet pești – *Porzana porzana*. Pasărea a fost observată pe 2 decembrie 2025, în aglomerări dense de vegetație acvatică de pe râul Răut, sub mănăstirea stâncoasă, lângă loc. Trebujeni. Crestețul pești trăiește probabil în toate biotopurile adecvate ale rezervației, însă prezența sa nu poate fi întotdeauna confirmată din cauza comportamentului său secret.

Rezultatele obținute evidențiază valoarea conservativă ridicată a rezervației în perioada de iarnă atât pentru păsările terestre, cât și pentru cele limnofile. Prezența speciilor dominante și subdominante, împreună cu înregistrarea a 8 specii rare protejate, incluse în Cartea Roșie a Republicii Moldova, confirmă rolul esențial al rezervației în menținerea diversității și stabilității comunităților ornitologice regionale.

Concluzii

În sezonul de iarnă 2024–2025, pe teritoriul rezervației au fost înregistrate 59 de specii de păsări, ceea ce evidențiază un nivel ridicat al diversității specifice în condițiile unei ierni blânde și ale menținerii resurselor trofice. În biotopurile terestre au fost identificate 48 de specii, iar 11 specii aparțineau grupului limnofil, subliniind importanța luncii și a sectoarelor riverane ale râului Răut pentru păsările care ierneză.

Structura comunității de iarnă s-a caracterizat printr-un nucleu stabil de patru specii dominante, completat de un grup de specii subdominante.

Condițiile meteorologice favorabile – temperaturi medii pozitive, lipsa stratului stabil de zăpadă și menținerea sectoarelor cu apă liberă – au contribuit la concentrarea păsărilor și la menținerea efectivelor acestora pe parcursul iernii.

Prezența a opt specii protejate, incluse în Cartea Roșie a Republicii Moldova, evidențiază valoarea conservativă ridicată a rezervației în sezonul de iarnă.

Rezultatele obținute constituie o bază de referință pentru monitorizarea pe termen lung a avifaunei de iarnă și permit evaluarea influenței factorilor climatici asupra dinamicii comunităților ornitologice regionale.

Bibliografie:

1. *Cartea Roșie a Republicii Moldova*, ediția a III-a. Chișinău, Știința, 2015, p. 266-330.
2. GOMOIU, M.T., SOLKA, M. Ecologie, *Metodologii pentru studii ecologice*. Ovidius University Press, Constanța, 2000, p. 170.
3. NISTREANU, V., SAVIN, A., ȚURCAN, V., LARION, A., PALADI, V., SÎTNIC, V. *Metode de cercetare în teren a faunei de vertebrate terestre*. Indicație metodică. Chișinău, F.E.-P. „Tipografia Centrală”, 2021, p.15-21.
4. КУЗЯКИН, А. П. Зоогеография СССР. В: *Учён. Зап. Моск. обл. пед. ин-та им. Крупской*, 1962, №109 (1), с. 3-182.
5. ИЦЕГОЛЕВ, В. И. Количественный учет птиц в лесной зоне. В: *Методики исследования продуктивности и структуры видов птиц в пределах их ареалов*. Вильнюс, 1977, №1, с. 95-102.

Date despre autor:

Nicolai ROMANOVICI, Șef al Direcției Patrimoniu Natural și Biodiversitate, Rezervația Cultural-Naturală „Orheiul Vechi”, Școala Doctorală Științe ale Naturii, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0008-0566-0776

E-mail: nicolai.wlf@gmail.com

Prezentat: 02.02.2026

Recenzat: 01.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

ROLUL SISTEMULUI GENETIC ÎN FORMAREA MICROBIOTEI INTESTINALE ȘI ÎN REGLAREA HOMEOSTAZIEI TRACTULUI GASTROINTESTINAL

**Ana LEORDA,
Svetlana GARAEVA,
Galina POSTOLATI,**

Universitatea de Stat din Moldova

Asupra sănătății tractului gastrointestinal (TGI) influențează un șir de factori intrinseci (genetica, vârsta) și extrinseci (alimentația, mediul, stilul de viață), printre care impactul sistemului genetic este multilateral deoarece determină structura, reglementează fiziologia digestiei, absorbției, influențează formarea microbiotei și imunitatea. Menținerea și fortificarea sănătății TGI poate fi realizată prin identificarea sistemelor funcționale și mecanismelor de reglare a homeostaziei acestuia, precum și prin elaborarea procedeeelor și măsurilor de menținere a echilibrului microbiotei intestinale în diferite perioade de vârstă. Factorul genetic afectează o porțiune a microbiomului gazdei și este dificil de separat influența genetică de efectele de mediu, iar înțelegerea proceselor și momentelor vulnerabile în formarea microbiotei intestinale va permite dezvoltarea de metode eficiente de prevenire și corectare a tulburărilor microecologice pentru menținerea dirijată a homeostaziei TGI.

Cuvinte-cheie: *sistem genetic, microbiotă intestinală, celule epiteliale, barieră epitelială, imunitate, homeostazie, tract gastrointestinal.*

THE ROLE OF THE GENETIC SYSTEM IN THE INTESTINAL MICROBIOTA FORMATION AND IN THE GASTROINTESTINAL TRACTS HOMEOSTASIS REGULATION

The health of the gastrointestinal (GI) tract is influenced by a number of intrinsic (genetics, age) and extrinsic (diet, environment, lifestyle) factors, among which the impact of the genetic system is multifaceted because it determines the structure, regulates the physiology of digestion and absorption, influences the formation of the microbiota and immunity. Maintaining and strengthening the health of the GI tract can be achieved by identifying the functional systems and regulatory mechanisms of its homeostasis, as well as by developing procedures and measures to maintain the balance of the intestinal microbiota in different age periods. The genetic factor affects a portion of the host microbiome and it is difficult to separate the genetic influence from environmental effects, and understanding the processes and vulnerable moments in MI formation will allow the development of effective methods to prevent and correct microecological disorders, for the directed maintenance of GI tract homeostasis.

Keywords: *genetic system, intestinal microbiota, epithelial cells, epithelial barrier, immunity, homeostasis, gastrointestinal tract.*

Introducere

Rolul important pe care îl joacă intestinul în dirijarea și modularea bunăstării întregului organism nu poate fi subestimat. Tractul gastrointestinal (TGI), care este expus constant la o multitudine de stimuli, este considerat responsabil pentru menținerea homeostaziei gazdei. Conform unor autori genetica gazdei joacă un rol semnificativ în modelarea microbiotei intestinale (MI), sugerând că 5-45% din variațiile interindividuale sunt ereditare. Sistemul genetic reglează homeostazia intestinală prin răspunsuri imune, precum și prin funcționarea normală a barierei epiteliale, căile metabolice care favorizează selectiv anumite bacterii comensale, modulând structura comunității [5]. Termenul generic „microbiota intestinală umană” descrie ecosistemul complex, care adăpostește intestinul omului. Acesta include bacterii, virusuri, protozoare, archaea, ciuperci și drojdii. Această clasificare taxonomică nu descrie funcțiile sale, care cuprind digestia și absorbția nutrienților, reglarea sistemului imunitar și metabolismul gazdei. „Microbiomul intestinal”

indică, în schimb genomul, aparținând acestor microorganisme implicate activ în aceste funcții. Cu toate acestea, mecanismele interacțiunii dintre genomul gazdă și cel microbial, care determină buna funcționare a organismului mai rămân insuficient relevante [1, 3, 40].

Scopul lucrării constă în evidențierea rolului sistemului genetic în stabilirea MI și în reglarea homeostaziei TGI.

Material și metode

Cercetarea reprezintă o sinteză narativă a referințelor bibliografice specializate din surse preponderent internaționale. Sinteza s-a bazat pe evaluarea teoretică a datelor obținute de către cercetători, privind implicarea factorului genetic în formarea MI și sănătatea TGI. Sursele au fost selectate prin intermediul motorului de căutare Google Scholar, PubMed și NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) cu ajutorul cuvintelor cheie „sistem genetic”, „microbiotă intestinală”, „tract gastrointestinal”, „factori intrinseci”. Criteriile principale pentru selectarea surselor bibliografice au fost: corespunderea temei de cercetare, anul publicării, accesibilitatea vizualizării textului integral al lucrării. Prima etapă a inclus selectarea articolelor, care conțin componentele de interes pentru cercetare (au fost identificate 111 de surse bibliografice), în a doua – au fost selectate 84, iar criteriul principal pentru eliminare a fost duplicarea informației, iar după o analiză detaliată a lucrărilor (a treia etapă) au fost selectate 43 surse.

Rezultate și discuții

Diverse populații de celule epiteliale oferă prima linie de apărare chimică și fizică împotriva factorilor externi care acționează ca interfață între microorganismele luminale și celulele imunocompetente din *lamina propria*. Prezintă interes în acest aspect mecanismele esențiale, înăscute, care protejează integritatea mucoasei, fiind astfel responsabile de menținerea homeostaziei intestinale. Unii autori menționează importanța interacțiunii dintre MI și celulele epiteliale ca factor vital pentru menținerea homeostaziei TGI, iar dezechilibrul acestor procese de reglare duce la compromiterea integrității barierei și la disbioză, care contribuie la tulburări inflamatorii și boli metabolice [13]. În continuare, în baza datelor literaturii de specialitate au fost evidențiate caracteristicile populațiilor celulare decisive, implicate în menținerea integrității barierei, bazate pe secreția de mucus, formarea joncțiunilor intercelulare, precum și producerea de peptide antimicrobiene, responsabile de modelarea MI. Enterocitele constituie majoritatea epiteliului intestinal și mediază absorbția ionilor, apei, nutrienților, vitaminelor și sărurilor acizilor biliari neconjugați [22]. Celulele caliciforme, intercalate printre enterocite, sunt glande unicelulare, care secretă mucus alcalin pentru a proteja mucoasa gastrointestinală de stresul mecanic și secrețiile acide [16]. Biologia celulelor caliciforme, integritatea stratului de mucus și producția de mucină sunt toate influențate de interacțiunile cu sistemul imunitar, precum și cu MI [42]. Celulele enteroendocrine, distribuite în stomac, pancreas și intestinul subțire, secretă amine și polipeptide biogene, inclusiv grelina, colecistokinina, peptida 1 asemănătoare glucagonului, peptida YY, peptida 5 asemănătoare insulinei și oxintomodulina. Aceste celule contribuie la digestie, reglează absorbția nutrienților și participă la supravegherea imună prin exprimarea receptorilor de tip Toll (TLR) și a senzorilor moleculari specifici pentru metaboliții bacterieni comensali [38]. TLR sunt exprimați în principal pe celulele sistemului imunitar înăscut, precum macrofagele, celulele dendritice, neutrofilele și celulele B, dar și pe celule epiteliale și endoteliale. Celulele enteroendocrine (CEE) sunt celule epiteliale intestinale secretoare de hormoni, influențate de dietă și microbiom. CEE reglează funcțiile gastrointestinale locale și semnalizarea sistemică, inclusiv comunicarea cu creierul, fiind în același timp asociate cu diverse boli, însă integrarea lor sistemică rămâne insuficient explorată [15]. Celulele G, situate în antrul gastric și duoden, secretă gastrină, care stimulează celulele enterocromafinice să elibereze histamină și celulele parietale să secrete acid clorhidric. Gastrina promovează, de asemenea, creșterea și motilitatea mucoasei gastrice. Celulele G sunt inervate de nervul vag și activate de peptida eliberatoare de gastrină și bombesină [35]. Fiziologia secreției de acid gastric este unul dintre cele mai vechi subiecte din literatura medicală și a fost studiată continuu, începând cu anul 1833. Înțelegerea aprofundată a mecanismului secreției de acid prin direcționarea genelor la șoareci a permis evidențierea rolului unic al fiecărui regulator pentru a valorifica și justifica dezvoltarea de noi terapii țintite pentru tulburările legate de acid.

Însă sunt necesare cercetări suplimentare privind semnificațiile fiziologice ale acidității gastrice în formarea microbiomului intestinal [10]. Glia enterică este partenerul neuronilor din sistemul nervos enteric în întregul TGI. Rolurile îndeplinite de glia enterică sunt diverse și contribuie la menținerea homeostaziei intestinale prin interacțiuni cu neuronii, celulele imune și epitelul intestinal. Influențele gliale optimizează procesele fiziologice intestinale, cum ar fi motilitatea intestinală și integritatea barierei epiteliale, prin acțiuni, care reglează micromediul sistemului nervos enteric, activitatea neuronilor enterici, funcțiile epiteliale intestinale și răspunsul imun. Modificările fenotipului glial în boli modifică funcțiile gliale și contribuie la inflamația intestinală, dismotilitate, durere, neuroplasticitate și tumorigeneză [14]. Celulele oxintice (parietale), situate în mucoasa gastrică, secretă acid clorhidric, care facilitează descompunerea alimentelor, activează enzimele digestive și menține pH-ul intragastric scăzut necesar pentru apărarea antimicrobiană. Aceste celule produc, de asemenea, factor intrinsec, esențial pentru absorbția vitaminei B₁₂ în ileonul terminal [12]. Secretia și homeostazia celulelor parietale sunt reglate de căi de semnalizare care controlează modificările citoscheletale necesare pentru remodelarea membranei apicale și activitățile organitelor și pompelor de protoni. Colonizarea mucoasei gastrice umane de către *Helicobacter pylori* afectează plasticitatea și homeostazia celulelor epiteliale gastrice, promovând progresia epitelială spre neoplazie. Prin intervenția în expresia pompei de protoni, *H. pylori* modifică abundența și diversitatea microbiotei, care populează lumenul intestinal. Studiile asupra toxinelor bacteriene și a proteinelor efectoare ale acestora au oferit perspective asupra fiziologiei celulelor parietale și a mecanismelor prin care agenții patogeni preiau controlul asupra activităților celulare, sporind înțelegerea fiziologiei TGI, a bolilor infecțioase microbiene și cele imunologice [41]. Celulele zimogene (principale) secretă pepsinogen, chimozină și lipază gastrică. Pepsinogenul este transformat în pepsină de către acidul clorhidric. Atât pepsina, cât și chimozina catalizează descompunerea proteinelor în aminoacizi [17]. Granula de zimogen 16 (ZG16) este o glicoproteină secretorie situată în granulele de zymogen. Deleția ZG16 la șoareci poate induce leziuni ale barierei mucoasei intestinale și ale MI și poate declanșa simptome puternice de colită ulceroasă și cancerul colorectal (CCR) induse. Mai important, ZG16 poate afecta și funcția mucoasei pulmonare prin afectarea diversității MI și a metaboliților. Unele rezultate au demonstrat, că ZG16 joacă un rol esențial în inhibarea inflamației intestinale și pulmonare la șoareci și un rol pozitiv în reglarea sistemului lor imunitar [7]. Celulele Paneth, situate în criptele Lieberkühn ale intestinului subțire și gros, secretă peptide și proteine antimicrobiene, care reglează MI și modulează răspunsurile inflamatorii [2]. În condiții normale, aceste celule funcționează ca pietre de temelie ale sănătății intestinale prin păstrarea homeostaziei. Ele îndeplinesc această funcție prin furnizarea de factori de nișă celulelor stem intestinale, reglând compoziția microbiomului prin producerea și secreția de peptide antimicrobiene, efectuând fagocitoza și eferocitoza (procesul prin care fagocitele profesionale, precum macrofagele, înglobează și elimină celulele apoptotice), absorbind metalele grele și păstrând integritatea barierei intestinale. Tulburările uneia sau mai multor dintre aceste funcții pot duce la boli inflamatorii și infecțioase intestinale, precum și sistemice [36]. Celulele micropliate (M) – celule specializate din epitelul plăcilor Peyer ale intestinului subțire prelevează antigene luminale și le livrează celulelor prezentatoare de antigen, inițiind răspunsuri imune [23, 40]. Celulele Tuft, o altă populație specializată de celule epiteliale ale intestinului subțire, contribuie la apărarea imună împotriva infecțiilor parazitare și protozoare prin semnalizare chemosenzorială și eliberare de citokine [18]. Celulele Tuft sunt celule chemosenzoriale epiteliale rare, situate în diverse organe, inclusiv în intestin, și sunt caracterizate prin proeminențe apicale mari. Cunoscută sub numele de „santinele” intestinale, celulele Tuft eliberează molecule efectoare imunologice răspândite ca răspuns la agenții patogeni luminali intestinali. O altă proprietate a acestor celule este menținerea homeostaziei intestinale și modularea microbiomului intestinal, ceea ce reduce inflamația. Actualmente, este discutat răspunsul sistemului imunitar mediat de celulele Tuft și activarea acestuia prin intermediul agenților patogeni luminali, precum și rolul pe care îl joacă axa succinat-celulă Tuft în modularea MI. Axa funcționează în câteva etape: la dezechilibrul MI crește nivelul succinatului, care ulterior se atașează de receptorul SUCNR1 de pe celulele Tuft, acestea secretă IL-25, care contribuie la activarea imunității de tip 2 pentru apărarea împotriva infecțiilor, influențând concomitent microbiota și metabolismul [31]. Astfel, studiul comunicării bidirecționale dintre celulele epiteliale intestinale și microbiom a evidențiat roluri diferite tipuri de celule epiteliale intestinale: celulele Paneth, celu-

lele caliciforme și celulele enteroendocrine sunt implicate preponderent în menținerea homeostaziei intestinale și a funcției de barieră. Metaboliții derivați din MI, în special acizii grași cu lanț scurt și acizii biliari, influențează funcția celulelor epiteliale și integritatea barierei intestinale. În plus, au fost aduse dovezi concludente ale cooperării sofisticate dintre diferite tipuri de celule epiteliale, cu accent special pe interacțiunea dintre celulele Tuft și Paneth în menținerea echilibrului microbian. Înțelegerea acestor interacțiuni complexe are implicații importante pentru dezvoltarea de strategii terapeutice țintite pentru diverse tulburări ale TGI, inclusiv boli inflamatorii intestinale, tulburări metabolice și CCR [40]. Sistemul genetic care reglează homeostazia gastrointestinală este o rețea complexă, multistratificată, care implică expresia genelor gazdă, autoreînnoirea celulelor stem intestinale (CSI) și interacțiunea cu microbiota. Mecanismele-cheie includ: semnalizarea Wnt cu rolul de proliferare și diferențiere celulară cu implicare în organogeneză, remodelare tisulară și modularea homeostaziei, calea Hedgehog (Hh) pentru integritatea structurală și reglarea microARN (miARN) a răspunsurilor imune.

Epiteliu intestinal și celule stem. Autoreînnoirea este guvernată de semnalizarea Wnt/ β -catenină și Notch cu rol în reglarea destinului celular (diferențiere, proliferare și apoptoză), care echilibrează CSI-urile cu celulele diferențiate. Mecanismul homeostaziei prevede un echilibru precis între Wnt (proliferare) și Notch (decizia privind soarta celulei), care previne epuizarea celulelor stem și asigură o regenerare continuă a barierei epiteliale. CSI joacă un rol important în menținerea homeostaziei intestinale prin promovarea unei bariere intestinale sănătoase. În nișa celulelor stem (un micromediu specializat în care celulele stem rezidente se divid și se diferențiază) MI, care realizează interacțiunea dintre influența dietei și răspunsul gazdei, a fost identificată ca un regulator important al CSI. Dovezi recente arată, că interacțiunea dintre CSI și MI reglează autoreînnoirea epitelială [29]. Relația complexă dintre căile metabolice și homeostazia intestinală subliniază interacțiunea lor crucială. S-a demonstrat, că aceste căi metabolice reglează direct autoreînnoirea CSI și influențează deciziile privind soarta CSI în condiții homeostatice, dar mecanismele celulare și moleculare ale acestor procese rămân incomplet înțelese. Înțelegerea implicării complexe a diferitelor căi în menținerea homeostaziei intestinale este promițătoare pentru elaborarea de strategii inovatoare pentru abordarea bolilor intestinale. Este necesar de a precăuta reglarea homeostaziei intestinale din perspective multiple, inclusiv reglarea celulelor epiteliale intestinale, reglarea micromediului tisular și rolul-cheie al metabolismului nutrienților [43]. Calea Wnt, constituită din oncogene și supresoare de tumori, realizează o modulare a funcțiilor celulare prin rețele de semnalizare autocrină și paracrină prin intermediul a două căi majore: cea canonică a cărei mediator central este β -catenina, și cea non-canonică sau β -catenin independentă. De asemenea, calea Wnt determină modificarea metabolismului celular cu stabilirea efectului Warburg (metabolism alterat al celulelor canceroase, care preferă glicoliza anaerobă în locul fosforilării oxidative, chiar și în prezența oxigenului) și dereglarea homeostaziei glutaminei și α -ketoglutaratului (precursor pentru glutamat și glutamină, susținând funcția imunitară). Prin efecte asupra limfocitelor T și celulelor dendritice este compromis răspunsul imun antitumoral. Astfel, există o corelație sesizabilă între activarea necontrolată a căii de semnalizare Wnt și tumorigeneza cu creșterea rezistenței la imunoterapie, iar evidențierea inhibitorilor componentelor cascadei de semnalizare ar fi utilă în restabilirea imunității antitumorale [20]. Prezintă un deosebit interes factorii moleculari intrinseci ai funcționării celulelor epiteliale ale intestinului, care, la rândul lor, controlează răspunsurile diferitelor țesuturi. Unii autori oferă o imagine de ansamblu asupra rolului guanilat ciclazei, care este o enzimă transmembranară sau solubilă, un mesager secundar esențial pentru vasodilatație și homeostazia intestinală, cu impact asupra proliferării celulare și a microbiomului intestinal [4].

Căi de semnalizare. Calea de semnalizare Hh reprezintă un mecanism molecular esențial, care controlează dezvoltarea embrionară, creșterea celulară și diferențierea țesuturilor. Această cale reglează dezvoltarea stomacului și homeostazia glandelor gastrice și este esențială pentru dezvoltarea normală a TGI la mamifere. Prin interacțiuni epitelio-mezenchimale, semnalizarea Hh asigură o configurație axială adecvată a intestinului embrionar. Anomaliile congenitale, inclusiv mal rotațiile, malformațiile anorectale și fistula traheoesofagiană, sunt asociate cu mutații/ștergerea liniei germinale a genelor, care codifică componentele de semnalizare Hh la om și sunt prezente la animalele experimentale modificate genetic. La adulți, există dovezi, că această cale joacă un rol bine determinat în menținerea populațiilor de celule stem în stomac

și în direcționarea diferențierii celulelor epiteliale în intestin. Date recente implică semnalizarea Hh în formarea și menținerea unui șir de tumori maligne, inclusiv cele ale TGI superior și ale pancreasului. Unii autori au adus dovezi, că această cale de dezvoltare are roluri continue în homeostazia TGI la adulți și este dereglată în malignitatea și inflamația acestuia [24]. *Reglarea miARN*. MiARN controlează expresia genelor legate de proliferare, inflamație și compoziția MI. Metaboliții microbiotei modulează expresia genelor gazdă pentru a menține integritatea barierei și echilibrul imunitar (axa imuno-genetică). Homeostazia imună este indispensabilă pentru păstrarea integrității organismului, fiind orchestrată prin rețele moleculare complexe, care cuprind dinamica celulelor imune, indicii microbieni și reglarea epigenetică. Printre acestea, axa MI-ARN necodificator (ncARN) a atras recent o atenție substanțială ca modulator multilateral al imunității gazdei. Dovezi convingătoare indică faptul, că metaboliții derivați din microorganisme pot reprograma expresia ncARN, modulând astfel diferențierea, activarea și răspunsurile efectoare ale celulelor imune. În special, perturbarea acestei axe a fost implicată în etiologia diverselor patologii legate de imunitate, inclusiv CCR, sepsisul, ateroscleroza și afecțiunile neuroimune. Deosebit de interesant este potențialul său translațional: atât semăturile microbiene, cât și profilurile ncARN sunt utilizate ca biomarkeri diagnostici și ținte pentru modularea imună. Numeroși autori subliniază importanța axei imuno-genetice în imunologia de precizie și corelarea cu microbiota gazdei [8]. De asemenea, este evidențiat rolul circuitelor neuroimune: neuronii enterici prin intermediul peptidului intestinal vasoactiv (VIP) influențează celulele imune (celule T) pentru a modula diferențierea și funcția celulelor epiteliale [37]. Datele disponibile din literatura științifică denotă, că genele umane candidate care codifică enzime, citokine inflamatorii și proteine prezintă similaritate cu cele incluse în microbiomul intestinal. Din punct de vedere evolutiv, aceste dovezi explică interacțiunea strictă și sofisticată care stă la baza metabolismului uman și a reglării imunității la oameni. Ele dezvăluie tot mai multe căi fiziopatologice incluse în sănătatea și bolile umane, ceea ce susține rolul bidirecțional al microbiomului intestinal și al genomului uman în metabolismul gazdei și reglarea sistemului imunitar [3].

Microbiota joacă un rol-cheie în fiziologia și menținerea homeostaziei organismului copilului. Este important de a cunoaște procesele de formare a MI și modificarea acestuia în diferite perioade de viață a copilului [21]. Rezultatele studiilor genetice moleculare arată, că formarea MI începe în uter, iar copilul primește flora microbiană a mamei pe tot parcursul sarcinii, nașterii și alăptării. Colonizarea microbiană a unui copil de către microorganismele mamei și ale mediului este cea mai intensă în timpul nașterii și în perioada postnatală. Atât perioada intrauterină, cât și cea neonatală sunt etape critice în formarea microbiomului copilului, care determină semnificativ starea de sănătate a acestuia pe tot parcursul vieții ulterioare. Astfel, compoziția microbiotei care se formează depinde de: vârsta gestațională a copilului, modul de naștere, tipul de hrănire, terapia antibacteriană, factorii genetici, condițiile sanitare și igienice, mediu, condițiile geografice etc. O înțelegere mai profundă a proceselor de formare a MI va permite dezvoltarea de metode eficiente pentru prevenirea și corectarea tulburărilor microecologice la copil [33]. Conform mai multor autori, MI a copiilor devine similară ca și compoziție cu cea a unui adult până la sfârșitul primului an de viață al copilului, cu o predominanță a bacteriilor din genurile *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria* și *Actinobacteria* [34]. MI joacă un rol crucial în dezvoltarea în primele etape ale vieții, influențând diverse aspecte nu numai ale sănătății, ci și a bolilor. Disbioza, un dezechilibru al MI, este asociată cu multiple afecțiuni, inclusiv alergii, astm și obezitate. În primele etape ale vieții, MI joacă un rol-cheie în dezvoltarea și maturarea sistemului imunitar [11, 32]. A fost realizat studiul caracteristicilor MI parietale a femeilor însărcinate cu risc de infecție intrauterină, efectul acestora asupra sistemului mamă-placentă-făt și asupra formării sănătății sugarului. La toate femeile cu vârsta cuprinsă între 34 și 37 de săptămâni de gestație și sugarii lor cu vârsta cuprinsă între 15 și 30 de zile de viață a fost evaluată compoziția MI parietale, utilizându-se concentrația markerilor microbieni (acizi grași din peretele celular al microorganismelor) prin picături de sânge, concentrație identică cu cea a MI parietale. La toate femeile s-a detectat un număr excesiv de markeri microbieni, predominant de tip *Firmicutes*, de rând cu deficitul genurilor prioritare (*Bifidobacterium spp.*, *Lactobacillus spp.*, *Eubacterium spp.*, *Propionibacterium*), ceea ce a dus la o scădere a nivelului plasmalogenului la 12-39 $\mu\text{mol/L}$ (norma 50) și excesul de endotoxină la 1,5 nmol/ml (norma 0,5). Astfel, s-au constatat încălcări ale MI parietale a femeilor însărcinate și impactul lor

negativ asupra sistemului „mamă-placentă-făt” și asupra formării sănătății sugarului [27]. Date interesante au fost obținute, privind dezvoltarea modificărilor abundenței și compoziției MI, precum și nivelurile metabolice ale acizilor biliari și ale acizilor grași cu lanț scurt din microbiota copiilor sănătoși cu vârste cuprinse între 6 luni și 6 ani, în timpul creșterii lor. S-a constatat, faptul că această compoziție și funcție MI nu au fost stabile în perioada neonatală, dar s-au îmbunătățit semnificativ la 6 luni după naștere și s-a stabilit treptat, tinzând spre formarea asemănătoare cu cea a adultului după vârsta de 2-3 ani. Nivelurile de acizi grași cu lanț scurt și acizi biliari secundari au fost în concordanță cu dezvoltarea MI. Acești autori consideră, că vârsta de 6 luni poate fi o perioadă critică pentru stabilirea MI la copiii sănătoși [39]. Conform lui Carson, M. D., și colab., compoziția MI la adolescenți este diferită de cea a copiilor și adulților, ceea ce susține premisa că MI continuă să se dezvolte în timpul adolescenței către un profil asemănător celui adult. Astfel, adolescența, perioada de dezvoltare dintre copilărie și vârsta adultă, este o fereastră critică pentru o creștere și o maturizare sănătoasă [6]. Rezultatele studiilor genetice moleculare indică faptul, că cel mai intens proces de colonizare microbială a unui copil este asociat cu obiceiurile alimentare. Principalul factor în menținerea stabilității și rezistenței normobiotei îl reprezintă autometabolizii microbieni. Cele mai promițătoare domenii în acest aspect sunt cele ale biotehnologiei probioticelor și dezvoltarea probioticelor metabolice (metabiotice), probioticele în combinație cu prebiotice (simbiotice). Înțelegerea proceselor de formare a MI va permite dezvoltarea de metode eficiente pentru prevenirea și corectarea tulburărilor micro-ecologice și motorii ale TGI în corespundere cu vârsta [21]. Este cunoscut faptul, că probioticele, microorganisme vii care conferă beneficii pentru sănătate atunci când sunt administrate în cantități adecvate, au apărut ca o potențială abordare terapeutică pentru disbioza în primele etape ale vieții. Disbioza poate altera rezistența la agenți patogeni, promovând boli atopice, sensibilizare alimentară etc. S-a demonstrat, că probioticele modulează compoziția și funcția MI în perioadele perinatală și infantilă. Acestea pot crește abundența bacteriilor benefice, cum ar fi bifido- și lactobacteriile și pot reduce nivelurile de bacterii potențial dăunătoare. Efectele probioticelor pot varia în funcție de tulpina specifică utilizată. Probioticele au fost, de asemenea, investigate pentru potențialele lor beneficii la sănătatea sugarilor, cum ar fi reducerea riscului de infecții respiratorii și îmbunătățirea creșterii și dezvoltării. Deși unele studii au arătat rezultate promițătoare, sunt necesare mai multe cercetări pentru a înțelege pe deplin beneficiile și riscurile probioticelor la începutul vieții. Însă este cert, că utilizarea probioticelor pentru prevenirea afecțiunilor legate de disbioză poate fi considerată o metodă de „programare” a individului pentru menținerea optimă a sănătății [32]. Unele studii oferă perspective, privind schimbările taxonomice și funcționale majore din MI în curs de dezvoltare a sugarilor cu risc de boală celiacă asociază factorii de risc genetici și de mediu de efectele imunomodulatoare și inflamatorii negative. Privind predispoziția genetică, principalul factor de risc este cel familial, cu o probabilitate de 8-10% pentru copiii părinților afectați. Cercetările arată, că predispoziția genetică și expunerea la gluten sunt necesare, dar nu suficiente, pentru a declanșa boala celiacă [25]. Pe măsură ce este aprofundată înțelegerea interrelației microbiotă-imunitate, devine din ce în ce mai clar că dieta nu este doar o sursă de nutrienți, ci un factor determinant al rezistenței imunitare și al susceptibilității la boli. Integrarea științei microbiomului în recomandările nutriționale este foarte promițătoare în restabilirea echilibrului MI și modularea răspunsurilor imune, inclusiv în cazurile de disfuncție imună legată de bolile autoimune [19]. Progresul în studiul microbiomului uman (la adulți și copiii de diferite vârste), în ceea ce privește impactul său asupra menținerii sănătății, este considerat una dintre cele mai semnificative realizări ale biologiei și medicinei moderne. Studiarea bacteriilor care locuiesc în organism, înțelegerea modelelor de interacțiune a omului cu lumea microorganismelor, va ajuta la o mai bună determinare a rolului lor în metabolismul general, influența asupra funcționării diferitelor sisteme ale organismului, va forma o înțelegere mai precisă a patogenizei bolilor, va deveni baza pentru prevenirea bolilor infecțioase și implementarea terapiei microbiene pentru infecții, obezitate, diabet atât la maturi, cât și la copii [11]. Astfel, o evaluare actuală a rolului geneticii gazdei umane în modelarea compoziției microbiomului intestinal denotă, că factorul genetic afectează o porțiune a microbiomului. Cu toate acestea, acest efect este considerat mai mic comparativ cu estimările anterioare și este dificil de separat influența genetică de efectele de mediu [5]. Mecanismele genetice și imunologice, care guvernează compoziția microbiotei, sunt concentrate pe receptorii cheie de recunoaștere a tiparelor – TLR, receptorii de lectină de tip C (CLR) și proteinele de semnalizare precum CARD9 și

NOD2. TLR sunt esențiali pentru reglarea MI prin recunoașterea tiparelor microbiene și modularea răspunsurilor imune, însă impactul precis al polimorfismelor TLR asupra compoziției microbiene și a susceptibilității la boli rămâne puțin înțeles [30]. Recent s-a constatat, că mai multe CLR-uri au fost implicate în patogenizarea inflamației intestinale, ceea ce reprezintă un factor de risc major pentru CCR. CLR-urile funcționează ca o interfață între microbiotă, bariera epitelială intestinală și sistemul imunitar [26]. Activarea exacerbată a sistemului imunitar gastrointestinal față de MI are loc la gazdele genetic susceptibile și sub influența mediului. De exemplu, majoritatea locilor de susceptibilitate la boala inflamatorie intestinală (BII) se află în genele implicate în răspunsurile imune, cum ar fi membrul 9 al familiei caspazelor (Card9). Această genă contribuie direct la recuperarea după colita indusă de sulfat de dextran sodic (DSS) prin inducerea expresiei colonice a citokinei IL-22 și a peptidelor antimicrobiene Reg3 β și Reg3 γ independent de microbiotă. Pe de altă parte, Card9 este necesară pentru reglarea capacității microbiotei de a produce liganzi AhR, ceea ce duce la producerea de IL-22 în colon, promovând recuperarea după colită [9]. Domeniul cercetării NOD2 a deschis multe întrebări esențiale pentru înțelegerea complexității interacțiunilor microbiotă-gazdă. Pe lângă detectarea componentelor sale bacteriene specifice ca receptor de recunoaștere a modelului citosolic, NOD2 pare să modeleze și colonizarea MI [28].

Concluzii

1. Rezultatele studiilor genetice moleculare arată faptul că atât perioada intrauterină, cât și cea neonatală sunt etape critice în formarea microbiomului copilului, care determină semnificativ starea de sănătate a acestuia pe tot parcursul vieții ulterioare, iar compoziția microbiotei care se formează depinde de: vârsta gestațională a copilului, modul de naștere, tipul de hrănire, terapia antibacteriană, factorii genetici, condițiile sanitare și igienice, mediu, condițiile geografice etc.

2. Studiul rolului sistemului genetic în formarea microbiomului intestinal denotă implicarea mecanismelor genetic și imunologic, care sunt concentrate, în special, pe receptorii cheie de recunoaștere a tiparelor – TLR, CLR și proteinele de semnalizare precum CARD9 și NOD2.

3. Factorul genetic afectează o porțiune a microbiomului gazdei și este dificil de separat influența genetică de efectele de mediu, iar înțelegerea proceselor și momentelor vulnerabile în formarea MI va permite dezvoltarea de metode eficiente pentru prevenirea și corectarea tulburărilor microecologice, privind menținerea dirijată a homeostaziei TGI.

Bibliografie:

1. BASILE, E. J., SHUKLA, K., LAUNICO, M. V., et al. Physiology, Nutrient Absorption. In: *StatPearls*. 2025, StatPearls Publishing.
2. BEVINS CL, SALZMAN NH. Paneth cells, antimicrobial peptides and maintenance of intestinal homeostasis. In: *Nat Rev Microbiol*. 2011 May;9(5): 356-368.
3. BOCCUTO L, TACK J, IANIRO G, et al. Human Genes Involved in the Interaction between Host and Gut Microbiome: Regulation and Pathogenic Mechanisms. În: *Genes*. 2023; 14(4): 857.
4. BOSE A, VISWESWARIAH SS. Gut reactions and gut instincts: regulation of intestinal homeostasis by receptor guanylyl cyclase C (GC-C). In: *Biochem J*. 2025 Aug 13;48(16): 1079-103.
5. CAHANAI I, IRAQI FA. Impact of host genetics on gut microbiome: Take-home lessons from human and mouse studies. In: *Animal Model Exp Med*. 2020 Sep 17;3(3):229-236.
6. CARSON, M. D., WESTWATER, C., NOVINCEN, C. M. Adolescence and the Microbiome: Implications for Healthy Growth and Maturation. In: *The American journal of pathology*. 2023, 193(12): 1900-1909.
7. CHEN, X., CHEN, Y., ZHANG, Y., et al. ZG16 impacts gut microbiota-associated intestinal inflammation and pulmonary mucosal function through bacterial metabolites. In: *International immunopharmacology*. 2024, 141, 112995.
8. CHEN, G. CHEN, X. LENG et al. Gut Microbiota-Non-Coding RNA Axis in Immune Modulation and Disease: From Mechanisms to Clinical Translation. In: *Advanced Sciences*. 2026, Volume13, Issue16. e19949.
9. DANNE C, LAMAS B, LAVALLE A, et al. Dissecting the respective roles of microbiota and host genetics in the susceptibility of Card9^{-/-} mice to colitis. In: *Microbiome*. 2024 Apr 23;12(1):76.

10. DUAN CHEN, SUSAN J. HAGEN, MALCOLM BOYCE, et al. Neuroendocrine mechanism of gastric acid secretion: Historical perspectives and recent developments in physiology and pharmacology. In: *Journal of Neuroendocrinology*, Volume 35, Issue11, March 2026.
11. DZHAPARIDZE L.A., SOLDATOVA O.A. Formation of the children microbiota: its role in overall metabolism. In: *Jurnal infektologii*, 2022; 14(1): 20-30.
12. ENGEVIK, A. C., KAJI, I., GOLDENRING, J. R. The Physiology of the Gastric Parietal Cell. In: *Physiological reviews*, 2020, 100(2): 573-602.
13. GIERYŃSKA M, SZULC-DĄBROWSKA L, STRUZIŁ J, et al. Integrity of the Intestinal Barrier: The Involvement of Epithelial Cells and Microbiota - A Mutual Relationship. In: *Animals*. 2022; 12(2): 145.
14. GONZALES, J., GULBRANSEN, B. D. The Physiology of Enteric Glia. In: *Annual review of physiology* 2025, 87(1): 353-380.
15. GRUNDEKEN, E., EL AIDY, S. Enteroendocrine cells: the gatekeepers of microbiome-gut-brain communication. In: *npj Biofilms Microbiomes*. 2025, 11, 179.
16. GUSTAFSSON JK, JOHANSSON MEV. The role of goblet cells and mucus in intestinal homeostasis. In: *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2022 Dec;19(12): 785-803.
17. HEDA, R., TORO, F., TOMBAZZI, C. R. Physiology, Pepsin. In: *StatPearls*. 2023, StatPearls Publishing.
18. HENDEL SK, KELLERMANN L, HAUSMANN A, et al. Tuft Cells and Their Role in Intestinal Diseases. In: *Front Immunol*. 2022;13: 822867.
19. HUYNH CH. Gut microbiota-immunity interaction and personalized immune response. *Cell Signal*. 2025;3(1): 106-110.
20. IURCU V. Calea de semnalizare moleculară Wnt și rolul ei în tumorigenă În: *Revista de Științe ale Sănătății din Moldova*. 2022; 3(29) Anexa 1. <http://hdl.handle.net/20.500.12710/24498>.
21. KHARITONOVA L.A., GRIGORIEV K.I., PAPYSHEVA O.V., et al. Microbiota and child health: objectives of medical practice. In: *Ros Vestn Perinatol i Pediatr*. 2022; 67(1): 5-13.
22. KO CW, QU J, BLACK DD, et al. Regulation of intestinal lipid metabolism: current concepts and relevance to disease. In: *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2020 Mar;17(3): 169-183.
23. KOBAYASHI N, TAKAHASHI D, TAKANO S, et al. The Roles of Peyer's Patches and Microfold Cells in the Gut Immune System: Relevance to Autoimmune Diseases. In: *Front Immunol*. 2019;10: 2345.
24. LEES C, HOWIE S, SARTOR R, et al. The Hedgehog Signalling Pathway in the Gastrointestinal Tract: Implications for Development, Homeostasis, and Disease. In: *Gastroenterology*, 2005; 129, p. 1696-1710.
25. LEONARD, M. M., KARATHIA, H., PUJOLASSOS, M., et al. Multi-omics analysis reveals the influence of genetic and environmental risk factors on developing gut microbiota in infants at risk of celiac disease. In: *Microbiome*. 2020, 8(1), 130.
26. LI, M., ZHANG, R., LI, J., et al. The Role of C-Type Lectin Receptor Signaling in the Intestinal Microbiota-Inflammation-Cancer Axis. In: *Frontiers in immunology*. 2022,13, 894445.
27. LITYAEVA L.A., KOVALEVA O.V., ZHILENKOVA O.G. Features of the formation of intestinal microbiota at the stage of intrauterine development of the fetus. In: *Children's Infections*. 2018; 17 (3): 21-27.
28. LIU, Z., ZHANG, Y., JIN, T., et al. The role of NOD2 in intestinal immune response and microbiota modulation: A therapeutic target in inflammatory bowel disease. In: *International immunopharmacology*. 2022,113(Pt B), 109466.
29. LUO H, LI M, WANG F, et al. The role of intestinal stem cell within gut homeostasis: Focusing on its interplay with gut microbiota and the regulating pathways. In: *Int J Biol Sci*. 2022 Aug 8;18(13): 5185-5206.
30. MARYLYN AYOUB, YARA ABI CHMOUNI, NORMAN DAMAA, et al. Genetic and immunological regulation of gut Microbiota: The Roles of TLRs, CLRs, and key proteins in microbial homeostasis and disease. In: *Gene*. Volume 955, 5 July 2025, 149469.
31. MASIR, M.N. Multiple Roles and Therapeutic Targets of Tuft Cells in Inflammatory Bowel Disease. In: *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 2026: 1-10.
32. MOGOȘ GFR, MANCIULEA M, ENACHE RM, et al. Intestinal Microbiota in Early Life: Latest Findings Regarding the Role of Probiotics as a Treatment Approach for Dysbiosis. In: *Nutrienti*. 2025; 17(13): 2071.
33. NIKOLAEVA I.V., TSAREGORODTSEV A.D., SHAIKHIEVA G.S. Formation of the intestinal microbiota of children and the factors that influence this process. In: *Ros Vestn Perinatol i Pediatr*, 2018; 63(3): 13-18.

34. PALMER C., BIK E.M., DIGIULIO D.B., et al. Development of the human infant intestinal microbiota. In: *PLoS Biol.* 2007; 5 (7): 177.
35. PROSAPIO JG, SANKAR P, JIALAL I. Physiology, Gastrin. 2023 Apr 6. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan–. PMID: 30521243.
36. WALLAEYS C, GARCIA-GONZALEZ N, LIBERT C. Paneth cells as the cornerstones of intestinal and organismal health: a primer. In: *EMBO Mol Med.* 2023 Feb 8;15(2): e16427.
37. WANG H, FOONG J, HARRIS N., et al. Enteric neuroimmune interactions coordinate intestinal responses in health and disease. In: *Mucosal Immunology*, 15, Volume 15, Issue 1, January 2022, p. 27-39.
38. WANG JK, YAO SK. Roles of Gut Microbiota and Metabolites in Pathogenesis of Functional Constipation. In: *Evid Based Complement Alternat Med.* 2021: 5560310.
39. XIONG, J., HU, H., XU, C. et al. Development of gut microbiota along with its metabolites of preschool children. In: *BMC Pediatr.* 2022; 22 (1): 25.
40. YANG S, LIU H, LIU Y. Advances in intestinal epithelium and gut microbiota interaction. In: *Front. Microbiol.* 2025;16: 1499202.
41. YAO X, SMOLKA A. Gastric Parietal Cell Physiology and *Helicobacter pylori*–Induced Disease. In: *Gastroenterology*, 2019; 156: 2158-2173.
42. ZHANG, MINGMING; WU, CHENCHEN. The relationship between intestinal goblet cells and the immune response. In: *Bioscience reports*, 2020, 40.10: BSR20201471.
43. ZHANG R, PEREKATT A, CHEN L. Metabolic regulation of intestinal homeostasis: molecular and cellular mechanisms and diseases. In: *Med Comm.* 2024 Oct 25;5(11): e776.

N. B.: *Articolul a fost elaborat în cadrul subprogramului: 011001 – „Mecanisme de reglare a homeostaziei organismului și a sănătății și elaborarea procedurilor și măsurilor de menținere a ei”.*

Date despre autori:

Ana LEORDA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, cercetător științific coordonator, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-2923-8843.

Email: leorda-ana64@mail.ru

Svetlana GARAEVA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, cercetător științific stagiar, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9257-5818.

Email: garaeva.47@mail.ru

Galina POSTOLATI, cercetător științific, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8634-4856.

Email: galinapostolati@mail.ru

Prezentat: 01.03.2026

Recenzat: 30.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 378.091.212.2:619

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_14](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_14)

PROFILUL ACADEMIC AL STUDENȚILOR ÎN FUNCȚIE DE EXTINDEREA LOCURILOR BUGETARE LA ADMITERE

Sergiu BALACCI,*Universitatea de Stat din Moldova***Ion BALAN,***Universitatea Tehnică a Moldovei*

Studiul analizează dinamica admiterii la programul de studii medicină veterinară în anii 2024-2026, evidențiind o creștere semnificativă a înmatriculărilor pe locurile finanțate de la buget și o reducere a celor cu taxă. Această extindere numerică a contingentului studentesc este însoțită de o scădere moderată a mediilor de admitere, sugerând o relație inversă între creșterea accesului și nivelul mediu al performanței academice. Distribuția pe gen indică o predominanță constantă a studentelor, care obțin, în mod sistematic, rezultate superioare comparativ cu studenții de gen masculin. Din perspectiva provenienței educaționale, absolvenții de bacalaureat constituie majoritatea, în timp ce alte categorii, deși adesea cu medii mai ridicate, rămân slab reprezentate. În ansamblu, rezultatele reflectă impactul favorabil al politicilor educaționale asupra atractivității programului, dar subliniază necesitatea consolidării mecanismelor de sprijin academic pentru a menține standardele de calitate în condițiile extinderii accesului la studii.

Cuvinte-cheie: admitere universitară, medicină veterinară, performanță academică, formă de finanțare, locuri bugetare, studii cu taxă, distribuție pe gen.

ACADEMIC PROFILE OF STUDENTS IN RELATION TO THE EXPANSION OF STATE-FUNDED ADMISSION PLACES

This study examines the dynamics of admissions to the Veterinary Medicine study program during the period 2024-2026, highlighting a significant increase in enrollments in state-funded places alongside a decline in fee-paying admissions. This numerical expansion of the student cohort is accompanied by a moderate decrease in admission grade averages, suggesting an inverse relationship between increased access and the overall level of academic performance. Gender distribution indicates a consistent predominance of female students, who systematically achieve higher academic results compared to their male counterparts. From the perspective of educational background, high school graduates constitute the majority, while other categories, although often demonstrating higher admission averages, remain underrepresented. Overall, the findings reflect the favorable impact of educational policies on the attractiveness of the program, while also emphasizing the need to strengthen academic support mechanisms in order to maintain quality standards under conditions of expanded access to higher education.

Keywords: university admission, veterinary medicine, academic performance, funding scheme, state-funded places, tuition-based studies, gender distribution.

Introducere

În contextul transformărilor dinamice ale sistemului de învățământ superior și al competiției globale pentru resurse umane calificate, analiza profilului abiturienților înmatriculați în anul I devine o necesitate strategică. Nivelul de pregătire academică în momentul admiterii nu este doar un indicator al succesului politicilor educaționale actuale, ci și un predictor esențial pentru performanța universitară viitoare.

Cercetările comparative între diverse sisteme educaționale subliniază că reușita academică este rezultatul unei interacțiuni complexe între suportul instituțional universitar și structura sistemului preuniversitar. Printre determinanții fundamentali ai succesului se numără abilitățile cognitive, motivația intrinsecă, sprijinul social și pregătirea academică inițială. Literatura de specialitate indică faptul că studenții care dețin o bază solidă de cunoștințe la admitere sunt mai bine echipați pentru a gestiona rigorile materialelor complexe, având o probabilitate crescută de succes.

Un aspect documentat pe scară largă este corelația dintre performanța din liceu și finalizarea studiilor superioare. GEISER și SANTELICES [5], au evidențiat faptul că performanțele academice din învățământul preuniversitar constituie indicatori predictivi mai robuști ai reușitei universitare decât scorurile obținute la testele standardizate. Conform analizei lor, elevii care au înregistrat rezultate liceale deosebite prezintă o probabilitate cu aproximativ 20-30% mai ridicată de a finaliza studiile universitare. Totodată, dimensiunea de gen a performanței academice reprezintă un factor de interes major. Datele furnizate de OECD [9], indică o tendință globală în care femeile obțin diplome de licență într-o proporție superioară bărbaților, reprezentând aproximativ 58% din totalul absolvenților în țările membre. Această disparitate este susținută și de WAN CHIK et. al., [21] care relevă medii academice mai mari în rândul studentelor (3,2) față de studenți (2,7). Astfel, performanța preuniversitară și genul rămân cei mai relevanți predictorii ai calității capitalului uman în formare [3, 4, 19, 20].

Prezentul articol își propune să examineze, dintr-o perspectivă cantitativă și calitativă, profilul abiturienților înmatriculați la Facultatea de Medicină Veterinară în anii universitari 2024-2025 și 2025-2026. Studiul vizează analiza corelațiilor dintre forma de finanțare (buget vs. taxă), categoria de proveniență educațională (bacalaureat, colegiu, cote speciale) și distribuția pe gen, având ca indicator central media notelor de la examenul de bacalaureat.

Prin compararea celor doi ani de admitere studiul urmărește să evidențieze tendințele de evoluție ale efectivelor de studenți, modificările structurale în componența acestora și relația dintre extinderea accesului la studii universitare și nivelul performanței academice inițiale.

Totodată, rezultatele obținute oferă un suport analitic pentru evaluarea sustenabilității formelor de finanțare, a mecanismelor de echitate educațională și a impactului acestora asupra calității capitalului uman format în învățământul superior.

Material și metode

În vederea realizării obiectivelor cercetării, studiul a fost fundamentat pe aplicarea metodei longitudinale de analiză, care a permis examinarea comparativă a evoluției calitative și cantitative a efectivului de studenți înmatriculați în anul I de studii pe parcursul a doi ani universitari consecutivi, respectiv 2024-2025 și 2025-2026. Această abordare metodologică a fost aleasă pentru a cuprinde atât dinamica contingentelor de studenți, cât și modificările structurale ale profilului academic și demografic al abiturienților admiși.

Datele analizate au fost colectate din surse instituționale oficiale, fiind extrase din Ordinele Rectorului Universității Tehnice a Moldovei privind înmatricularea studenților la Facultatea de Medicină Veterinară, și anume: Ordinele 528-r, 529-r din 11.08.2024, 579-r din 20.08.2024, 617-r din 30.08.2024, 649-r din 20.09.2024 precum și ordinele nr. 451-r din 12.08.2025, nr. 527-r, 528-r din 24.08.2025 și nr. 586-r din 26.09.2025 [10-18]. Utilizarea acestor documente administrative a asigurat caracterul complet, veridic și comparabil al datelor aferente ambilor ani de studiu analizați.

Analiza a vizat totalitatea studenților înmatriculați în anul I, atât la forma de finanțare de la bugetul de stat, cât și la forma de finanțare cu taxă. În cadrul studiului au fost luați în considerare mai mulți indicatori relevanți pentru evaluarea calității abiturienților, printre care: numărul total de studenți înmatriculați, distribuția acestora pe gen, structura pe categorii de proveniență educațională (tipul diplomei de acces), precum și performanța academică preuniversitară exprimată prin media notelor de bacalaureat, analizată atât la nivel agregat, cât și diferențiat pe gen și pe categoria de admitere.

Prelucrarea datelor a fost realizată prin metode statistice descriptive, care au permis calcularea valorilor absolute și relative, a mediilor aritmetice și a variațiilor procentuale între cei doi ani universitari. Rezultatele obținute au fost sistematizate sub formă de tabele comparative, facilitând interpretarea tendințelor evolutive și formularea concluziilor privind impactul politicilor de admitere asupra calității inițiale a studenților înmatriculați.

Rezultate și discuții

Tabelul 1 sintetizează distribuția numerică a studenților finanțați de la bugetul de stat pentru anii universitari 2024-2025 și 2025-2026, oferind un cadru comparativ al evoluției efectivelor.

Tabelul 1. Numărul studenților înmatriculați, la anul I pentru anii universitari 2024-2025 și 2025-2026, forma de finanțare de la bugetul de stat în funcție de categoria diplomelor

Categorii abiturienților înmatriculați	Numărul abiturienților înmatriculați					
	Anul de studii 2024-2025			Anul de studii 2025-2026		
	F	M	Total	F	M	Total
Absolvenți din localitățile de Est ale Republicii Moldova	1	-	1	2	-	2
Deținători ai diplomelor de bacalaureat, cota 15%	3	3	6	5	4	9
Deținători ai diplomelor de bacalaureat	16	6	22	29	14	43
Deținători ai diplomelor de colegiu	8	8	16	7	5	12
Total	28	17	45	43	23	66

Notă: F – genul feminin; M – genul masculin.

Această prezentare permite nu doar cuantificarea modificărilor cantitative, ci și aprecierea transformărilor structurale în compoziția grupurilor de studenți, evidențiind dinamica accesului în învățământul superior și echilibrul între diferite categorii de abiturienți. În plus, analiza diferențelor pe gen oferă indicii relevanți asupra tendințelor de participare și performanță, constituind un fundament empiric pentru evaluarea eficienței politicilor educaționale și a mecanismelor de selecție aplicate în procesul de admitere.

Tabelul 1 reflectă dinamica numărului de studenți înmatriculați în anul I de studii, finanțați de la bugetul de stat, pentru anii universitari 2024-2025 și 2025-2026, cu repartizare pe categorii de abiturienți și pe gen. Analiza volumului total al înmatriculărilor evidențiază o creștere semnificativă, de la 45 de studenți în anul universitar 2024-2025 la 66 de studenți în 2025-2026, corespunzătoare unei majorări de 46,7%. Această dinamică ascendentă reflectă atât consolidarea capacității instituționale de atragere a candidaților eligibili pentru finanțare bugetară, cât și intensificarea interesului pentru medicina veterinar, în contextul extinderii cotei locurilor finanțate de la bugetul de stat.

Totodată, evoluția pozitivă poate fi corelată și cu ajustările recente ale cadrului normativ specific sectorului sanitar veterinar din Republica Moldova. Revizuirea dispozițiilor privind exercitarea profesiei de medic veterinar (crearea Colegiului Medicilor Veterinari) și reglementarea activităților conexe, inclusiv a celor ce vizează organizarea și funcționarea farmaciilor veterinare, au contribuit la clarificarea statutului profesional, la delimitarea responsabilităților și la sporirea coerenței instituționale a domeniului [6, 8]. Un cadru legislativ mai bine structurat generează predictibilitate profesională și consolidează încrederea tinerilor în stabilitatea și relevanța socială a profesiei [1, 2].

Totodată, Hotărârea Guvernului nr. 611/2023 [7] privind acordarea facilităților tinerilor specialiști cu studii superioare în medicina veterinară constituie un stimulent suplimentar în orientarea vocațională. Mecanismele de sprijin financiar și facilitățile acordate la integrarea în câmpul muncii reduc barierele inițiale ale tranziției profesionale și sporesc atractivitatea domeniului, contribuind astfel la creșterea numărului de candidați și la consolidarea bazei de formare a resurselor umane calificate în sectorul medical veterinar.

Analiza pe categorii de abiturienți relevă faptul că cea mai numeroasă grupă este constituită de deținătorii diplomelor de bacalaureat, care înregistrează o creștere semnificativă, de la 22 de studenți în 2024-2025 la 43 de studenți în 2025-2026. Această dublare aproape integrală a contingentului indică o consolidare a fluxului tradițional de acces în învățământul superior și o atractivitate sporită pentru absolvenții de liceu.

Categoria deținătorilor diplomelor de bacalaureat în limita cotei de 15% prezintă, de asemenea, o evoluție ascendentă, de la 6 la 9 studenți, ceea ce reflectă o valorificare mai eficientă a mecanismelor de echitate instituite prin politicile educaționale. În cazul absolvenților din localitățile de Est ale Republicii Moldova, se observă o creștere modestă, dar constantă, de la 1 la 2 studenți, indicând menținerea, chiar și la scară redusă, a accesului pentru această categorie specifică.

În contrast, numărul studenților admiși pe baza diplomelor de colegiu înregistrează o ușoară diminuare, de la 16 în anul 2024-2025 la 12 în 2025-2026. Această scădere poate fi interpretată ca un indiciu al reducerii interesului sau al competitivității acestei căi alternative de acces la studiile universitare.

Din punct de vedere al distribuției pe gen, datele indică o predominanță constantă a genului feminin în ambii ani analizați. În anul universitar 2024-2025, femeile reprezintă 62,2% din totalul studenților înmatriculați, iar în 2025-2026 ponderea acestora se menține la un nivel comparabil, de 65,2%. Această tendință demonstrează o participare mai activă a genului feminin la studiile universitare finanțate de la bugetul de stat, fenomen care coincide cu evoluția generală din învățământul superior.

În concluzie, datele prezentate în Tabelul 1 evidențiază o creștere cantitativă semnificativă a numărului de studenți înmatriculați, însoțită de modificări structurale relevante în funcție de categoria de proveniență și de gen.

În continuare s-a studiat numărului de studenți înmatriculați în anul I de studii, la forma de finanțare cu taxă, pentru anii universitari 2024-2025 și 2025-2026, cu structurare pe categorii de abiturienți și pe gen (tabelul 2).

Tabelul 2. Numărul studenților înmatriculați, la anul I pentru anii universitari 2024-2025 și 2025-2026, forma de finanțare cu taxă

Categoria abiturienților înmatriculați	Numărul abiturienților înmatriculați					
	Anul de studii 2024-2025			Anul de studii 2025-2026		
	F	M	Total	F	M	Total
Absolvenți din localitățile de Est ale RM	-	1	1	-	-	-
Deținători ai diplomelor de bacalaureat, cota 15%	-	-	-	-	-	-
Deținători ai diplomelor de bacalaureat	3	7	10	1	-	-
Deținători ai diplomelor de colegiu	2	1	3	-	-	-
Total	5	9	14	1	-	1

Notă: F – genul feminin; M – genul masculin.

Analiza datelor Tabelului 2 evidențiază o diminuare pronunțată a efectivului total de studenți admiși la anul I pentru anii universitari 2024-2025 și 2025-2026, forma de finanțare cu taxă.

Din punct de vedere cantitativ, analiza comparativă evidențiază o diminuare pronunțată a numărului total de studenți înmatriculați în regim cu taxă, de la 14 în anul universitar 2024-2025 la un singur student în 2025-2026, ceea ce echivalează cu o micșorare de peste 90%. Amploarea acestei scăderi poate fi interpretată în corelație cu reorientarea candidaților către locurile finanțate de la bugetul de stat, în contextul extinderii capacității de înmatriculare în acest regim de finanțare, de la 45 de locuri în 2024-2025 la 75 de locuri în 2025-2026.

Analiza pe categorii de abiturienți relevă faptul că, în anul universitar 2024-2025, cea mai numeroasă grupă a fost reprezentată de deținătorii diplomelor de bacalaureat, cu un total de 10 studenți, majoritatea de gen masculin. De asemenea, se înregistrează prezența redusă a absolvenților de colegiu (3 studenți) și a unui absolvent din localitățile de Est ale Republicii Moldova. În anul universitar 2025-2026, aceste categorii dispar în totalitate, fiind reprezentată doar categoria de deținători ai diplomelor de bacalaureat, cu un singur student, fără posibilitatea de a observa o distribuție comparabilă pe gen sau categorie.

Categoria deținătorilor diplomelor de bacalaureat în limita cotei de 15% nu înregistrează studenți admiși la forma cu taxă în niciunul dintre anii analizați, ceea ce confirmă orientarea preponderentă a acestei cote către finanțarea bugetară, în acord cu principiile de echitate socială și politici educaționale incluzive.

Din perspectiva distribuției pe gen, datele pentru anul universitar 2024-2025 indică o predominanță a genului masculin (64,3%), în timp ce genul feminin reprezintă 35,7% din totalul studenților înmatriculați cu taxă.

În concluzie, datele prezentate în tabelul 2 evidențiază o scădere pronunțată a numărului de studenți înmatriculați la forma de finanțare cu taxă, concomitent cu o reducere drastică a diversității categoriilor de abiturienți. Această evoluție poate fi interpretată ca urmare a eficienței mecanismelor de finanțare bugetară și ca efect al preferințelor educaționale și al constrângerilor economice ale candidaților.

Tabelul 3 sintetizează performanța academică a studenților admiși în anul I de studii pentru anii universitari 2024-2025 și 2025-2026, evidențiind media notelor de bacalaureat în funcție de categoria de abiturienți.

Tabelul 3. Performanța bacalaureatului studenților înmatriculați la anul I pentru anii universitari 2024-2025 și 2025-2026, forma de finanțare de la bugetul de stat

Categorია abiturienților înmatriculați	Anul de studiu 2024-2025		Anul de studiu 2025-2026	
	Numărul de studenți	Media balurilor	Numărul de studenți	Media balurilor
Absolvenți ai școlilor medii de cultură generală din localitățile din Est ale RM	1	9,02	2	9,24±0,23
Deținători ai diplomelor de bacalaureat/Colegiu, cota 15%	6	8,23±0,87	9	7,31±0,73
Deținători ai diplomelor de bacalaureat	22	7,61±0,50	43	7,47±0,73
Deținători ai diplomelor de Colegiu	16	8,59±0,57	12	7,97±0,87
Total	45	8,07±0,74	66	7,57±0,83

Analiza indică relația dintre efectivul numeric al studenților admiși și nivelul performanței inițiale, oferind perspective asupra selecției academice și echilibrului calitate-cantitate în procesul de admitere.

În anul universitar 2024-2025, efectivul total de 45 de studenți înmatriculați se caracterizează printr-o medie globală de 8,07±0,74, ceea ce reflectă o selecție academică relativ riguroasă. Din punct de vedere al categoriilor, performanța cea mai ridicată se înregistrează în rândul absolvenților școlilor medii de cultură generală din localitățile de Est ale Republicii Moldova, cu o medie de 9,02, deși acest rezultat trebuie interpretat cu prudență din cauza reprezentativității reduse (un singur student). Deținătorii diplomelor de colegiu prezintă o medie de 8,59±0,57, confirmând o pregătire preuniversitară solidă. Categoria deținătorilor diplomelor de bacalaureat în limita cotei de 15% atinge o medie de 8,23±0,87, depășind media generală și evidențiind eficiența mecanismelor de incluziune fără afectarea calității academice. În contrast, categoria dominantă a deținătorilor diplomelor de bacalaureat (22 de studenți) înregistrează o medie de 7,61±0,50, inferioară altor categorii, dar suficientă pentru cerințele de admitere.

În anul universitar 2025-2026, efectivul total crește semnificativ, ajungând la 66 de studenți, însă această extindere numerică se reflectă într-o scădere a mediei generale, care coboară la 7,57±0,83. Analiza pe categorii evidențiază o menținere a performanței ridicate pentru absolvenții din localitățile de Est (9, 24), în timp ce deținătorii diplomelor de colegiu înregistrează o diminuare a mediei la 7,97±0,87, sugerând o eterogenitate mai accentuată a nivelului de pregătire. Categoria deținătorilor diplomelor de bacalaureat în cota de 15% scade la o medie de 7,31±0,73, în pofida creșterii numărului de studenți, în timp ce categoria majoritară a deținătorilor diplomelor de bacalaureat menține o medie relativ constantă de 7,47±0,73.

Analiza comparativă a celor doi ani relevă o relație invers proporțională între extinderea numerică a studenților admiși (+46,7%) și nivelul mediu al performanței academice inițiale (scădere de 0,50 puncte). Structura pe categorii indică menținerea performanțelor ridicate în grupurile numeric reduse, în timp ce extinderea efectivelor mari contribuie la diminuarea mediei generale.

În concluzie, datele din tabelul 3 subliniază faptul că politicile de admitere pentru anul universitar 2025-2026 au permis creșterea accesului la învățământul superior, însă cu un impact moderat asupra calității academice inițiale. Această evoluție evidențiază necesitatea unor mecanisme suplimentare de sprijin academic pentru a asigura menținerea performanței în contextul lărgirii bazei de admitere.

Tabelul 4. Performanța bacalaureatului abiturienților înmatriculați la anul I pentru anii universitari 2024-2025 și 2025-2026, forma de finanțare cu taxă

Categorია abiturienților înmatriculați	Anul de studiu 2024-2025		Anul de studiu 2025-2026	
	Numărul de studenți	Media balurilor	Numărul de studenți	Media balurilor
Absolvenți ai școlilor medii de cultură generală din localitățile din Est ale RM	1	8,22	-	-
Deținători ai diplomelor de bacalaureat/Colegiu, cota 15%	-	-	-	-
Deținători ai diplomelor de bacalaureat	10	6,59±0,81	1	6,59
Deținători ai diplomelor de Colegiu	3	6,90±1,30	-	-
Total	14	6,80±0,95	1	6,59

Tabelul 4 prezintă evoluția performanței academice a studenților admiși în anul I la forma de finanțare cu taxă pentru anii universitari 2024-2025 și 2025-2026, analizând atât efectivul numeric, cât și mediile notelor de bacalaureat pe categorii de abiturienți. Datele evidențiază atât nivelul pregătirii preuniversitare, cât și schimbările structurale ale admiterii în cadrul acestei forme de finanțare.

În anul universitar 2024-2025, numărul total de studenți înmatriculați cu taxă a fost de 14, cu o medie generală de 6,80±0,95, indicând un nivel moderat al performanței academice la admitere, sub valorile înregistrate pentru studenții finanțați de la bugetul de stat. Analiza pe categorii relevă diferențe notabile: absolventul școlii medii din localitățile de Est ale Republicii Moldova, deși singur, înregistrează o medie de 8,22, evidențiind o pregătire preuniversitară solidă; deținătorii diplomelor de bacalaureat, majoritari numeric (10 studenți), prezintă o medie de 6,59±0,81, contribuind decisiv la diminuarea mediei generale; deținătorii diplomelor de colegiu (3 studenți) înregistrează o medie de 6,90±1,30, semnalând un nivel mai modest al performanței academice inițiale. Această structură indică o eterogenitate pronunțată a pregătirii candidaților admiși la forma cu taxă.

În anul universitar 2025-2026, efectivul studenților se reduce drastic la un singur individ, provenind din categoria deținătorilor diplomelor de bacalaureat, cu o medie de 6,59. Această micșorare accentuată limitează posibilitățile de analiză statistică, dar relevă clar o concentrare extremă a admiterii asupra unei singure categorii și o lipsă completă de diversitate a profilului de admitere, în special prin dispariția absolvenților din localitățile de Est și a deținătorilor diplomelor de colegiu.

Analiza comparativă a celor doi ani evidențiază o reducere severă atât a efectivului de studenți, cât și a nivelului mediu al performanței academice. Numărul studenților scade de la 14 la 1, iar media generală a notelor de bacalaureat se reduce de la 6,80±0,95 la 6,59. În același timp, performanța categoriei unice rămâne stabilă, însă scăzută comparativ cu mediile altor categorii din anul precedent.

Tabelul 5 reflectă dinamica mediei balului de admitere a abiturienților înmatriculați în anul I de studii în anii universitari 2024-2025 și 2025-2026, pentru ambele forme de finanțare de la bugetul de stat și cu taxă evidențiind diferențele între gen și variațiile interanuale. Analiza comparativă a datelor conturează atât tendințele generale ale performanței academice la admitere, cât și particularitățile structurale ale distribuției mediilor.

În cadrul finanțării de la bugetul de stat, în anul universitar 2024-2025, media pentru genul feminin este de 8,18±0,77, superioară celei înregistrate de genul masculin (7,98±0,61), diferența fiind de 0,20 puncte. Media generală aferentă acestei forme de finanțare atinge 8,07±0,74, confirmând un nivel ridicat al competitivității pentru locurile bugetare. În anul universitar 2025-2026 se constată o ușoară diminuare a mediilor pentru ambele genuri 7,69±0,81 pentru studente și 7,36±0,84 pentru studenți, media generală reducându-se la 7,57±0,83. Cu toate acestea, avantajul performanței feminine se menține, diferența crescând la 0,33 puncte. Creșterea efectivului total de studenți, concomitent cu scăderea moderată a mediei generale, sugerează o extindere a bazei de admitere în condițiile unei ușoare relaxări a pragului competitiv, fără a afecta însă ierarhia valorică între genuri.

Tabelul 5. Media balului abiturienților înmatriculați la anul I pentru anii universitari 2024-2025 și 2025-2026

Genul abiturienților înmatriculați		Media balului	
		Anul universitar 2024-2025	Anul universitar 2025-2026
Forma de finanțare de la bugetul de stat	F	8,18±0,77	7,69±0,81
	M	7,98±0,61	7,36±0,84
	Media	8,07±0,74	7,57±0,83
Forma de finanțare cu taxă	F	6,37±0,94	-
	M	6,99±0,95	-
	Media	6,80±0,95	6,59
Media totală		7,83±0,96	7,47±0,82

Notă: F – genul feminin; M – genul masculin.

În ceea ce privește forma de finanțare cu taxă, datele pentru anul universitar 2024-2025 indică medii considerabil mai reduse comparativ cu cele aferente locurilor bugetare. Astfel, media pentru genul feminin este de 6,37±0,94, iar pentru genul masculin de 6,99±0,95, rezultând o diferență de 0,62 puncte în favoarea studenților. Media generală pentru această formă de finanțare este de 6,80±0,95, situându-se cu peste un punct sub media corespunzătoare finanțării de la bugetul de stat. Această discrepanță relevă existența unui nivel de exigență mai ridicat în procesul de ocupare a locurilor bugetare, în timp ce forma cu taxă integrează, într-o proporție mai mare, candidați cu performanțe academice medii.

Pentru anul universitar 2025-2026, media generală a formei de finanțare cu taxă este de 6,59, marcând o ușoară scădere față de anul precedent. Chiar în absența dezagregării pe gen, diferența semnificativă față de media finanțării bugetare (7,57±0,83) se menține, confirmând profilul academic distinct al acestei categorii. Variabilitatea relativ mai accentuată a mediilor (deviații standard apropiate de ±0,95) sugerează o eterogenitate mai mare a nivelului de pregătire inițială.

În ansamblu, analiza comparativă a celor două forme de finanțare și a celor doi ani universitari evidențiază menținerea unui avantaj constant al studenților în cadrul finanțării bugetare, concomitent cu existența unui ecart structural între mediile aferente locurilor bugetare și cele cu taxă. Aceste constatări oferă repere relevante pentru evaluarea competitivității procesului de admitere și pentru fundamentarea strategiilor instituționale orientate spre consolidarea performanței academice.

Concluzii

S-a constatat o expansiune numerică semnificativă a studenților admiși pe locurile cu finanțare de la bugetul de stat, înregistrându-se o creștere de 46,7% (de la 45 de studenți în 2024-2025, la 66 de studenți în 2025-2026). În contrast direct, segmentul studiilor cu taxă a suferit o contracție drastică, de peste 90%, efectivul reducându-se de la 14 studenți la un singur student în anul universitar 2025-2026.

Analiza relevă o relație invers proporțională între creșterea cantitativă a numărului de studenți și nivelul mediu al pregătirii acestora. Media generală de admitere a scăzut de la 8,07±0,74 (în 2024-2025) la 7,57±0,83 (în 2025-2026), fapt ce sugerează o diminuare a rigorii selecției în contextul extinderii accesului la studiile universitare.

Deținătorii diplomelor de bacalaureat reprezintă categoria dominantă și cu cea mai mare dinamică de creștere. Deși absolvenții din localitățile de Est ale Republicii Moldova și deținătorii diplomelor de colegiu prezintă, de regulă, medii de admitere superioare (peste 8,00), ponderea lor în totalul înmatriculărilor rămâne redusă sau în ușoară scădere.

Studiul evidențiază o predominanță constantă a genului feminin în structura înmatriculărilor (peste 60%). Totodată, studentele demonstrează o performanță academică superioară constantă față de studenții de gen masculin, menținând o diferență de medie de 0,20-0,33 puncte în ambii ani analizați.

Rezultatele subliniază necesitatea reevaluării atractivității studiilor cu taxă și implementarea unor mecanisme de sprijin academic (tutoriat, cursuri de recuperare) pentru a compensa scăderea mediei generale de admitere și a asigura menținerea standardelor de calitate pe parcursul procesului educațional.

Creșterea cu 46,7% a numărului total de înmatriculări reflectă o dinamică favorabilă determinată de corelarea dintre politicile educaționale și cele sectoriale. Extinderea locurilor bugetare, consolidarea cadrului normativ al medicinei veterinare și instituirea unor mecanisme de suport material pentru tinerii absolvenți configurează un mediu instituțional mai predictibil și mai stimulat, capabil să atragă un număr sporit de candidați eligibili și să consolideze baza de formare a capitalului uman în domeniul medicinei veterinare.

Bibliografie:

1. BALACCI, S., BALAN, I. O analiză a distribuției, educației și perspectivelor profesiei de medic veterinar în Republica Moldova. Simpozionul „Medicină Veterinară” Chișinău. 2024a. p.180-187. DOI:<https://doi.org/10.52326/ismv2024.39>.
2. BALACCI, S., BALAN, I. Perspectiva academică a abiturienților înmatriculați în funcția de performanță liceală și gen. Simpozionul „Medicină Veterinară” Chișinău. 2024b. p.187-192. DOI: <https://doi.org/10.52326/ismv2024.40>.
3. DUBUC MARIE-MAUDE, AUBERTIN-LEHEUDRE MYLÈNE, KARELIS, A. D. Gender Differences in Academic Performance of High School Students: The Relationship with Cardiorespiratory Fitness, Muscle Endurance, and Test Anxiety. *International Journal of Preventive Medicine*. 2020. 11(1) 201.
4. FAISAL, M. KHWAILEH, HAIDAR, I. ZAZA. Gender differences in academic performance among graduates in the University of Jordan: is it real or stereotyping? *College Student Journal*. 2010. Vol.45. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/280655919_Gender_Differences_in_Academic_Performance_amongUndergraduates_at_the_University_of_Jordan_Are_They_Real_or_Stereotyping.
5. GEISER, S., SANTELICES, M. V. *Validity of High-School Grades in Predicting Student Success Beyond the Freshman Year: High-School Record vs. Standardized Tests as Indicators of Four-Year College Outcomes*. Center for Studies in Higher Education. University of California, Berkeley. 2007. 36 p.
6. HOTĂRÂRE GUVERNULUI nr. 696/2020 cu privire la aprobarea Cerințelor privind dotarea și exploatarea unităților autorizate pentru deținerea, distribuția și eliberarea medicamentelor de uz veterinar. Publicat: 09-10-2020 în Monitorul Oficial Nr. 259-266 art. 868. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=152826&lang=ro.
7. HOTĂRÂREA GUVERNULUI nr. 611/2023 pentru aprobarea Regulamentului cu privire la acordarea facilităților tinerilor specialiști cu studii superioare în medicina veterinară. Publicat: 25-08-2023 în Monitorul Oficial Nr. 328-331 art. 738. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=138731&lang=ro.
8. LEGE nr. 121/2020 privind organizarea și exercitarea profesiei de medic veterinar. Publicat: 07-08-2020 în Monitorul Oficial Nr. 199-204 art. 404. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=122521&lang=ro.
9. *OECD Education at a Glance 2015: OECD Indicators*. Paris: OECD Publishing. 2015. Disponibil: <https://www.oecd.org/education/education-at-a-glance-19991487.htm>.
10. ORDIN nr. 451-r, din 12.08.2025 referitor la înmatricularea candidaților în studenți, ciclul I, Licență, învățământ cu frecvență forma de finanțare de la bugetul de stat, Facultatea Medicină Veterinară. Disponibil: <https://admitere.utm.md/wp-content/uploads/2025/08/fmv-zi-buget.pdf>
11. ORDIN nr. 527-r, din 24.08.2025 referitor la înmatricularea candidaților în studenți, ciclul I, Licență, învățământ cu frecvență forma de finanțare de la bugetul de stat, Facultatea Medicină Veterinară. Disponibil: <https://admitere.utm.md/wp-content/uploads/2025/08/fmv-buget-zi-2.pdf>
12. ORDIN nr. 528-r, din 11.08.2024 referitor la înmatricularea candidaților în studenți, ciclul I, Licență, învățământ cu frecvență forma de finanțare de la bugetul de stat, Facultatea Medicină Veterinară. Disponibil: <https://admitere.utm.md/licenta/rezultate-admitere/>
13. ORDIN nr. 528-r, din 24.08.2025 referitor la înmatricularea candidaților în studenți, ciclul I, Licență, învățământ cu frecvență forma de finanțare cu taxă, Facultatea Medicină Veterinară. Disponibil: <https://admitere.utm.md/wp-content/uploads/2025/08/fmv-contract-zi-2.pdf>

14. ORDIN nr. 529-r, din 11.08.2024 referitor la înmatricularea candidaților în studenți, ciclul I, Licență, învățământ cu frecvență forma de finanțare cu taxă, Facultatea Medicină Veterinară. Disponibil: <https://admitere.utm.md/licenta/rezultate-admitere/>
15. ORDIN nr. 579-r, din 20.08.2024 referitor la înmatricularea candidaților în studenți, ciclul I, Licență, învățământ cu frecvență forma de finanțare cu taxă, Facultatea Medicină Veterinară. Disponibil: <https://admitere.utm.md/licenta/rezultate-admitere/>
16. ORDIN nr. 586-r din 26.09.2025 referitor la înmatricularea candidaților în studenți, ciclul I, Licență, învățământ cu frecvență forma de finanțare de la bugetul de stat, Facultatea Medicină Veterinară. Disponibil: <https://admitere.utm.md/licenta/rezultate-admitere/>
17. ORDIN nr. 617-r, din 30.08.2024 referitor la înmatricularea candidaților în studenți, ciclul I, Licență, învățământ cu frecvență forma de finanțare cu taxă, Facultatea Medicină Veterinară. Disponibil: <https://admitere.utm.md/licenta/rezultate-admitere/>
18. ORDIN nr. 649-r, din 20.09.2024 referitor la înmatricularea candidaților în studenți, ciclul I, Licență, învățământ cu frecvență forma de finanțare cu taxă, Facultatea Medicină Veterinară. Disponibil: <https://admitere.utm.md/licenta/rezultate-admitere/>
19. RENATO GIL GOMES CARVALHO. Gender differences in academic achievement: The mediating role of personality. *Personality and Individual Differences*. 2016. Vol. 94, p. 54-58.
20. ULLAH, S.M. ISHTIAQ, AFTAB, S. Gender-Based Performance Differences in English Language Achievement: A Comparative Study of Male and Female. *International Premier Journal of Languages & Literature*. 2025. Vol. 3, No. 4, p. 348-368.
21. WAN CHIK, W. Z., SALAMONSON, Y., EVERETT, B., RAMJAN, L. M., ATTWOOD, N., WEAVER, R., DAVIDSON, P. M. Gender difference in academic performance of nursing students in a Malaysian university college. *International Nursing Review*. 2012. 59(3), p. 387-393.

Date despre autori:

Sergiu BALACCI, doctor, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-9961-6806

E-mail: sergiobalacci@gmail.com

Ion BALAN, doctor habilitat, Universitatea Tehnică a Moldovei.

ORCID: 0000-0002-5431-6057

E-mail: balanion@rambler.ru

Prezentat: 01.03.2026

Recenzat: 30.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 614:504.5(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_15](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_15)

CARACTERISTICA COMPARATIVĂ A STĂRII DE SĂNĂTATE A POPULAȚIEI DIN REGIUNILE NORD ȘI SUD ALE REPUBLICII MOLDOVA ÎN RAPORT CU GRADUL DE POLUARE A MEDIULUI

Irina TABĂRĂ,
Constantin BULIMAGA,
Nicolae BODRUG,

Universitatea de Stat din Moldova

Analiza comparativă a incidenței și prevalenței generale a populației din regiunile de dezvoltare ale Republicii Moldova evidențiază diferențe teritoriale relevante. Regiunea de Dezvoltare Sud înregistrează cele mai scăzute valori ale incidenței generale, cu aproximativ 12,4% sub media națională, precum și ale prevalenței generale, cu circa 16,2% mai mici față de media republicană și 6,9% sub media totală pe raioane. Aceste niveluri reduse pot fi explicate, parțial, printr-un grad relativ scăzut de poluare a mediului din regiunea dată și prin particularități socioeconomice specifice regiunii. În contrast, Regiunea de Dezvoltare Nord prezintă valori mai ridicate atât ale incidenței, cât și ale prevalenței generale, ceea ce se explică printr-o posibilă influență mai pronunțată a gradului de poluare a mediului, factor determinant asupra stării de sănătate a populației. Rezultatele indică existența unor disparități regionale și subliniază necesitatea aprofundării cercetărilor privind relația dintre calitatea mediului și indicatorii de sănătate.

Cuvinte-cheie: *starea sănătății populației, indicatori de sănătate, incidența generală, prevalența generală, analiza comparativă, Regiunea de Dezvoltare Sud, Regiunea de Dezvoltare Nord.*

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE POPULATION HEALTH STATUS IN THE NORTHERN AND SOUTHERN REGIONS OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA IN RELATION TO THE LEVEL OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

The comparative analysis of the general incidence and prevalence of the population across the development regions of the Republic of Moldova highlights significant territorial differences. The Southern Development Region records the lowest values of general incidence, approximately 12.4% below the national average, as well as of general prevalence, about 16.2% lower than the national average and 6.9% below the overall district average. These lower levels may be partially explained by a relatively low degree of environmental pollution in the region and by its specific socioeconomic characteristics. In contrast, the Northern Development Region shows higher values for both incidence and general prevalence, which may be attributed to a more pronounced influence of environmental pollution, a determining factor affecting the population's health status. The results indicate the existence of regional disparities and emphasize the need for further research on the relationship between environmental quality and health indicators.

Keywords: *population health status, health indicators, general incidence, general prevalence, comparative analysis, Southern Development Region, Northern Development Region.*

Introducere

Starea de sănătate a populației reprezintă un indicator fundamental al dezvoltării durabile și al calității vieții, reflectând interacțiunea complexă dintre factorii demografici, socio-economici, comportamentali și de mediu. Analiza diferențelor teritoriale în sănătate oferă suport științific pentru fundamentarea deciziilor în domeniul sănătății publice și pentru elaborarea unor politici adaptate specificului regional. În Republica Moldova, particularitățile structurii demografice, nivelul de dezvoltare socio-economic și accesul la servicii medicale determină variații semnificative ale principalilor indicatori de sănătate la nivel regional. În acest context, evaluarea comparativă a stării de sănătate în Regiunea de Dezvoltare Nord (RDN) și Regiunea de Dezvoltare Sud (RDS) prezintă un interes științific.

Relația dintre sănătatea populației și starea componentelor de mediu a devenit, începând cu a doua ju-

măutate a secolului XX, o prioritate la nivel internațional. După anii 1970, s-a conștientizat faptul că dezvoltarea economică intensivă, consumul excesiv de resurse naturale și poluarea mediului pot avea consecințe directe asupra sănătății umane. Conferința ONU privind Mediul Uman (Stockholm, 1972) a marcat începutul orientării globale către conceptul de dezvoltare durabilă, ulterior consolidat prin raportul „Viitorul nostru comun” al Comisiei Mondiale pentru Mediu și Dezvoltare (1983), care a definit dezvoltarea durabilă drept satisfacerea necesităților generației actuale fără a compromite capacitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile necesități [7].

În anul 1984, statele membre ale Regiunii Europene a Organizației Mondiale a Sănătății au adoptat strategia „Sănătate pentru toți”, iar ulterior au fost organizate multiple conferințe europene și globale dedicate relației dintre mediu și sănătate. Prima Conferință Europeană pentru Mediu și Sănătate (Frankfurt, 1989) a adoptat Carta Europeană pentru Mediu și Sănătate, consolidând abordarea integrată a politicilor de sănătate publică. Conferințele ulterioare de la Helsinki (1994), Londra (1999), Budapesta (2004) și Parma (2010) au reafirmat necesitatea protecției sănătății, în special a copiilor, într-un mediu în continuă schimbare [7]. În perioada 2011–2020, OMS a continuat promovarea agendei „Sănătate și Mediu”, inclusiv prin conferințe globale dedicate poluării aerului și bolilor netransmisibile [6].

În Republica Moldova, cercetările în domeniul sănătății în relație cu mediul au evoluat concomitent cu tendințele internaționale. Activitatea științifică în domeniul igienei și sănătății publice a început odată cu fondarea Inspectoratului Sanitar de Stat (1944), a Institutului de Stat de Medicină din Chișinău și a Institutului Moldovenesc de Cercetări Științifice în Igienă și Epidemiologie [7, 18]. Ulterior, fondarea Catedrei de Igienă Generală și dezvoltarea învățământului de medicină preventivă au consolidat baza științifică pentru studiul interdependenței sănătate–mediu [16].

Primele etape ale cercetărilor igienice s-au axat predominant pe evaluarea caracteristicilor factorilor de mediu, fără a analiza sistematic impactul direct asupra sănătății. Ulterior, abordarea s-a extins către studii complexe privind relația dintre calitatea apei potabile și morbiditate (de exemplu, teza lui B.S. Rusnac, 1965 privind fluorul în sursele de apă și morbiditatea dentară), precum și către domeniul igienei muncii și toxicologiei pesticidelor, dezvoltat prin școala științifică fondată de prof. Iacov Reznice [17].

În ultimii ani, studiile realizate în Republica Moldova au analizat dinamica incidenței și prevalenței generale în contextul impactului antropic asupra ecosistemelor urbane și rurale. Cercetările realizate pentru RDN au evidențiat particularități ale structurii morbidității și dependența acesteia de factorii de mediu [3]. Totuși, o analiză comparativă sistematică pentru RDN și RDS, pe baza indicatorilor generali de sănătate (incidența și prevalența), rămâne necesară pentru a evidenția disparitățile teritoriale și pentru a fundamenta intervenții diferențiate. Astfel, prezentul studiu își propune analiza comparativă a stării de sănătate a populației din RDN și RDS a Republicii Moldova, utilizând principalii indicatori statistici – incidența și prevalența – în vederea identificării diferențelor regionale și a tendințelor evolutive.

Scopul cercetării constă în analiza comparativă a stării de sănătate a populației din RDN și RDS a Republicii Moldova.

Materiale și metode

Metodele utilizate:

- analiza statistică descriptivă [15];
- metoda comparativă;
- interpretarea analitică a rezultatelor obținute.

Cercetarea se bazează pe date statistice oficiale privind starea de sănătate a populației din RDN și RDS ale Republicii Moldova. Au fost analizați principalii indicatori precum incidența și prevalența generală.

Perioadele analizate pentru cele două regiuni reflectă etapele succesive ale cercetării. Pentru RDN (2010–2019) au fost utilizate datele investigate în cadrul proiectului anterior privind evaluarea impactului antropic asupra ecosistemelor regionale. Pentru RDS, analiza a fost extinsă până în anul 2023, în scopul actualizării bazei de date statistice și a integrării evoluțiilor epidemiologice recente. Comparabilitatea este asigurată prin utilizarea indicatorilor standardizați (cazuri la 10.000 locuitori) și prin analiza valorilor medii și a tendințelor evolutive.

Rezultate și discuții

Incidența generală a populației în Regiunile de Dezvoltare Nord și Sud: Incidența generală a populației reprezintă un indicator esențial pentru evaluarea stării de sănătate, reflectând numărul cazurilor noi de îmbolnăvire apărute într-o perioadă determinată, raportate la populația totală.

Conform datelor Ministerului Sănătății al RM [9], a fost stabilită și analizată structura și dinamica *incidenței generale a populației*, din RDS, pe perioada anilor 2010–2023. În procesul de evaluare, s-a constatat că dinamica incidenței generale a populației a manifestat un trend ascendent substanțial, ceea ce reprezintă o creștere cu cca 48,0%, față de anul 2010.

Dinamica ratei incidenței generale, în perioada 2010–2019, a avut valori relativ stabile, cu mici fluctuații, însă odată cu declanșarea pandemiei prin *Covid-19*, a avut loc o izbucnire substanțială a numărului de îmbolnăviri.

Așadar, către anul 2011 valoarea totală a incidenței generale a crescut cu aproximativ 9,6%, față de anul 2010 (de la 2172,9 cazuri la 10 mii locuitori până la 2381,4/10.000), iar către anul 2014 descrește cu aproximativ 23,6%, până la 1820,0/10.000 (valoarea minimă). În perioada anilor 2014–2017, s-a manifestat un trend ascendent cu aproximativ 27%, până la 2312,1 cazuri la 10 mii locuitori, după care a avut loc o scădere nesemnificativă a acestui indice, cu cca 3,1 la sută, până la 2241,3/10.000 în anul 2019. Dinamica incidenței pentru RDN și RDS este prezentată în (fig.1)

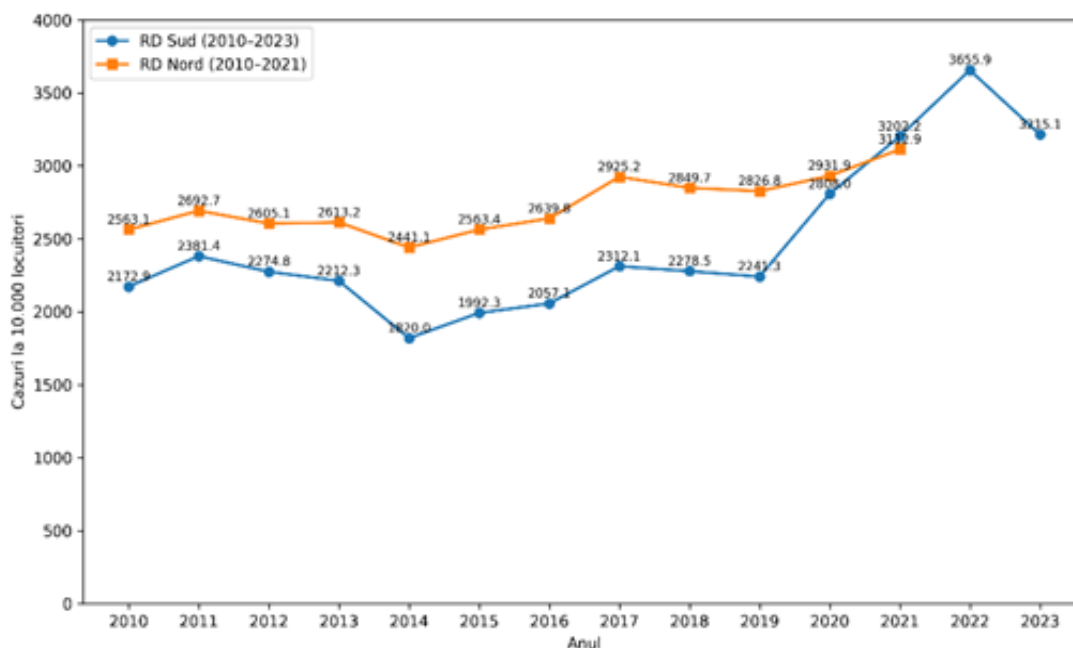


Figura. 1. Evoluția incidenței în Regiunile de Dezvoltare Nord și Sud în perioada 2010–2021.

Începând cu anul 2019, în RDS s-a manifestat un trend ascendent major, iar pentru RDN creșterea rapidă s-a început din 2020 și s-a ajuns la atingerea valorilor maxime în anul 2021 pentru RDN și în a. 2022 pentru RDS, când s-au înregistrat 3655,9/10.000, ceea ce reprezintă o creștere substanțială cu aproximativ 63,1% (pentru RDS). În a. 2023, comparativ cu a. 2022, valoarea incidenței pentru RDS a înregistrat o scădere cu aproximativ 12,1%, ceea ce se explică prin diminuarea intensității pandemiei Covid 19.

În profil teritorial (fig. 2), valoarea medie totală a incidenței generale a populației din RDS, pe perioada analizată, este cea mai joasă comparativ cu alte Regiuni de Dezvoltare și se estimează la 2521,2 cazuri la 10.000 de locuitori, fiind cu aproximativ 32,2% mai mică față de media înregistrată la nivel republican (3719,3/10.000) și, respectiv, cu cca 8,6% mai joasă decât media totală pe raioane (2757,1/10.000) [1]. Acest fapt poate fi explicat prin impactul antropic relativ redus asupra mediului în RDS.

Este necesar de menționat, că cel mai înalt grad de îmbolnăvire a populației a fost înregistrat în RD Chișinău, fiind cu cca 51,7 la sută mai înalt față de RDS (fig. 2).

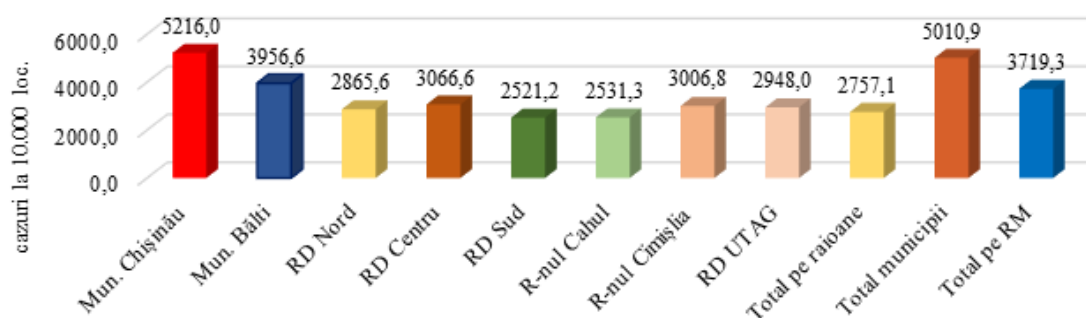


Figura 2. Valorile medii ale incidenței generale pe unități teritoriale [13]

În figura 3 sunt prezentate cele mai răspândite maladii, din structura incidenței generale a populației, ce au fost înregistrate pe teritoriul RDS, pe perioada anilor 2010–2023. S-a stabilit că, principalele boli sunt maladiile sistemului: *respirator*, *cardiovascular*, *bolile infecțioase și parazitare*, *Covid-19*, *digestiv*, *genito-urinar etc.*

Conform [9] și analizei efectuate, s-a stabilit că, cele mai răspândite maladii ce au fost înregistrate pe teritoriul RDS sunt maladiile sistemelor: *respirator*, *Covid-19*, *cardiovascular* și *bolile infecțioase și parazitare*, *digestiv*, *genito-urinar etc.* (fig. 4).

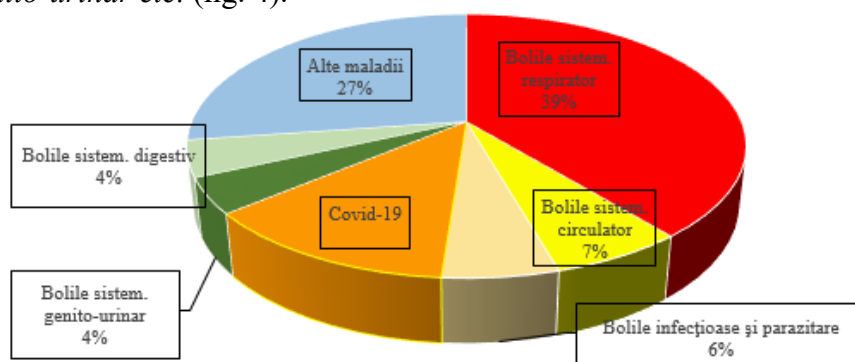


Figura 3. Structura incidenței generale a populației, RDS [1, 13]

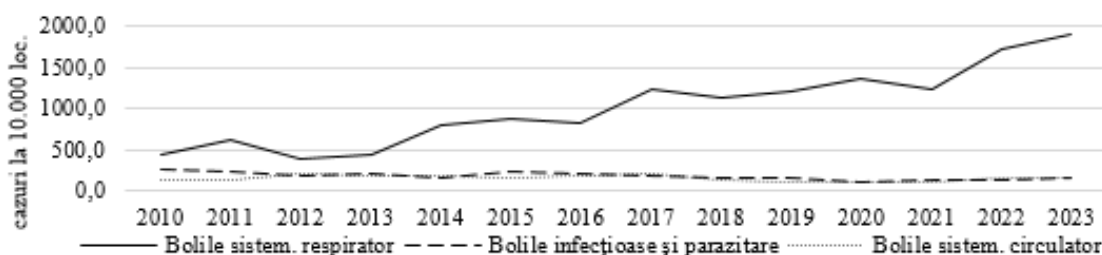


Figura 4. Dinamica incidenței principalelor boli, RDS [1]

Bolile sistemului respirator se mențin pe primul loc în structura incidenței generale a populației pe întreaga perioadă analizată, cu o valoare medie de 1067,3 cazuri la 10.000 locuitori (42,3%). Dinamica acestora prezintă fluctuații moderate, dar cu un trend ascendent clar, valoarea majorându-se de aproximativ 2,6 ori între 2010 (627,8/10.000) și 2022 (1678,0/10.000), cu o ușoară diminuare în 2023 (1639,9/10.000). Această diminuare se explică prin diminuarea intensității pandemiei Covid 19. Valoarea minimă a fost înregistrată în 2012 (570,0/10.000) [1].

Pe locul al doilea se situează maladiile cardiovasculare, cu o medie de 178,8 cazuri la 10.000 locuitori (7,1%). Acestea au înregistrat un trend ascendent moderat (creștere de cca 25,5% față de anul de referință), cu maximum în 2017 (230,3/10.000) și minimum în 2010 (142,5/10.000).

Maladiile infecțioase și parazitare ocupă locul III (154,3/10.000; 6,1%), caracterizându-se printr-un trend descendent general (–35,2% față de anul de referință), cu un maxim în 2011 (265,5/10.000) și un minim de 134,0/10.000 în perioada 2015–2021, urmat de o creștere ulterioară [1].

Odată cu declanșarea pandemiei COVID-19, din anul 2020 această maladie devine una dintre principalele cauze de îmbolnăvire în RD Sud, atingând valoarea maximă în 2022 (3655,9/10.000) și determinând o creștere accentuată a incidenței generale [14]. În perioada 2020–2023, media incidenței COVID-19 a fost de 349,5/10.000 (10,9%), cu maxim în 2021 (506,5/10.000) și minim în 2023 (81,3/10.000) [1].

În concluzie, se poate constata, că în RDS predomină afecțiunile respiratorii (42,3%), urmate de bolile cardiovasculare (7,1%) și cele infecțioase/parazitare (6,1%), iar în perioada pandemică, Covid-19 devine a doua cauză de îmbolnăvire (10,9%).

Analiza comparativă a incidenței generale evidențiază diferențe semnificative între RDN și RDS, cu valori mai ridicate în Regiunea de Dezvoltare Nord în perioada pre-pandemică și o creștere accentuată în Regiunea de Dezvoltare Sud după anul 2020 (fig. 1).

În perioada 2010–2019, RDN a înregistrat o valoare medie a incidenței de 2672 cazuri la 10.000 locuitori, caracterizată printr-un trend ascendent moderat, cu intensificare după anul 2014 [4] (fig. 1). În RDS, valoarea medie a incidenței generale pentru perioada analizată este mai redusă (2521,2 cazuri la 10.000 locuitori), situându-se sub media națională și sub cea înregistrată în RDN [14].

Studiul privind incidența generală [4] indică la faptul că trendul incidenței generale a populației în RDN pentru 4 raioane Râșcani, Ocnița, Glodeni și Drochia este în creștere. Acest fapt demonstrează că calitatea mediului în raioanele date a cauzat condiții (gradul de poluare înalt în regiunea dată) care au dus la creșterea incidenței populației. Incidența în 3 raioane, Sângerei, Florești și Fălești este cu trendul constant, ceea ce indică la faptul că condițiile de mediu din aceste raioane n-au cauzat creșterea incidenței generale a populației (gradul de poluare neesențial).

Din punct de vedere al structurii nosologice, bolile sistemului respirator domină incidența generală în ambele regiuni, însă cu ponderi diferite. În RDN, acestea reprezintă aproximativ 45% (fig. 5) din totalul îmbolnăvirilor, cu un trend ascendent constant pe toată perioada analizată [4].

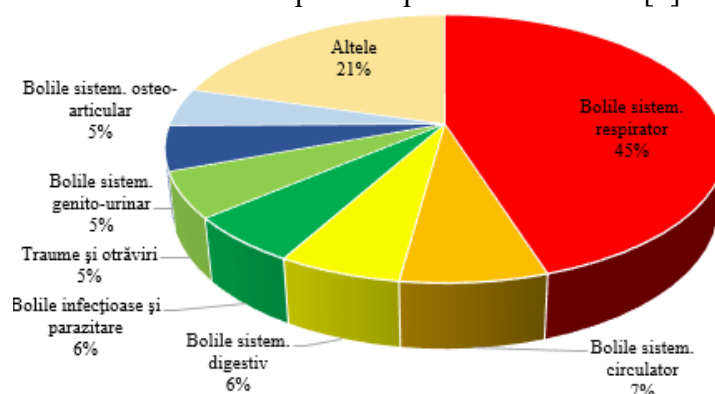


Figura 5. Structura incidenței generale a populației, RDN

În fig. 6 este prezentată dinamica incidenței generale a principalelor boli pentru RDN.

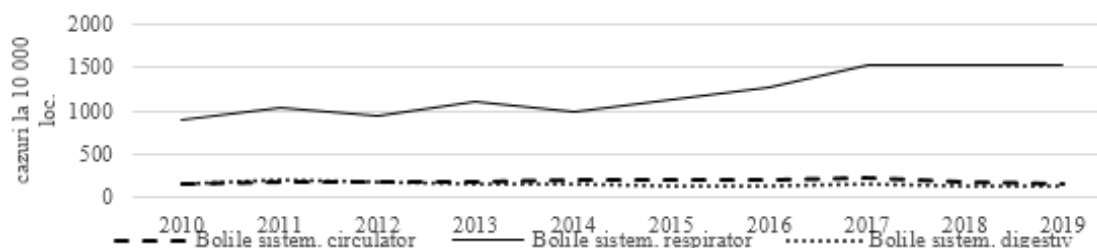


Figura 6. Dinamica incidenței principalelor boli (RDN)

Maladiile cardiovasculare (sistemului circulator) ocupă locul al doilea (fig. 5) în structura incidenței generale în ambele regiuni, cu valori medii apropiate (RDN – aproximativ 7%, RDS – aproximativ 7,1%), însă dinamica acestora indică o stabilitate relativă în RDN și un trend ascendent mai pronunțat în RDS, mai ales în ultimul deceniu analizat.

Prin urmare, analiza comparativă a incidenței generale relevă faptul că RDN se caracterizează printr-un nivel mai ridicat al îmbolnăvirilor în perioada pre-pandemică, ceea ce se explică prin gradul mai înalt de poluare a mediului în RDN, în timp ce RDS manifestă o vulnerabilitate crescută în perioada recentă, determinată de pandemia Covid 19, factor epidemiologic major. Aceste diferențe reflectă influența cumulativă a structurii demografice, accesului la servicii medicale și contextului epidemiologic regional.

Prevalența generală a populației în regiunile de dezvoltare Nord și Sud: Prevalența generală a populației reprezintă un indicator complex al stării de sănătate, reflectând totalitatea cazurilor de boală existente într-o populație (cazuri noi și vechi) într-o perioadă determinată. Acest indicator este influențat atât de incidența bolilor, cât și de durata acestora, fiind strâns corelat cu factorii socio-economici, demografici și cu accesul la servicii medicale.

Analiza comparativă a prevalenței generale evidențiază diferențe clare între RDN și RDS. În RDN, pentru perioada 2010–2019, prevalența generală a populației a înregistrat o valoare medie de 7122 cazuri la 10.000 locuitori, fiind cea mai ridicată dintre regiunile de dezvoltare ale Republicii Moldova [5]. Dinamica acestui indicator este caracterizată printr-un trend ascendent continuu, cu o creștere de aproximativ 23% între anii 2010 și 2019.

În RDS, prevalența generală a populației prezintă valori semnificativ mai reduse comparativ cu RDN, însă cu o dinamică mult mai accentuată în timp. Astfel, în perioada 2010–2023, prevalența generală aproape s-a dublat, crescând de la 5352 cazuri la 10.000 locuitori în anul 2010 până la 11.083,9 cazuri la 10.000 locuitori în anul 2022, evoluție puternic influențată de pandemia Covid 19 [14]. Valoarea medie regională a prevalenței în RDS rămâne totuși inferioară celei din RDN și sub media republicană.

Conform datelor [9] și analizei efectuate, s-a constatat că rata *prevalenței generale a populației*, pe perioada de estimare, în RDS manifestă un trend ascendent considerabil și evident, cu tendințe bine conturate de majorare anuală și continuă, ce reprezintă o creștere de cca 2 ori, față de anul de referință (a. 2010). Această creșterea esențială a prevalenței este cauzată de pandemia Covid-19.

Astfel, dacă în anul 2010, pe teritoriul dat, a fost înregistrată valoarea minimă cu 5352,0 cazuri la 10 mii locuitori, atunci către anul 2022 a atins valoarea maximă (11.083,9/10.000).

Este important de menționat că, în perioada anilor 2010–2019, valorile prevalenței generale pot fi caracterizate cu o variabilitate moderată, cu mici fluctuații, menținând, totuși, un trend ascendent anual bine definit, cu o creștere de la 5352,0 cazuri până la 6944,6 cazuri la 10.000 locuitori. Deci, pe perioada respectivă a avut loc o majorare cu cca 29,8% puncte procentuale.

Cu toate acestea, către anul 2020, s-a înregistrat un salt brusc al prevalenței generale de aproximativ 40,6%, atingând valoarea de 9765,8 cazuri la 10.000 locuitori. Această explozie poate fi explicată în rezultatul declanșării pandemiei de Covid-19, ce s-a manifestat la nivel regional, cât și național.

În următorii doi ani valorile ratei prevalenței generale a populației, de asemenea, manifestă un trend ascendent anual continuu, atingând valoarea maximă în anul 2022 (11.083,9/10.000), ca către anul 2023 să apară tendințe de descreștere până la 10898,4/10.000, ce constituie o micșorare cu cca 1,7 la sută față de anul 2022 (fig. 7). Creșterea prevalenței generale în perioada 2019-2023 pentru ambele regiuni sunt cauzate de pandemia Covid-19, iar micșorarea valorii prevalenței în a. 2023, se explică prin diminuarea intensității pandemiei.

Distribuția în profil teritorial a prevalenței generale a populației la nivel republican, pe perioada analizată, de asemenea, este neuniformă (fig. 8). Valoarea medie totală a prevalenței generale a populației, din RDS, a înregistrat cele mai mici valori, comparativ cu alte regiuni ale țării și se estimează cu 7291,8 cazuri la 10.000 de locuitori, fiind cu aproximativ 18% mai mică față de media înregistrată la nivel republican (8892,0/10.000) și respectiv cu 6,9% mai joasă față de media totală pe raioane (7833,5/10.000), pe când RDN se caracterizează printr-un nivel înalt al prevalenței generale (8037,8 cazuri la 10.000 locuitori), situându-se peste Regiunile Centru și Sud, dar sub media națională și valorile municipiilor mari.

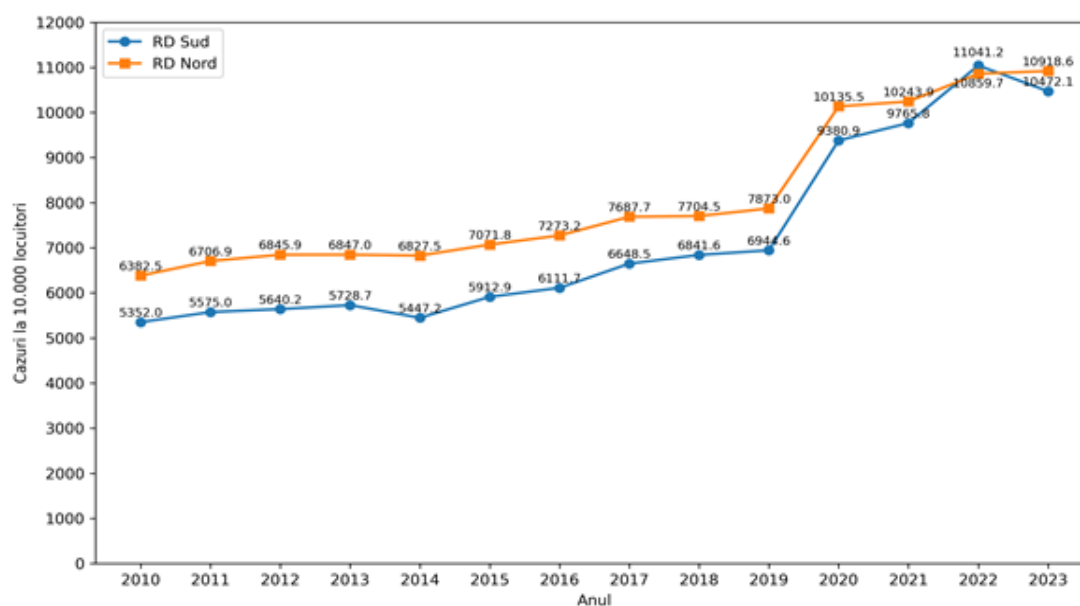


Figura 7. Dinamica prevalenței generale a populației, RDS și RDN

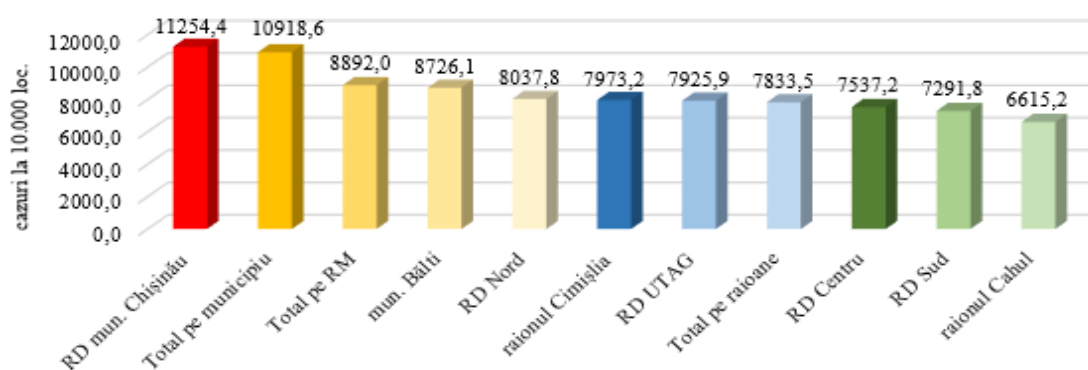


Figura 8. Valorile medii a prevalenței generale pe unități teritoriale [18]

Depășirile prevalenței generale în RDN față de RDS, posibil, se explică prin gradul înalt de poluare a mediului ceea ce se reflectă negativ asupra stării de sănătate a populației din regiunea dată (fig. 8).

Conform datelor ANSP [9], cele mai răspândite maladii în RDS sunt bolile sistemului cardiovascular, respirator și digestiv. Bolile cardiovasculare ocupă primul loc, cu o valoare medie de 1916,9 cazuri la 10.000 locuitori (26,3% din total) (fig. 9) [14]. Acestea au înregistrat un trend ascendent pronunțat, de la 1117,8/10.000 în 2010 la 3031,4/10.000 în 2023 ($\approx 2,7$ ori), cu accelerare după 2020. Pe locul al doilea se situează bolile sistemului respirator (15,8%; media 1155,7/10.000) (fig. 9), cu un trend ascendent de la 777,4/10.000 în 2010 la 1912,8/10.000 în 2023, maximum fiind atins în 2022 (fig. 10).

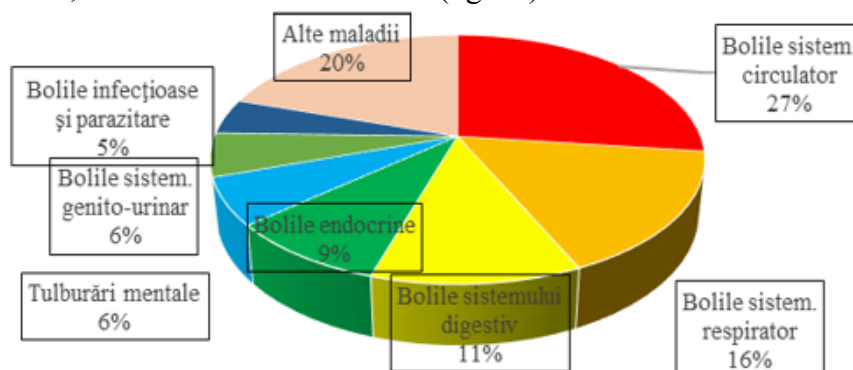


Figura 9. Structura prevalenței generale a populației, RDS [13]

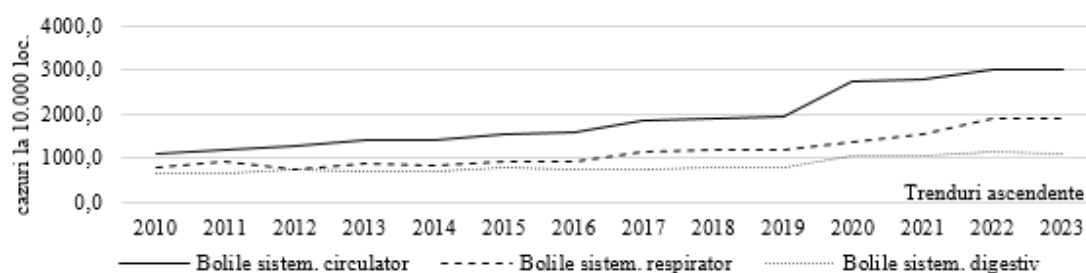


Figura 10. Dinamica prevalenței principalelor boli, RDS

Maladiile sistemului digestiv ocupă locul III (823,0/10.000; 11,3%) (fig. 9), prezentând, de asemenea, o creștere constantă, de la 630,7/10.000 la 1111,9/10.000 în 2023 ($\approx 1,8$ ori), cu intensificare după 2020 (fig. 10).

Distribuția teritorială a prevalenței generale este neuniformă. În RDN, valorile cele mai ridicate se înregistrează în raioanele Glodeni, mun. Bălți, Florești și Sângerei, iar cele mai scăzute în Drochia, Ocnîța și Soroca [5].

În RDS, prevalența este mai ridicată în Cantemir, Basarabeasca, Cimișlia și Leova, iar mai redusă în Taraclia, Ștefan Vodă, Cahul și Căușeni [14].

Comparativ cu RDS, în RDN bolile cardiovasculare reprezintă aproximativ 25% din total și au un trend ascendent constant (fig. 11, fig. 12) [5] în timp ce în RDS numărul cazurilor bolilor cardiovasculare este mai înalt (aproximativ 2,7 ori) [14]. Valoarea ridicată a prevalenței este cauzată de pandemia Covid 19.

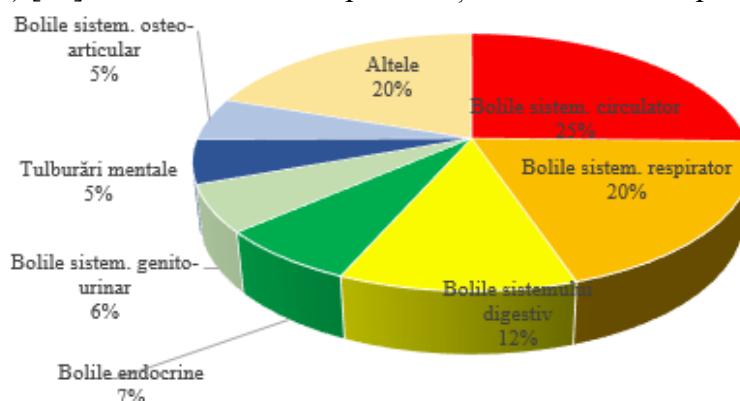


Figura 11. Structura prevalenței generale a populației, RDN

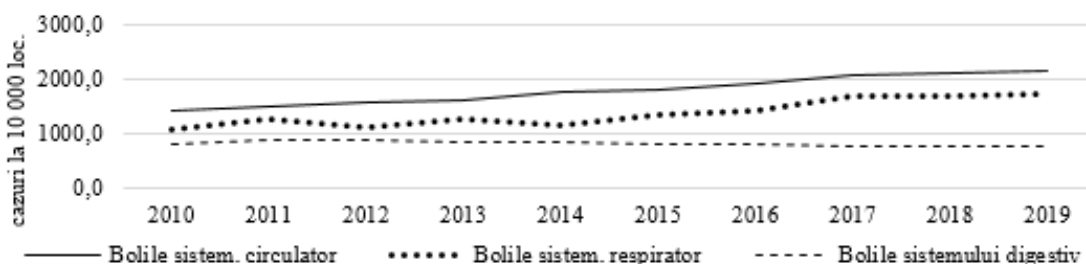


Figura 12. Dinamica prevalenței principalelor boli, RDN

Rezultatele obținute [5] indică un trend general ascendent în majoritatea raioanelor din RDN, ceea ce se explică prin influența factorilor antropici exprimată prin gradul înalt de poluare a mediului asupra morbidității. Trend constant a fost înregistrat în mun. Bălți, iar diminuare doar în raioanele Dondușeni și Florești.

În baza rezultatelor obținute privind evaluarea impactului antropic, exprimat prin poluarea mediului, asupra prevalenței generale a populației, se constată că, în majoritatea raioanelor din RDN, efectul negativ asupra componentelor de mediu a influențat semnificativ starea de sănătate a populației. Această relație este reflectată prin tendința ascendentă a prevalenței generale în cele mai multe unități administrativ-teritoriale din RDN.

Analiza datelor oficiale privind RDS, în baza surselor [10-12], evidențiază o evoluție variabilă a prevalenței, cu trend ascendent clar. Astfel, dacă în anul 2010 au fost înregistrate 5352 cazuri la 10.000 locuitori, în anul 2022 indicatorul a atins valoarea maximă de 11.041,2/10.000, ceea ce reprezintă aproape o dublare față de anul de referință (2010) (fig. 7). Faptul creșterii esențiale a prevalenței generale în anii 2020-2022 este cauzată de pandemia Covid 19. Media pentru perioada analizată constituie 7258,3 cazuri la 10.000 locuitori [13]. În 2023 s-a constatat o reducere moderată până la 10.472,1 cazuri (-5,2%). Reducerea moderată a valorii prevalenței generale în a. 2023 se explică prin diminuarea impactului pandemiei și, ulterior dispariției totale a acesteia.

În intervalul 2010–2019, creșterea prevalenței a fost graduală (aproximativ 29,8%), însă după 2020 s-a înregistrat o majorare accentuată, ceea ce se explică prin apariția pandemiei Covid-19, care a influențat structura morbidității regionale (fig. 7) [10, 13].

Analiza teritorială arată că cele mai ridicate valori medii s-au înregistrat în raioanele Cantemir (9523,3/10.000) și Basarabeasca (8555,4/10.000), iar cele mai scăzute în Cahul (6319,1/10.000) și Căușeni (6377,2/10.000) [10, 13].

Comparativ cu alte regiuni ale republicii, media prevalenței în RDS (7258,3/10.000) este inferioară nivelului republican (8656,6) cu 16,2% și sub media totală pe raioane (7758,3/10.000) cu 6,9%. Acest fapt, posibil, poate fi explicat, printr-un grad neesențial de poluare a mediului în regiunea dată (RDS) (fig. 8).

Analiza comparativă a celor doi indicatori în RDN și RDS este prezentată în (tab. 1). Sinteza comparativă a incidenței și prevalenței generale a populației) evidențiază modele distincte ale stării de sănătate, determinate de particularități demografice, socio-economice și epidemiologice.

Tabelul 1. Caracteristica comparativă a incidenței și prevalenței generale a populației

Indicator	Regiunea de Dezvoltare Nord	Regiunea de Dezvoltare Sud
Perioada analizată	2010–2019	2010–2023
Incidență generală medie (cazuri/10.000 loc.)	2672	2521
Tendința incidenței	Ascendentă moderată	Ascendentă accentuată după 2020
Prevalență generală medie (cazuri/10.000 loc.)	8037,8	7291,8
Tendința prevalenței	Creștere constantă	Creștere rapidă, aproape dublare
Maladii dominante (incidență)	Respiratorii, cardiovasculare	Respiratorii, COVID-19, cardiovasculare
Maladii dominante (prevalență)	Cardiovasculare, respiratorii	Cardiovasculare, respiratorii, digestive
Caracter general al morbidității	Stabilă, cronicizată	Dinamică, cu șoc epidemiologic

Conform autorilor și pe baza cercetărilor realizate în domeniul sănătății și mediului, poluarea aerului, apei și solului, deficiențele infrastructurale, condițiile habituale, persistența vectorilor de transmitere a bolilor, accesibilitatea resurselor energetice și managementul terenurilor sunt incluse între determinanții majori ai sănătății. În acest context, calitatea mediului constituie un determinant important al stării de sănătate a populației, iar indicatorii epidemiologici (incidența, prevalența și mortalitatea) pot reflecta, în anumite limite, influența cumulativă a acestor factori.

Incidența și prevalența constituie indicatori fundamentali în evaluarea stării de sănătate a populației. Incidența exprimă numărul cazurilor noi apărute într-o perioadă determinată și este sensibilă la modificările recente ale condițiilor de mediu și stării epidemiologice, în timp ce prevalența reflectă totalitatea cazurilor existente (noi și vechi), fiind asociată în special cu morbiditatea cronică și durata bolilor. Pe baza datelor prezentate de autorii, [4, 5] se poate concluziona că analiza incidenței generale permite aprecierea dinamicii procesului de îmbolnăvire în perioada de referință (2010–2020). Evoluția acestui indicator poate sugera o posibilă asociere cu calitatea mediului

Rezultatele obținute privind prevalența generală (fig. 7) și datele privind dinamica maladiilor din structura prevalenței generale (sistemul cardiovascular, respiratoriu și digestiv) (fig. 11, 12) indică la faptul că în toate cazurile tendințele acestor maladii sunt ascendente. Acesta indică la faptul că factorii determinanți, unul din care este starea mediului, au cauzat acest trend de creștere, ceea ce confirmă faptul că calitatea componentelor de mediu nu corespund cerințelor păstrării stării de sănătate a populației.

Pe baza datelor prezentate în [10, 11], a fost analizată structura și dinamica incidenței generale a populației din Regiunea de Dezvoltare Sud pentru perioada 2010–2023. În intervalul 2010–2019, indicatorul a înregistrat o evoluție relativ stabilă, variind de la 2172,9 cazuri la 10.000 locuitori în anul 2010 la 2241,3/10.000 în anul 2019. Începând cu anul 2020, se constată o creștere anuală accentuată, valoarea maximă fiind atinsă în 2022 (3641,8 cazuri la 10.000 locuitori), ceea ce reprezintă o majorare de aproximativ 62,5% comparativ cu anul 2019. Această evoluție coincide cu perioada pandemiei Covid-19 și reflectă impactul sumar al mediului și factorului epidemiologic asupra dinamicii incidenței generale.

Din punct de vedere comparativ, RDN se caracterizează prin valori mai ridicate ale prevalenței generale (fig. 7), ceea ce indică un volum mare de cazuri cronice existente, menținute relativ constant pe întreaga perioadă analizată, ceea ce indică la un grad înalt de poluare a mediului [5]. În această regiune, incidența generală prezintă un trend ascendent moderat (fig. 1), sugerând o evoluție lentă a procesului de îmbolnăvire și corespunzător a unui grad lent de poluare a mediului, care reflectă starea mediului în perioada de cercetare).

Structura prevalenței generale în RDN (fig. 11) și RDS (fig. 9) este relativ similară, fiind dominată de bolile sistemului circulator (cardiovascular) (aproximativ 25%) și respirator (aproximativ 20%), urmate de bolile sistemului digestiv (aproximativ 12%). Diferențele teritoriale se manifestă în ponderea grupelor secundare, RDN prezentând o contribuție mai mare a bolilor osteo-articulare, iar RDS o pondere relativ mai ridicată a bolilor endocrine și digestive (fig. 11, fig. 9).

În contrast, RDS înregistrează valori mai reduse ale incidenței și prevalenței în perioada pre-pandemică, însă după anul 2020 se constată o creștere accelerată a ambilor indicatori, în special ca urmare a impactului pandemiei de Covid-19 [14]. Această evoluție indică o vulnerabilitate epidemiologică recentă, cu efecte directe asupra numărului total de cazuri existente.

Distribuția pe categorii de boli reflectă particularități regionale distincte. În ambele regiuni, bolile sistemului respirator domină incidența generală, însă în RDS acestea sunt amplificate de incidența Covid-19 în perioada 2020–2023. În ceea ce privește prevalența, bolile cardiovasculare reprezintă principala cauză de morbiditate cronică, cu ponderi similare, dar cu o dinamică mult mai accentuată în RDS.

În ansamblu, sinteza comparativă indică faptul că RDN reflectă un model de morbiditate cronică stabilizată, caracteristic unei populații cu structură demografică îmbătrânită, în timp ce RDS prezintă un model de morbiditate în tranziție, marcat de creșteri rapide ale incidenței și prevalenței în ultimii ani. Aceste constatări evidențiază necesitatea unor strategii de sănătate publică diferențiate, adaptate specificului epidemiologic al fiecărei regiuni.

Concluzii

Analiza incidenței și prevalenței generale a populației din regiunile Nord și Sud ale Republicii Moldova pentru perioada 2010–2023 evidențiază diferențe teritoriale semnificative, care sugerează o posibilă influență a factorilor de mediu asupra stării de sănătate.

Regiunea de Dezvoltare Sud înregistrează cele mai scăzute valori ale incidenței generale (2450,4/10.000), cu 29,3% sub media națională și 12,4% sub media pe raioane, precum și ale prevalenței generale (7258,3/10.000), cu 16,2% și, respectiv, 6,9% mai mici comparativ cu mediile corespunzătoare. Aceste niveluri reduse pot reflecta un impact antropocentric relativ scăzut asupra mediului.

Regiunea de Dezvoltare Nord prezintă valori mai ridicate ale ambilor indicatori, fapt ce poate fi asociat cu un grad mai înalt de poluare și presiune asupra componentelor mediului.

Bibliografie:

1. BODRUG, N., TABĂRĂ, I. Incidența generală a populației. În: *Studiul diagnostic al potențialului natural și uman din Regiunea de Sud în contextul modificărilor actuale de mediu*. Chișinău, 2024, p. 161-164. 247 p. ISBN 978-9975-3662-9-8.
2. BODRUG, N., TABĂRĂ, I. Starea de sănătate a populației. În: *Studiul diagnostic al potențialului natural și uman din Regiunea de Sud în contextul modificărilor actuale de mediu*. Chișinău, 2024, p. 159-161. 247 p. ISBN 978-9975-3662-9-8.
3. BULIMAGA, C., BODRUG, N. Dynamics of general incidents of the population in the northern development region and its dependence on environmental quality. În: *Present Environment and Sustainable Development*. Iași: Universitatea „Alexandru Ioan Cuza”, 2021, vol. 16, p. 114-120. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/114-120_22.pdf [Accesat: 27.02.2026].
4. BULIMAGA, C., BODRUG, N., TABĂRĂ, I. Trendul incidenței generale a populației. În: *Evaluarea și reglementarea impactului antropic asupra stabilității ecosistemelor urbane și rurale din Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova*. Chișinău: Institutul de Ecologie și Geografie, 2022, p. 114-120. ISBN 978-9975-3586-0-6.
5. BULIMAGA, C., BODRUG, N., TABĂRĂ, I. Trendul prevalenței generale a populației. În: *Evaluarea și reglementarea impactului antropic asupra stabilității ecosistemelor urbane și rurale din Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova*. Chișinău: Institutul de Ecologie și Geografie, 2022, p. 120-126. ISBN 978-9975-3586-0-6.
6. First WHO Global Conference on Air Pollution and Health, 30 October – 1 November 2018. World Health Organization.
7. FRIPTULEAC, G., PÎNZARU, I., CEBANU, S., OPOPOL, N. Sănătatea și mediul – realizări și probleme de importanță majoră în Republica Moldova. În: *Arta Medica*. 2020, nr. 77(4), p. 5-10.
8. Ministerul Sănătății al Republicii Moldova. Agenția Națională pentru Sănătate Publică. *Anuarul statistic al sistemului de sănătate din Moldova (anii 2010–2022)*. Disponibil: www.ansp.md [Accesat: 17.01.2025].
9. Ministerul Sănătății al Republicii Moldova. Agenția Națională pentru Sănătate Publică. *Anuarul statistic al sistemului de sănătate din Republica Moldova anii 2023-2024*. Disponibil: www.ansp.md [Accesat: 15.01.2025].
10. Ministerul Sănătății al Republicii Moldova. Agenția Națională pentru Sănătate Publică. *Indicatorii preliminari în format prescurtat privind sănătatea populației și activitatea instituțiilor medico-sanitare pe anii 2022–2023*. Disponibil: www.ansp.md [Accesat: 12.09.2024].
11. Ministerul Sănătății al Republicii Moldova. Ordinul nr. 430 din 03.04.2019 cu privire la Serviciul de Asistență Medicală Urgentă Prespitalicească. Disponibil: https://ambulanta.md/storage/uploads/Acte%20legislative%20si%20normative/Ordin-nr.-430-din-03.04.19-Cu-privire-la-Serviciul-de-AMUP-din-RM_compressed-1.pdf [Accesat: 19.02.2026].
12. Ministerul Sănătății al Republicii Moldova. Ordinul nr. 695 din 13.10.2010 cu privire la Asistența Medicală Primară. Disponibil: https://www.cidsr.md/wp-content/uploads/2015/02/Ordin_no_695_din_13.10.2010-Cu-privire-Asistenta-med-primara.pdf [Accesat: 02.02.2026].
13. OPOPOL, N., BAHNAREL, I., PANTEA, V. Sănătatea populației – componentă prioritară și indispensabilă în dezvoltarea durabilă a societății. În: *Buletinul Academiei de Științe a Republicii Moldova. Științe Medicale*. 2005, vol. 4, p. 14-16.
14. ȚUGULEA, A. (coord.). *Starea componentelor de mediu din ecosistemele urbane reprezentative din Regiunea de Sud*. Chișinău: Tipografia Impressum, 2025. 167 p. ISBN 978-5-86654-638-1.
15. Disponibil: https://library.usmf.md/sites/default/files/2020-06/Prisacaru%20V.%20Epidemiologie%20generală%202012_Optimized.pdf [Accesat: 20.01.2026].
16. Disponibil: https://repository.usmf.md/bitstream/20.500.12710/1357/1/CATEDRA_DE_IGIENA.pdf [Accesat: 27.02.2026].
17. Disponibil: https://repository.usmf.md/bitstream/20.500.12710/14148/1/SANATATEA_SI_MEDIUL_REALIZARI_SI_PROBLEME_DE.pdf [Accesat: 27.02.2026].
18. Disponibil: <https://repository.usmf.md/xmlui/handle/20.500.12710/9395?show=full> [Accesat: 27.02.2026].

N. B.: Acest articol a fost realizat în cadrul *Subprogramului de cercetare cu cifra 010801 „Sporirea securității ecologice și rezilienței geo-ecosistemelor la modificările actuale de mediu”*.

Date despre autori:

Irina TABĂRĂ, doctorandă în științe ale naturii, cercetător științific, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0004-8497-1898

E-mail: irina.tabara@sti.usm.md; irinutaroman@yahoo.com

Constantin BULIMAGA, doctor habilitat, conferențiar cercetător, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-1288-0140

E-mail: cbulimaga@yahoo.com; constantin.bulimaga@sti.usm.md

Nicolae BODRUG, cercetător științific, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0004-1557-6931

E-mail: boni_n@mail.ru; nicolae.bodrug@sti.usm.md

Prezentat: 02.02.2026

Recenzat: 04.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 612.39:577.152.34

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_16](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_16)

INFLUENȚA RAȚIILOR ALIMENTARE ÎN RAPORT CU TIPUL HIPERSTENIC DE CONSTITUȚIE ASUPRA ACTIVITĂȚII ENZIMELOR PROTEOLITICE ÎN DIFERITE STRUCTURI ALE TRACTULUI GASTROINTESTINAL LA ȘOBOLANII HIPOSTRESOREACTIVI

**Ion MEREUȚĂ,
Tudor STRUTINSCHI,
Anastasia BABILEVA,
Lilia POLEACOVA,**

Universitatea de Stat din Moldova

Studiul investighează influența rațiilor alimentare cu structură calorică adaptată tipului constituțional hiperstenic asupra activității enzimelor proteolitice la șobolanii hipostresoreactivi. Au fost analizate patru rații diferite, cu un conținut proteic între 20-30%. Rezultatele arată că un aport proteic mai ridicat determină o creștere moderată, dar constantă, a activității proteazelor în stomac, pancreas și mucoasa intestinului subțire. Cea mai evidentă reacție enzimatică a fost observată în intestinul subțire, unde creșterea activității proteolitice a devenit semnificativă statistic la 30% proteine. Fluctuațiile în activitatea pancreatică sugerează influența combinată a compoziției rației și a particularităților metabolice ale animalelor hipostresoreactive. Studiul confirmă că digestia la tipul hiperstenic este mai puțin sensibilă la modificările rațiilor, însă creșterea proteinelor poate intensifica sincronizat activitatea proteazelor digestive. Aceste constatări subliniază importanța structurii calorice în reglarea funcției enzimatice pentru menținerea metabolismului în limite sanogene.

Cuvinte-cheie: *hiperstenic, hipostresoreactivitate, proteaze, metabolism, rații alimentare, digestie, proteine, pancreas, intestin subțire, activitate enzimatică.*

THE INFLUENCE OF DIETARY RATIONS ADAPTED TO THE HYPERSTHENIC CONSTITUTIONAL TYPE ON THE ACTIVITY OF PROTEOLYTIC ENZYMES IN DIFFERENT STRUCTURES OF THE GASTROINTESTINAL TRACT IN HYPOSTRESS-REACTIVE RATS

The study investigates the influence of dietary rations with caloric structures adapted to the hypersthenic constitutional type on the activity of proteolytic enzymes in hypostress-reactive rats. Four dietary variants containing 20–30% protein were analyzed. The results show that higher protein intake leads to a moderate but consistent increase in protease activity in the stomach, pancreas, and small intestine mucosa. The most pronounced enzymatic response occurred in the small intestine, where proteolytic activity became statistically significant at 30% protein. Variations in pancreatic activity suggest a combined influence of diet composition and the metabolic specificities of hypostress-reactive animals. The study confirms that digestion in the hypersthenic type is less sensitive to dietary modifications, yet increased protein intake can synchronously enhance digestive protease activity. These findings highlight the importance of caloric structure in regulating enzymatic function and maintaining metabolic processes within sanogenic limits.

Keywords: *hypersthenic type, hypostress-reactive rats, proteases, metabolism, dietary rations, digestion, proteins, pancreas, small intestine, enzymatic activity.*

Introducere

Deoarece natura a creat indivizi cu diferite niveluri de metabolism, ea i-a înzestrat în mod firesc cu sisteme și mecanisme capabile să susțină aceste particularități. Pentru menținerea funcționării metabolismului în limite sanogene, rolul principal îi revine sistemului de alimentație și digestie. Organizarea unei alimentații de calitate necesită luarea în considerare a mai multor factori, inclusiv vârsta, sexul, tipul de

efort fizic, activitatea profesională, obiceiurile, tradițiile naționale, precum și datele antropometrice și alte informații relevante. Calitatea alimentației influențează în mod direct calitatea nutriției, având în vedere, în primul rând, tipul de constituție corporală și particularitățile proceselor metabolice și energetice, care definesc în mod complex individul.

Disfuncțiile metabolice de natură alimentară apar atunci când structura calorică a rațiilor stimulează excesiv metabolismul natural și depășește limitele sanogene. Numeroase studii evidențiază că nu aportul caloric total este determinant, ci raportul dintre nutrienți, în special între proteine, lipide și glucide, adaptat tipului constituțional [2, 5, 9].

Persoanele de tip hiperstenic (hipometabolici) se caracterizează printr-un metabolism scăzut, predispoziție la acumularea masei corporale și dificultăți în reducerea acesteia. Aceste particularități constituționale sunt asociate cu un risc crescut de tulburări metabolice de natură alimentară și endocrină, fapt confirmat de studii antropometrice și clinico-metabolice [2, 4-6].

Următoarea verigă care influențează starea metabolismului este sistemul digestiv. Caracteristicile activității secretorii și enzimatică ale tractului gastrointestinal la hiperstenici sunt orientate spre menținerea unui metabolism redus, dar stabil. Activitatea crescută a enzimelor proteolitice reprezintă un mecanism compensator, menit să stimuleze procesele metabolice și să prevină agravarea hipometabolismului caracteristic acestui tip constituțional [3, 4, 6].

Pentru a menține particularitățile proceselor metabolice în limite sanogene, tractul digestiv al hiperstenicilor prezintă o aciditate crescută și o activitate intensă a enzimelor proteolitice, capabile să digere cantități sporite de alimente bogate în proteine. Această particularitate permite stimularea metabolismului, care este cronic diminuat la reprezentanții acestui tip și constituie un factor determinant al tulburărilor metabolice de natură alimentară.

Pe de altă parte, sistemul digestiv dispune de mecanisme care blochează digestia alimentelor necaracteristice pentru un anumit tip constituțional, protejând astfel organismul de procese ce pot provoca dereglări ale metabolismului. Acest mecanism se manifestă prin activitatea insuficientă a anumitor enzime.

Hiperstencii prezintă propriul mecanism de prevenire a dereglărilor metabolice, și anume capacitatea redusă de a digera cantități excesive de glucide, care accentuează scăderea metabolismului, deja redus la persoanele acestui tip. Capacitatea redusă de a digera cantități excesive de glucide la hiperstenici constituie un mecanism protector împotriva accentuării hipometabolismului. Studii recente indică faptul că substanțe precum lectinele pot influența negativ reglarea apetitului prin interferența cu hormonii gastrointestinali, contribuind astfel la agravarea excesului ponderal la acest tip constituțional [1, 3, 5].

Anterior au fost studiate particularitățile funcției de secreție a acidului gastric la reprezentanții diferitelor tipuri constituționale [8, 14]. Rezultatele cercetărilor au arătat că componenta reflexă a acidogenezei gastrice la persoanele de tip hiperstenic, cu statut hipometabolic, prezintă o reacție neutră. Influența dominantă asupra proceselor de acidogeneză la indivizii cu metabolism redus este exercitată de sistemul endocrin-humoral. Astfel, tipul de secreție observat la reprezentanții tipului hiperstenic, caracterizați printr-un metabolism diminuat, este denumit tipul endocrin-humoral de digestie. Aciditatea conținutului gastric în zona glandelor acidogene la indivizii cu statut hipometabolic se menține constant în intervalul de hiperaciditate, constituind 1,35-1,48 pH. Totuși, activitatea enzimatică în diversele structuri ale tractului digestiv rămâne, în prezent, insuficient studiată.

În acest context, scopul cercetărilor constă în studierea influenței rațiilor cu diferite structuri calorice, destinate tipului hiperstenic, asupra activității enzimelor proteolitice în structurile tractului digestiv.

Materiale și metode de cercetare

În cercetările experimentale axate pe analiza structurii calorice a rațiilor alimentare, selecția grupului de control constituie un aspect metodologic fundamental, necesar pentru interpretarea corectă a modificărilor induse de diferite structuri nutritive. În studiile noastre, această etapă a fost îngreunată de absența, în sursele bibliografice disponibile, a unor date sistematizate privind alimentația adaptată particularităților metabolice și constituționale ale indivizilor cu tip hiperstenic.

Stabilirea caracteristicilor grupului de control a avut la bază specificul metabolismului hiperstenic, în rația cărora trebuie să prevaleze nutrienții care mențin metabolismul redus cu tendință spre stimulare, dar nu

spre scădere, în componența cărora trebuie să prevaleze un conținut sporit de proteine și o cantitate minimă de lipide și glucide, precum și să se țină cont de particularitățile funcționale ale tractului digestiv.

Acest indicator a fost utilizat în elaborarea structurii calorice a rației grupului de control, fiind adoptat ca punct de referință în analiza comparativă.

Pentru desfășurarea studiului au fost constituite patru loturi de animale experimentale, utilizând șobolani albi din linia Wistar. Fiecare lot a fost alcătuit din câte cinci animale de sex masculin, cu vârste cuprinse între 4 și 5 luni. Identificarea animalelor cu hipostresoreactivitate, considerate analogi ai tipului hiperstenic de constituție, s-a realizat prin aplicarea unei metode standardizate bazate pe testul „labirintului plus ridicat” (*Elevated Plus Maze*), utilizat cu anumite adaptări metodologice [7].

Pentru realizarea obiectivelor propuse, au fost elaborate patru variante de rații cu structuri calorice diferite, ținând cont de statutul metabolic al hiperstenicilor, cercetări ce au fost efectuate în cadrul Institutului de Fiziologie și Sanocreatologie [8] (tabelul 1).

Tabelul 1. Structura calorică a rațiilor alimentare conform grupelor experimentale la animalele cu stresoreactivitate scăzută (hipostresoreactive) (%)

	I grupă (control)	II grupă	III grupă	IV grupă
Proteine	20	22	25	30
Lipide	25	23	22	21
Glucide	55	55	53	49

Determinarea activității proteolitice a fost efectuată prin metoda Anson, în varianta modificată de E.D. Kaverznev [12]. Prelucrarea statistică a datelor obținute s-a realizat în conformitate cu principiile statisticii variabile și ale teoriei probabilităților [11, 13].

Toate procedurile experimentale pe animale au fost realizate cu respectarea prevederilor Directivei 86/609/CEE din 24 noiembrie 1986 privind protecția animalelor utilizate în scopuri științifice și au fost aprobate de Comisia metodică a Institutului de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

Rezultate obținute și discuții

Din perspectivă științifică, este relevantă analiza influenței rațiilor cu un conținut caloric adaptat tipului constituțional hiperstenic asupra activității enzimelor proteolitice (proteaze) din diverse structuri ale tubului digestiv la șobolanii hipostresoreactivi.

Studiul influenței rațiilor asupra activității totale a proteazelor (pepsina A, pepsina B – enzimă cu activitate gelatinolitică, chimozina) din stomacul șobolanilor albi cu stresoreactivitate scăzută (tip hiperstenic de constituție) a demonstrat că activitatea enzimelor proteolitice din chimul gastric crește la animalele din grupele hrănite cu rații cu un conținut proteic mai ridicat. În primul grup, de control, animalele au fost alimentate cu rație care conținea 20% proteine din totalul caloriilor, iar activitatea proteolitică a fost de $3,59 \pm 0,39 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$. În cel de-al doilea grup experimental, animalele au avut o rație cu 22% proteine, rezultând o activitate proteazică de $3,62 \pm 0,27 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$. Diferența observată nu a fost semnificativă în comparație cu grupul de control (Fig. 1).

Activitatea proteolitică maximă a proteazelor a fost observată în grupurile experimentale III și IV și a fost de $4,47 \pm 0,66$ și, respectiv, $4,60 \pm 0,61 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$, animalele din aceste grupuri fiind alimentate cu rații cu un conținut proteic de 25% și 30% în structura calorică. Deși valorile mai mari ale activității proteolitice în grupurile III și IV nu au fost semnificative statistic în comparație cu grupul de control, activitatea proteazelor la aceste grupuri a crescut cu 24,51% și 28,13% (Fig. 1).

Studiile efectuate au evidențiat o creștere ușoară, dar constantă, a activității proteolitice a pancreasului la șobolanii hipostresoreactivi, corelată cu un conținut proteic mai mare în rație (Fig. 2). Conform datelor obținute, activitatea enzimelor proteolitice pancreatice, inclusiv activitatea totală a tripsinogenului, chimotripsinogenului, elastazei și carboxipeptidazelor A și B, în grupul de control a fost de $9,55 \pm 0,64 \mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$, șobolanii fiind alimentați cu o rație care conținea 20% proteine din totalul caloriilor.

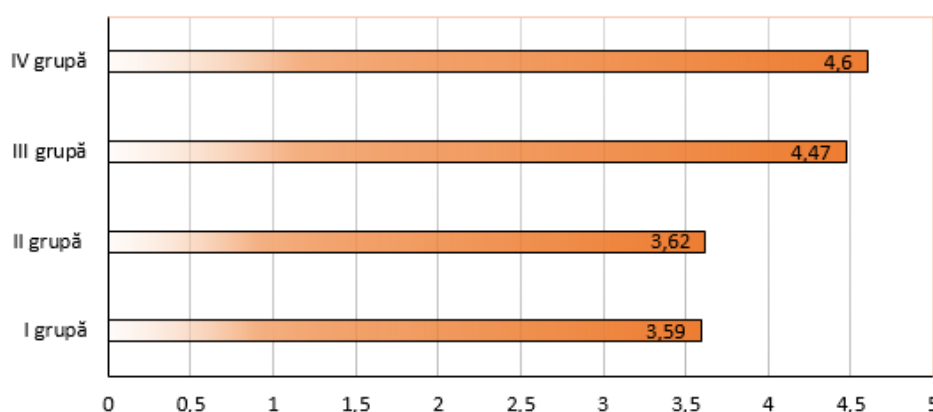


Figura 1. Activitatea proteazelor în chimul gastric al șobolanilor hipostresoreactivi, alimentați cu rații cu conținut caloric adaptat tipului constituțional hiperstenic (μmol/g•min)

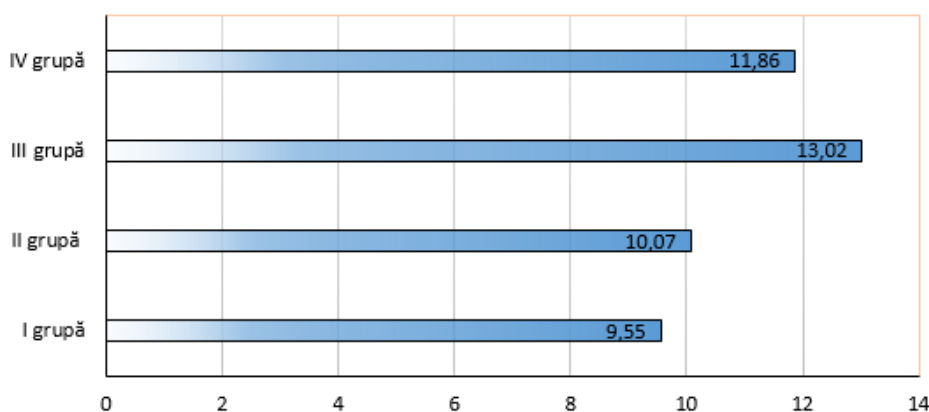


Figura 2. Activitatea proteazelor în pancreasul șobolanilor hipostresoreactivi, alimentați cu rații cu un conținut caloric adaptat tipului constituțional hiperstenic (μmol/g•min)

În al doilea grup experimental, activitatea proteolitică a atins $10,07 \pm 0,71$ μmol/g•min, ceea ce reprezintă o creștere de 5,44% față de grupul de control, șobolanii fiind alimentați cu o rație care conținea 22% proteine. Creșterea proporției de proteine la 25% în rația animalelor celui de-al treilea grup experimental a dus la o creștere a activității proteazice cu 36,33%, atingând $13,02 \pm 1,01$ μmol/g•min. În grupul experimental IV, unde procentul de proteine a fost de 30%, activitatea proteolitică a crescut cu 24,18% față de grupul de control, atingând $11,86 \pm 0,93$ μmol/g•min, dar a fost cu 9,78% mai mică decât în grupul III.

Variabilitatea observată în activitatea proteazelor între grupuri sugerează că aceste fluctuații nu au fost determinate exclusiv de conținutul proteic al rațiilor, ci și de particularitățile metabolice ale șobolanilor hipostresoreactivi (Fig. 2).

Creșterea aportului proteic în rațiile destinate tipului hiperstenic determină o intensificare moderată a activității proteazelor digestive, predominant la nivel pancreatic și intestinal, fără a induce dezechilibre metabolice majore. Această reacție enzimatică reflectă particularitățile biochimice și funcționale ale metabolismului proteic la indivizii cu acest tip constituțional, fiind în concordanță cu datele din literatura de specialitate [6, 10].

Structura evaluată a conținutului caloric al rațiilor din experiment a demonstrat un impact mai constant asupra activității proteolitice a proteazelor localizate în mucoasa intestinului subțire (Fig. 3).

Conform datelor obținute, activitatea enzimelor proteolitice ale mucoasei intestinului subțire – incluzând enzimele pancreatice: tripsina, chimotripsina, elastaza, carboxipeptidazele A și B; și enzimele intestinului subțire: enteropeptidazele, aminopeptidazele M și A, endopeptidazele – a fost mai mare la animalele din grupele experimentale comparativ cu animalele din grupul de control.

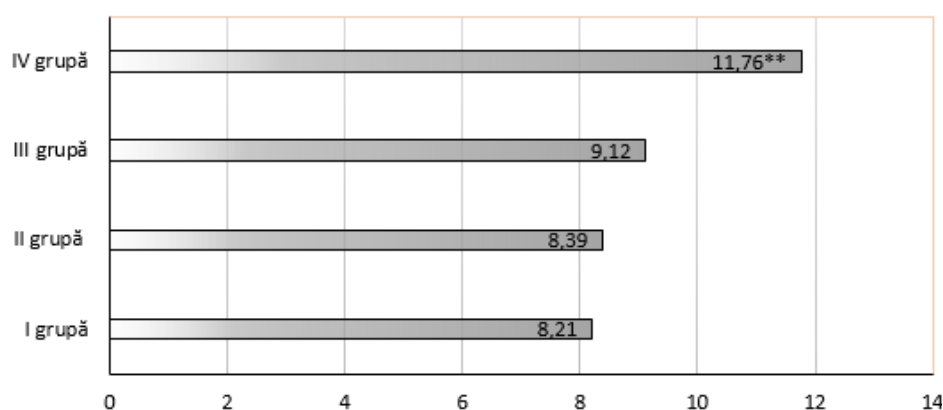


Figura 3. Activitatea proteazelor în mucoasa intestinului subțire al șobolanilor hipostresoreactivi, alimentați cu rații cu un conținut caloric adaptat tipului constituțional hiperstenic (μmol/g·min)

Notă: ** $p < 0,01$ – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control)

În grupul de control, alimentat cu rație care conținea 20% proteine, activitatea proteolitică a fost de $8,21 \pm 0,49$ μmol/g·min. În grupurile experimentale II și III, această activitate a crescut la $8,39 \pm 0,67$ și, respectiv, $9,12 \pm 0,71$ μmol/g·min la animalele hrănite cu rații care conțineau 22% și 25% proteine, ceea ce reprezintă o creștere de 2,19% și 11,08% comparativ cu grupul de control. Cele mai sporite valori ale activității proteazelor au fost înregistrate în grupul experimental IV, unde animalele au fost alimentate cu rații cu 30% proteine, atingând $11,76 \pm 0,62$ μmol/g·min. Activitatea proteazelor în acest grup a fost semnificativ mai mare ($p \leq 0,01$), comparativ cu grupul de control. Rezultatele obținute evidențiază importanța structurii conținutului caloric al rațiilor în modularea activității enzimatice a mucoasei intestinului subțire la animalele hipostresoreactive.

Concluzie

În urma cercetărilor, s-a stabilit că structura calorică a rațiilor influențează activitatea enzimelor proteolitice la animalele hipostresoreactive, analoage tipului constituțional hiperstenic. Creșterea proporției de proteine în rații determină o intensificare moderată a activității proteolitice în stomac și pancreas, însă fără diferențe semnificative statistice. În mucoasa intestinului subțire, însă, variațiile structurii calorice au indus modificări semnificative, demonstrând o sensibilitate mai ridicată a acestui segment la aportul proteic crescut.

Sistemele enzimatice ale animalelor de tip hiperstenic se dovedesc relativ stabile față de modificările moderate ale structurii calorice, reacții evidente fiind observate doar la diferențe proteice accentuate. Creșterea proporției de proteine în conținutul caloric al rațiilor pentru tipul hiperstenic a condus la o activitate proteazică crescută în mucoasa pancreasului și a intestinului subțire, comparativ cu activitatea proteolitică a chimului gastric. Este posibil ca activitatea proteolitică să fie legată de mecanismele de sincronizare a acestei funcții, astfel încât o activitate proteolitică ridicată a proteazelor din stomac să stimuleze inevitabil activitatea proteazelor din pancreas și intestinul subțire. Aceste rezultate confirmă rolul compoziției calorice în menținerea proceselor metabolice în limite sanogene la tipul hiperstenic.

Bibliografie:

1. BANIK, S. D., CONCHA VIERA, A. M. del M., GAMBOA, A. A., SÁENZ CASTILLO, C. X. Somatotype and its association with body mass index, body fat, and muscle mass among adult male elite weightlifters of Merida, Mexico. In: *International Journal of Kinanthropometry*. 2021, 1(1), pp. 53-60. <https://doi.org/10.34256/ijk2118>
2. CARTER J. E. L., HEATH, B. H. *Somatotyping - development and applications*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1990. 503 p. ISBN 0521351170.
3. GALIĆ, B.S., PAVLICA, T., UDICKI, M. et al. Somatotype characteristics of normal-weight and obese women among different metabolic subtypes. In: *Arch Endocrinol Metab*. 2016, 60(1), pp. 60-65. <https://doi.org/10.1590/2359-3997000000159>

4. KOLEVA, M., NACHEVA, A., BOEV, M. Somatotype and disease prevalence in adults. In: *Rev Environ Health*. 2002, 17(1), pp. 65-84. <https://dx.doi.org/10.1515/reveh.2002.17.1.65>
5. KOLEVA, M., NACHEVA, A., BOEV, M. Somatotype, nutrition, and obesity. In: *Rev Environ Health*. 2000, 15(4), pp. 389-398. <https://dx.doi.org/10.1515/REVEH.2000.15.4.389>
6. KUKES, V. G., NIKOLENKO, V. N., PAVLOV, C. S. et al. The correlation of somatotype of person with the development and course of various diseases: results of Russian research. In: *Russian Open Medical Journal*. 2018, Vol. (3). pp. 1-5. <https://doi.org/10.15275/rusomj.2018.0301>
7. PELLOW, S., CHOPIN, P., FILE, S. E., BRILEY, M. Validation of open: closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. In: *J. Neurosci. Methods*. 1985. Vol. 14, p. 149-167.
8. STRUTINSCHI, T., TIMOȘCO, M., ȘEPTIȚCHI, V. et al. *Sistemul de alimentație diferențiată în raport cu tipul constituției (Recomandări)*. Chișinău: Tip. Bons Offices, 2019. 68 p. ISBN 978-9975-87-522-6.
9. TUTELIAN, V. A., RAZUMOV, A. N., KLOCHKOVA, S. V. et al. Features of macro-anthropometric parameters in women of different somatotypes. In: *Morphological Newsletter*. 2017, (1), pp. 20-22. Russian. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29064033>
10. ZAKI, M., YOUNESS, E. R. Somatotype features and biochemical characteristics of patients with and without metabolic syndrome. In: *Biomedical & Pharmacology Journal*. 2022, 15(3), pp. 1283–1288.
11. ИВАНТЕР, Э. В., КОРОСОВ, А. В. *Элементарная биометрия. Учеб. пособие*. Петрозаводск: ПетрГУ, 2010. 104 с.
12. КАВЕРЗНЕВА, Е. Д. Стандартный метод определения протеолитической активности для комплексных препаратов протеаз. В: *Прикладная биохимия и микробиология*. 1971. №7, С. 225-228.
13. ЛАКИН, Г. Ф. *Биометрия*. Москва: Высшая школа, 1990. 125 с.
14. СТРУТИНСКИЙ, Ф. А. *Основы саногенного питания*. Кишинев: Тип. АНМ, 2007. 340 с.

Date despre autori:

Ion MEREUȚĂ, doctor habilitat în științe medicale, profesor universitar, membru corespondent, director, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9711-5351

E-mail: ion.mereuta@usmf.md

Tudor STRUTINSCHI, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, șef laborator, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1034-5534

E-mail: nutritiv@yandex.ru

Anastasia BABILEVA, doctorand, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1126-172X

E-mail: anastasia.babileva@gmail.com

Lilia POLEACOVA, doctor în științe biologice, secretar științific, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8212-096X

E-mail: poleacovalilia85@gmail.com

Prezentat: 23.01.2026

Recenzat: 18.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: [595.76 + 595.78](478-21)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_17](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_17)

DIVERSITATEA FLUTURILOR DIURNI (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA) ȘI CRISOMELIDELOR (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) DIN MUNICIPIUL CHIȘINĂU

Cristina ȚUGULEA,
Livia CALESTRU,

Universitatea de Stat din Moldova

Lucrarea include date privind diversitatea fluturilor diurni (Lepidoptera: Papilionoidea) și crisomelidelor (Coleoptera: Chrysomelidae) din municipiul Chișinău. Speciile au fost colectate în perioada 1996-2025 în diferite habitate urbane. În urma cercetărilor efectuate în mediul urban au fost identificate 65 de specii de insecte din ordinele Lepidoptera și Coleoptera, care se încadrează în 7 familii: Papilionidae (3 specii), Lycaenidae (9), Nymphalidae (16), Pieridae (8), Hesperidae (4), Riodinidae (1) și Chrysomelidae (24 specii). În ecosistemele urbane ale municipiului Chișinău au fost semnalate șase specii de lepidoptere rare și protejate: *Hamearis lucina*, *Lycaena dispar*, *Neptis sappho*, *Papilio machaon*, *Nymphalis antiopa* și *Zerynthia polyxena*. Speciile de crisomelide *Xanthogaleruca luteola* și *Lilioceris lili* aduc daune plantelor-gazdă, când populațiile lor ating niveluri critice de dăunare. Studiul insectelor din mediul urban oferă informații valoroase privind starea biodiversității locale și impactul activităților antropice asupra ecosistemelor urbane, iar cercetările suplimentare sunt esențiale pentru a evalua pe termen lung impactul urbanizării asupra insectelor.

Cuvinte-cheie: Chișinău, specie, fluturi diurni, insecte coleoptere, specii rare, specii protejate, specii dăunătoare.

DIVERSITY OF DIURNAL BUTTERFLIES (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA) AND LEAF BEETLES (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) IN THE MUNICIPALITY OF CHIȘINĂU

The paper includes data on the diversity of diurnal butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) and leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in the municipality of Chișinău. The species were collected during the years 1996–2025 in various urban habitats. As a result of the research conducted in urban environments, 65 insect species belonging to the orders Lepidoptera and Coleoptera were identified, classified into seven families: Papilionidae (3 species), Lycaenidae (9), Nymphalidae (16), Pieridae (8), Hesperidae (4), Riodinidae (1) and Chrysomelidae (24). In the urban ecosystems of Chișinău, six rare and protected butterfly species were recorded: *Hamearis lucina*, *Lycaena dispar*, *Neptis sappho*, *Papilio machaon*, *Nymphalis antiopa*, and *Zerynthia polyxena*. The leaf beetle species *Xanthogaleruca luteola* and *Lilioceris lili* cause damage to host plants when their populations reach critical levels of infestation. The study of insects in urban environments provides valuable information on the state of local biodiversity and the effects of human activities on urban ecosystems, and further research is essential to assess the long-term impact of urbanization on insects.

Keywords: Chișinău, species, diurnal butterflies, coleopteran insects, rare species, protected species, pest species.

Introducere

Insectele reprezintă unul dintre cele mai diverse și abundente grupuri de organisme din ecosistemele terestre, inclusiv din mediile urbane. În orașe, precum Chișinău, mediul urban este caracterizat printr-o influență antropogenică puternică, modificări ale solului, fragmentarea habitatelor naturale și apariția unor microclimate specifice, cum este efectul de „insulă de căldură urbană”. Aceste condiții determină selecția unor specii capabile să se adapteze la temperaturi mai ridicate, la resurse alimentare variabile și la perturbările generate de activitățile umane.

În ecosistemele urbane, insectele colonizează diferite tipuri de habitate, inclusiv solul, vegetația spontană și ornamentală, precum și structurile construite. Deși urbanizarea poate reprezenta un factor limitativ pentru anumite specii sensibile, multe insecte reușesc să se adapteze și să formeze comunități specifice

mediului urban. Zonele verzi, parcurile, lacurile și alte spații deschise joacă un rol important în menținerea diversității entomofaunei. În aceste habitate pot fi întâlnite diferite grupuri de insecte, precum fluturii, gândacii și albinele sălbatice, a căror prezență este influențată de calitatea habitatului și de nivelul de urbanizare.

Insectele îndeplinesc funcții ecologice esențiale în ecosistemele urbane. Ele contribuie la descompunerea materiei organice, reciclarea nutrienților, controlul biologic al unor specii dăunătoare și polenizarea plantelor. Totodată, insectele reprezintă o sursă importantă de hrană pentru numeroase animale urbane, inclusiv păsări insectivore și lilieci, contribuind astfel la menținerea lanțurilor trofice.

În mediul urban sunt prezente atât specii native, cât și specii invazive, care se adaptează rapid la condițiile existente. Printre insectele invazive frecvent întâlnite se numără *Corythucha ciliata* și *Halyomorpha halys*. Aceste specii pot deveni abundente datorită temperaturilor mai ridicate și a numeroaselor adăposturi oferite de mediul urban.

Astfel, diversitatea insectelor din orașe reprezintă un indicator important al stării biodiversității urbane și al impactului activităților umane asupra ecosistemelor. Studiul acestora contribuie la înțelegerea proceselor ecologice urbane și la elaborarea unor măsuri eficiente de conservare a biodiversității.

Deși studiul lepidopterelor și coleopterelor (inclusiv al crisomelidelor) din municipiul Chișinău are o vechime considerabilă, primele rezultate fiind publicate la începutul secolului al XX-lea, majoritatea au abordat subiectul impactului lepidopterelor și coleopterelor asupra sectorului economic și nicidecum impactul antropic asupra acesteia, care să permită monitorizarea în timp a componentei specifice, a distribuției biotopice, cât și modificările antropice asupra habitatelor. Primele date cu caracter faunistic și sistematic referitoare la fauna lepidopterelor și coleopterelor din Chișinău sunt furnizate de către Miller și Zubovschi (1908) [22]. Ulterior, aceeași autori au realizat o serie de lucrări în care abordează diversitatea faunistică a insectelor din Basarabia, unul dintre siturile de colectare fiind orașul Chișinău [10-11, 20, 23-25]. Aceste lucrări sunt valoroase din punct de vedere faunistic constituind baza studiilor ulterioare, care însă s-au limitat preponderent la speciile rare și economic importante. În ultimii ani, cercetările asupra faunei de insecte din municipiul Chișinău se efectuează constant [1-2, 6-7, 17].

În acest context, scopul prezentului studiu constă în evaluarea diversității fluturilor diurne și a coleopterelor crisomelide semnalate în municipiul Chișinău, precum și distribuția și importanța acestora în mediul urban.

Metode și materiale aplicate

Insectele au fost colectate pe parcursul anilor 1996-2025 în municipiul Chișinău, din mai multe zone verzi: Parcul Valea Trandafirilor, Pădurea Durlești, Parcul Râșcani, Parcul La Izvor, Parcul Dendrariu, Grădina Publică „Ștefan cel Mare și Sfânt”, Parcul Valea Morilor (sectorul 1 și sectorul 2), Scuarul Academiei, Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru” și Grădina Botanică a Muzeului Național de Etnografie și Istorie Naturală (fig.1).

Majoritatea fluturilor diurne au fost colectați prin metoda manuală, utilizând fileul entomologic. În unele cazuri, speciile au fost înregistrate prin observație directă și documentate fotografic, fără capturarea indivizilor. Colectarea crisomelidelor a fost efectuată utilizând metode specifice cercetărilor entomologice: cosirea vegetației cu fileul entomologic, scuturarea arbuștilor și a plantelor pe pânză entomologică, colectarea manuală a gândacilor de pe plantele-gazdă, precum și utilizarea exhaustorului entomologic. Identificarea taxonomică a insectelor studiate s-a realizat pe baza cheilor de determinare disponibile în literatura de specialitate [3, 8-9, 12-14, 16, 21, 26].

Alegerea siturilor de colectare s-a efectuat în dependență de diversitatea habitatelor urbane și importanța lor pentru conservarea biodiversității entomofaunistice din mediul urban.

Parcul Valea Trandafirilor are o suprafață de 148 ha [19]. Flora parcului este reprezentată de aproximativ 50 specii de copaci și arbuști. Printre arborii frecvent întâlniți se numără stejarul, pinul, salcâmul și mesteacănul. Vegetația ierboasă include specii de pajiște, plante ruderales și ornamentale, iar în unele sectoare sunt prezenți arbuști ornamentali, precum trandafirii decorativi.

Pădurea Durlești funcționează ca un ecosistem periurban important pentru biodiversitatea locală, dominat de specii caracteristice pădurilor de foioase din regiune. Stratului ierbos îi sunt caracteristice plantele forestiere și cele de margine de pădure.

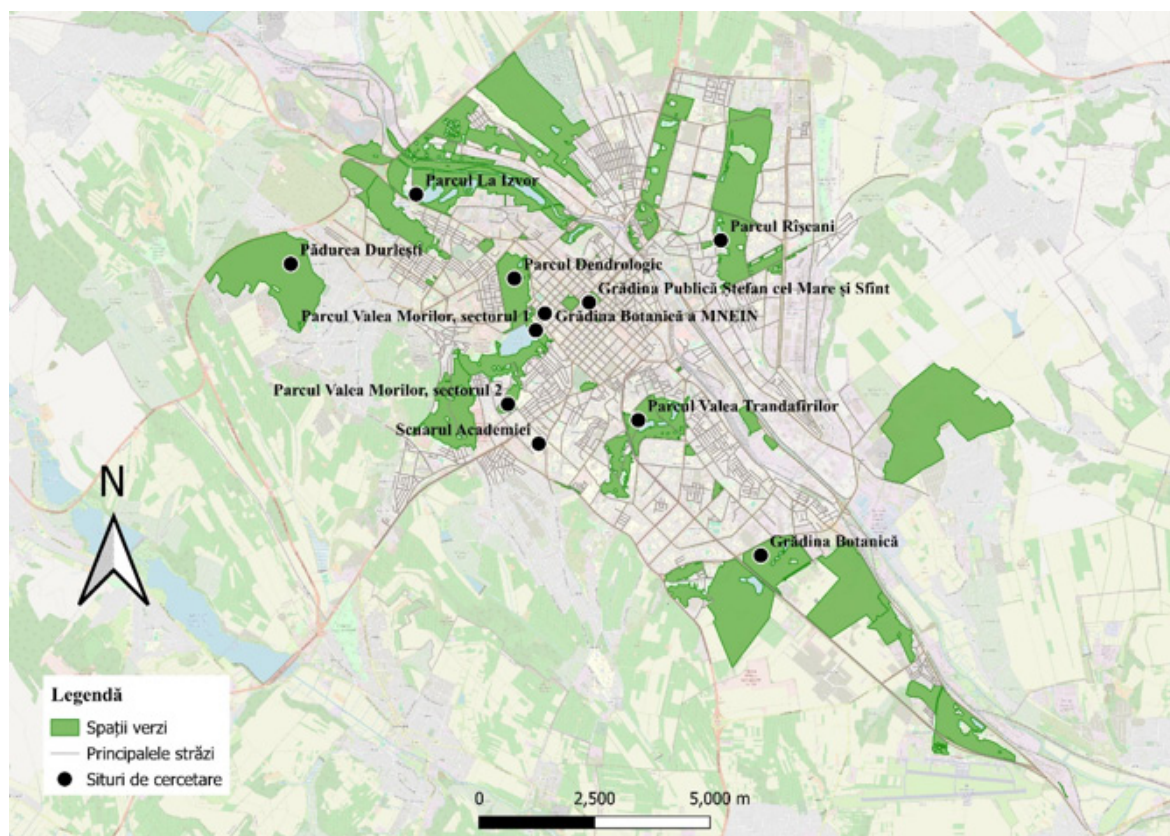


Figura 1. Siturile de colectare a insectelor în diverse biotopuri din municipiul urban Chișinău

Flora Parcului Râșcani cu o suprafață de 87,12 ha este alcătuită din specii ornamentale plantate și arbori maturi. Printre speciile frecvent întâlnite se numără teiul, salcâmul, salcia și plopul. Vegetația ierboasă este formată din specii de pajiște cu graminee, iar în anumite zone sunt plantați arbuști decorativi, utilizați în amenajarea peisagistică.

Parcul La Izvor cu o suprafață de 163,60 ha prezintă o vegetație diversă, influențată de prezența lacului și a zonelor umede. Flora vasculară include aproximativ 330 de specii. Printre arborii frecvent întâlniți se numără salcia, plopul, arțarul și teiul. În zonele deschise cresc plante ierboase de pajiște, iar în apropierea apei se dezvoltă vegetație higrofilă [15].

Parcul Dendrologie cu o suprafață de 77,8 ha adăpostește o colecție impresionantă de peste 1.000 de specii și forme de plante lemnoase. Diversitatea mare de plante creează habitate favorabile pentru numeroase specii de insecte.

Grădina Publică „Ștefan cel Mare și Sfânt” cu o suprafață de 7,16 ha este o zonă istorică, caracterizată prin arbori maturi ornamentali, în special tei, castani, arțari, salcâmi și platani. Vegetația include și arbuști ornamentali și plante decorative utilizate în amenajarea peisagistică urbană.

Parcul Valea Morilor cu o suprafață de 113,9 ha prezintă o floră diversă, datorită combinației dintre zonele împădurite și cele din jurul lacului. Arborii dominanți sunt teiul, plopul, arțarul, salcia și stejarul. Vegetația ierboasă este reprezentată de specii de pajiște, iar în zonele umede apar plante caracteristice habitatelor acvatice și semiacvatice.

Scurul și parcul de pe strada Academiei 1-3 găzduiește specii de tei, arțar, stejar, castan, plop și diferite specii de conifere decorative. Vegetația ierboasă este alcătuită în principal din specii de gazon și plante ierboase spontane.

Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru” cu o suprafață de 104 ha adăpostește o colecție impresionantă cu aproximativ 10.000 specii, varietăți și forme de plante din diferite regiuni biogeografice. Flora include colecții de plante ornamentale, specii forestiere, conifere, plante medicinale și specii rare, oferind condiții favorabile pentru dezvoltarea unei entomofaune diverse.

Grădina Botanică a Muzeului Național de Etnografie și Istorie Naturală cu o suprafață de 0,5 ha dispune de un genofond bogat de plante vasculare care include 124 specii, dintre care 26 specii de arbori, 19 de arbuști și cca. 80 specii de plante ierboase. Speciile edificatoare de arbori sunt stejarul și fagul, iar ca însoțitoare – ulmul, frasinul, arțarul, cireșul și carpenul. Stratul ierbos formează covoare caracteristice comunităților de pădure [5].

Rezultate obținute și discuții

Mediul urban găzduiește o diversitate remarcabilă de insecte, adaptate la condițiile antropice. În urma cercetărilor efectuate în mediul urban din Chișinău au fost identificate 65 specii de insecte din ordinul Lepidoptera și Coleoptera, care se încadrează în 7 familii: Papilionidae cu 3 specii din 3 genuri, Lycaenidae – 9 specii din 7 genuri, Nymphalidae – 16 specii ce aparțin la 12 genuri, Pieridae cu 8 specii din 5 genuri, Hesperidae – 4 specii din 4 genuri, Riodinidae cu o singură specie și Chrysomelidae – 24 specii ce se includ în 13 genuri. Cele mai multe specii înregistrate (24) aparțin familiei Chrysomelidae, urmată de familia Nymphalidae cu 16 specii și Pieridae – cu 8 specii. Subfamilia Riodinidae este prezentată de o singură specie. Lista speciilor de lepidoptere și coleoptere crisomelide depistate în diverse situri din municipiul Chișinău este prezentată mai jos:

Tabelul 1. Spectrul faunistic al fluturilor diurne (Lepidoptera: Papilionoidea) și crisomelidelor (Coleoptera: Chrysomelidae) din municipiul Chișinău

Nr. d/o.	Denumirea taxonilor	Situri de colectare										
		PVT	PD	PR	PI	PDD	SC	GB	PV M1	PV M2	SA	GB MNEIN
Ordinul Lepidoptera												
Familia Papilionidae												
1.	<i>Iphiclides podalirius</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+				+	+			+
2.	<i>Papilio machaon</i> Linnaeus, 1758	+		+				+	+			+
3.	<i>Zerynthia polyxena</i> (Denis și Schiffermüller, 1775)		+									
Familia Lycaenidae												
4.	<i>Aricia agestis</i> (Denis și Schiffermüller, 1775)			+								+
5.	<i>Celastrina argiolus</i> (Linnaeus, 1758)								+			+
6.	<i>Cupido argiades</i> (Pallas, 1771)										+	
7.	<i>Lycaena dispar</i> (Haworth, 1802)			+					+			
8.	<i>Lycaena phlaeas</i> (Linnaeus, 1761)			+	+							
9.	<i>Plebejus argus</i> (Linnaeus, 1758)			+							+	+
10.	<i>Plebejus idas</i> (Linnaeus, 1761)			+				+				
11.	<i>Polyommatus icarus</i> (Rottemburg, 1775)			+							+	+
12.	<i>Satyrrium w-album</i> (Knoch, 1782)										+	+
Familia Hesperiidae												
13.	<i>Erynnis tages</i> (Linnaeus, 1758)										+	
14.	<i>Ochlodes sylvanus</i> (Esper, [1777])		+									
15.	<i>Pyrgus malvae</i> (Linnaeus, 1758)			+					+			+
16.	<i>Thymelicus lineola</i> (Ochsenheimer, 1808)			+					+			
Familia Nymphalidae												
17.	<i>Aglais io</i> (Linnaeus, 1758)										+	
18.	<i>Argynnis pandora</i> (Denis și Schiffermüller, 1775)			+								+

19.	<i>Argynnis paphia</i> (Linnaeus, 1758)			+								
20.	<i>Boloria dia</i> (Linnaeus, 1767)			+								
21.	<i>Coenonympha glycerion</i> (Borkhausen, 1788)			+								+
22.	<i>Coenonympha pamphilus</i> (Linnaeus, 1758)											
23.	<i>Issoria lathonia</i> (Linnaeus, 1758)			+								+
24.	<i>Maniola jurtina</i> (Linnaeus, 1758)			+		+						+
25.	<i>Melitaea athalia</i> (Rottemburg, 1775)					+						+
26.	<i>Melitaea phoebe</i> (Denis și Schiffermüller, 1775)			+		+						
27.	<i>Neptis sappho</i> (Pallas, 1771)		+									
28.	<i>Nymphalis antiopa</i> (Linnaeus, 1758)			+								
29.	<i>Pararge aegeria</i> (Linnaeus, 1758)			+							+	
30.	<i>Polygonia c-album</i> (Linnaeus, 1758)										+	+
31.	<i>Vanessa atalanta</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
32.	<i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Familia Pieridae												
33.	<i>Anthocharis cardamines</i> (Linnaeus, 1758)			+								
34.	<i>Colias erate</i> (Esper, 1805)					+						
35.	<i>Colias hyale</i> (Linnaeus, 1758)		+									
36.	<i>Leptidea sinapis</i> (Linnaeus, 1758)			+								
37.	<i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758)					+						+
38.	<i>Pieris napi</i> (Linnaeus, 1758)			+					+			+
39.	<i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758)			+					+			+
40.	<i>Pontia edusa</i> (Fabricius, [1777])			+					+			
Familia Riodinidae												
41.	<i>Hamearis lucina</i> (Linnaeus, 1758)		+									
Ordinul Coleoptera												
Familia Chrysomelidae												
42.	<i>Cassida vibex</i> Linnaeus, 1767	+								+		
43.	<i>Cassida viridis</i> Linnaeus, 1758	+	+		+							
44.	<i>Chrysolina fastuosa</i> (Scopoli, 1763)	+	+	+				+				+
45.	<i>Chrysolina sanguinolenta</i> (Linnaeus, 1758)		+			+		+				
46.	<i>Chrysolina sturmi</i> (Westhoff, 1882)		+							+		
47.	<i>Chrysomela vigintipunctata</i> (Scopoli, 1763)							+				
48.	<i>Cryptocephalus anticus</i> Bedel, 1891	+		+	+			+				
49.	<i>Cryptocephalus bipunctatus</i> (Linnaeus, 1758)		+							+		
50.	<i>Cryptocephalus flavipes</i> Fabricius, 1781	+		+				+				
51.	<i>Cryptocephalus moraei</i> (Linnaeus, 1758)		+									
52.	<i>Cryptocephalus sericeus</i> (Linnaeus, 1758)		+		+			+				+
53.	<i>Cryptocephalus solivagus</i> Leonardi & Sassi, 2001		+					+				
54.	<i>Cryptocephalus violaceus</i> Laicharting, 1781			+	+							
55.	<i>Clytra laeviuscula</i> (Ratzebyrg, 1837)	+	+									
56.	<i>Entomoscelis adonidis</i> (Pallas, 1771)				+					+		
57.	<i>Galeruca tanaceti</i> (Linnaeus, 1758)			+				+			+	+
58.	<i>Gastrophysa polygoni</i> (Linnaeus, 1758)	+				+		+				+

59.	<i>Gastrophysa viridula</i> (DeGeer, 1775)	+			+					+		+
60.	<i>Hypocassida subferruginea</i> (Schrank, 1776)	+		+		+		+				
61.	<i>Lilioceris lili</i> (Scopoli, 1763)									+		
62.	<i>Luperus xanthopoda</i> (Schrank, 1781)		+					+				
63.	<i>Oulema gallaeciana</i> (Heyden, 1870)				+						+	
64.	<i>Oulema melanopus</i> (Linnaeus, 1758)	+			+						+	
65.	<i>Xanthogaleruca luteola</i> (Müller, 1766)										+	

Notă: **PVT** – Parcul Valea Trandafirilor, **PD** – Pădurea Durlești, **PR** – Parcul Râșcani, **PI** – Parcul La Izvor, **PDD** – Parcul Dendrologic, **SC** – Scuarul Ștefan cel Mare și Sfânt, **GB** – Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru”, **PV1** – Parcul Valea Morilor sector 1, **PV2** – Parcul Valea Morilor sector 2, **SA** – Scuarul Academiei, **GB MNEIN** - Grădina Botanică a Muzeului Național de Etnografie și Istorie Naturală.

Fluturii diurni populează ecosistemele urbane, aceștia reușind să supraviețuiască și să-și mențină populațiile în pofida pressingului antropic. Unele specii de fluturi sunt tolerante față de mediul antropic și populează parcurile, grădinile publice, aleile cu flori și alte zone verzi ale orașului. În urma cercetărilor efectuate, s-a constatat că mediul urban suprimă activitatea speciilor sensibile față de condițiile de mediu și favorizează dezvoltarea speciilor tolerante. Totuși, condițiile pentru dezvoltarea fluturilor sunt dificile în mediul urban din cauza activităților antropice intense asupra habitatului manifestate prin tăierea plantelor spontane, evacuarea frunzelor din parcuri toamna, tăierea și eliminarea arborilor uscați, tratamente chimice contra defoliatorilor, iluminarea stradală și altele. Rolul fluturilor într-un oraș este foarte important fiind printre principalii polenizatori ai plantelor ornamentale și spontane, precum și un indicator ecologic al spațiilor verzi. Prezența lor în orașe indică un mediu relativ sănătos, demonstrând existența spațiilor verzi și a plantelor-gazdă sau a surselor de nectar pentru fluturii adulți. Totodată, fluturii fac parte din lanțul trofic, servind ca sursă de hrană pentru păsări și alte organisme insectivore.

Dintre speciile rare de lepidoptere observate în fauna municipiului Chișinău au fost evidențiate *H. lucina*, *N. sappho*, *P. machaon*, *N. antiopa* și *Z. polyxena* care sunt incluse în ediția a 3-a a Cărții Roșii a Republicii Moldova, 2015 [4]. De asemenea, a fost semnalată specia *L. dispar* care este citată în Lista Roșie IUCN. Specia *N. sappho* este menționată în Lista Roșie a Fluturilor din Europa, 2010 [18]. În Directiva Habitate (Anexele II, IV) sunt incluse speciile *L. dispar* și *Z. polyxena*, care se regăsesc și în Convenția Berna.

În perioada cercetărilor, au fost înregistrați un șir de factori care suprimă dezvoltarea și duc la scăderea efectivului numeric al populațiilor de fluturi diurni din ecosistemele urbane ale municipiului Chișinău, printre care poluarea care afectează dezvoltarea tuturor organismelor, utilizarea substanțelor chimice în anumite zone, fragmentarea habitatelor din cauza construcțiilor, lipsa plantelor-gazdă din cauza cosirii frecvente și altele. În sectoarele foarte urbanizate, precum centrul orașului, fluturii sunt puțini, predominând cei care migrează la distanțe în căutarea surselor de nectar, dar în parcurile mari sau zonele cu vegetație diversă se evidențiază un număr mai mare de specii, printre care *Iphiclides podalirius* (fig. 2), *Argynnis paphia* (fig. 3), *Polygonia c-album* (fig. 4), *Vanessa atalanta* (fig. 5).

Se recomandă pentru a păstra diversitatea existentă a fluturilor diurni din oraș să se planteze cât mai multe plante nectarifere (precum lavandă, gălbenele, busuioc ș.a.), evitarea utilizării insecticidelor, crearea sau păstrarea a cât mai multe zone verzi naturale cu iarbă necosită.

Crisomelidele reprezintă un grup important de coleoptere fitofage, frecvent întâlnite în ecosistemele urbane. Datorită asocierii strânse cu plantele-gazdă, vegetația urbană joacă un rol esențial în susținerea dezvoltării și menținerii populațiilor lor. Distribuția și abundența speciilor sunt influențate de o serie de factori ecologici și antropici, iar diversitatea plantelor spontane și a speciilor arboricole poate crea noi nișe ecologice, facilitând extinderea gândacilor adaptabili. Prin urmare, studiul acestui grup în mediul urban oferă informații relevante privind starea biodiversității și impactul activităților antropice asupra habitatelor urbane.



Figura 2. *Iphiclides podalirius*
Foto: Țugulea C.



Figura 3. *Argynnis paphia*
Foto: Țugulea C.

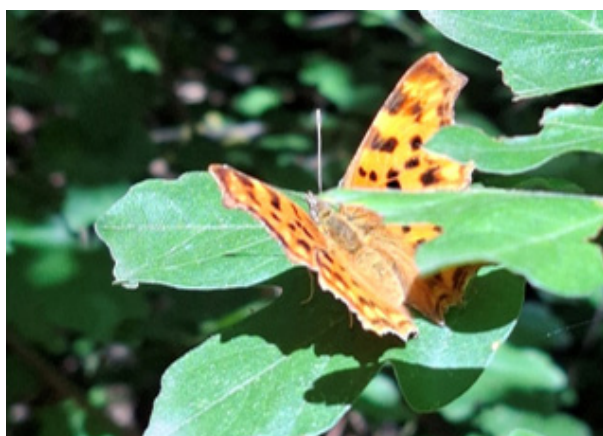


Figura 4. *Polygonia c-album*
Foto: Țugulea C.



Figura 5. *Vanessa atalanta*
Foto: Țugulea C.

Dintre speciile de crisomelide au fost frecvent evidențiate în fauna municipiului Chișinău: *Chrysolina fastuosa*, *Ch. sanguinolenta*, *Cryptocephalus anticus*, *C. flavipes*, *C. solivagus*, *Gastrophysa polygoni*, *G. viridula*, *Hypocassida subferruginea*, *Oulema melanopus* și *Entomoscelis adonidis* (fig. 6).

Temperatura și microclima specifice orașelor pot stimula dezvoltarea și ritmul de reproducere ale unor specii. Totodată, reducerea presiunii exercitate de prădătorii naturali și diminuarea competiției interspecifice pot favoriza proliferarea acestora în parcuri, grădini și alte zone cu vegetație ornamentală.

Un exemplu relevant este *Xanthogaleruca luteola*, specie de crisomelide frecvent întâlnită în fauna urbană, asociată în special cu arborii de ulm (*Ulmus* spp.). În anii favorabili, caracterizați prin temperaturi ridicate și ierni blânde, populațiile pot înregistra creșteri semnificative a efectivului numeric, generând degradări locale ale arborilor în spațiile verzi urbane. Efectivul speciei poate scădea, însă, ca urmare a lucrărilor de întreținere a arborilor, a îndepărtării frunzelor căzute sau a condițiilor climatice nefavorabile. Ulterior, densitatea populațională se poate reduce sub influența factorilor naturali, precum limitarea resurselor trofice, activitatea entomofagilor și măsurile de management aplicate vegetației urbane. Specia *Lilioceris lili* (fig. 7) este un dăunător frecvent al plantelor din genul *Lilium* și *Fritillaria*, consumând frunzele acestora și deteriorând plantele ornamentale. Menționăm că specia a fost colectată în curțile caselor private.

Pe de altă parte, activitățile antropice pot contribui la diminuarea efectivului numeric al speciilor de crisomelide. Similar altor grupuri de insecte, poluarea aerului și a solului, utilizarea pesticidelor și erbicidelor, cosirea frecventă a vegetației și reducerea suprafețelor de spații verzi determină scăderea abundenței și a diversității specifice. Speciile sensibile la stresul urban tind să se retragă din zonele intens antropizate, fiind menținute preponderent în parcurile de mari dimensiuni sau în pădurile periurbane.



Figura 6. *Entomoscelis adonidis*
Foto: Țugulea C.



Figura 7. *Lilioceris lili*
Foto: Calestru L.

Astfel, prezența și dinamica numerică a familiei Chrysomelidae în mediul urban reflectă echilibrul dintre factorii favorizanți, precum diversitatea vegetației-gazdă și condițiile microclimatice și factorii limitativi, cum ar fi poluarea, gestionarea în mod intensiv a vegetației și fragmentarea habitatelor. Înțelegerea acestor relații ecologice este esențială pentru conservarea coleopterofaunei urbane și pentru implementarea unor strategii durabile de management adecvat al spațiilor verzi.

Concluzii

Ca rezultat al cercetărilor efectuate în municipiul Chișinău în perioada de vegetație în anii 1996-2025, au fost identificate 41 de specii de lepidoptere și 24 specii de crisomelide, care se încadrează în 7 familii: Papilionidae (3 specii), Lycaenidae (9), Nymphalidae (16), Pieridae (8), Hesperiidae (4), Riodinidae (1) și Chrysomelidae – 24 specii.

În ecosistemele urbane ale municipiului Chișinău au fost semnalate șase specii de lepidoptere rare și protejate: *Hamearis lucina*, *Lycaena dispar*, *Neptis sappho*, *Papilio machaon*, *Nymphalis antiopa* și *Zerynthia polyxena*.

Speciile de crisomelide *Xanthogaleruca luteola* și *Lilioceris lili* aduc daune plantelor-gazdă, când populațiile lor ating niveluri critice de dăunare.

Insectele reprezintă o componentă fundamentală a biodiversității urbane. Deși mediul urban impune condiții restrictive pentru numeroase specii, multe insecte reușesc să se adapteze și să formeze comunități ecologice specifice. Conservarea și gestionarea sustenabilă a spațiilor verzi urbane, reducerea utilizării substanțelor chimice și menținerea diversității vegetației constituie măsuri esențiale pentru protejarea entomofaunei și pentru menținerea echilibrului ecologic în orașe. Prin urmare, studiul insectelor din mediul urban oferă informații valoroase privind nivelul biodiversității locale și impactul activităților antropice asupra ecosistemelor urbane, iar cercetările suplimentare sunt esențiale pentru a evalua pe termen lung impactul urbanizării asupra insectelor.

Bibliografie:

1. BACAL, S., BUȘMACHIU, G., ȚUGULEA, C., DERJANSCHII, V., CALESTRU, L., ENCIU, E. *Insectele polenizatoare (Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera, Diptera) din Republica Moldova*. Chișinău: [S. n.], 2025 (Căpățînă-Print), 210 p., ISSN 978-5-86654-565-0 <https://doi.org/10.53937/9785866545650>
2. BACAL, S., ȚUGULEA, C., BUȘMACHIU, G. Impactul antropic asupra entomofaunei (Lepidoptera, Coleoptera, Odonata, Hemiptera) în municipiul Chișinău. În: *Evaluarea și reglementarea impactului antropic asupra stabilității ecosistemelor urbane și rurale din Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova*, 7 noiembrie 2022, Chișinău, Republica Moldova: Institutul de Ecologie și Geografie, 2022, p. 99-105. ISBN 978-9975-3586-0-6.
3. BUȘMACHIU, G., ENCIU, E., BACAL, S., ȚUGULEA, C., GROZDEVA, S., MIHAILOV, I., CALESTRU, L. *Metode de cercetare a colebolelor și insectelor. Ghid metodologic*. Chișinău, Căpățînă Print, 2023. 72 p. DOI: <https://doi.org/10.53937/9789975364416>

4. *Cartea Roșie a Republicii Moldova*, 2015. Ediția a 3-a. Chișinău: Știința, 492 p.
5. COJUHARI, T. Starea actuală a florei din grădina botanică a Muzeului Național de Etnografie și Istorie Naturală. În: *Buletin Științific. Revista de Etnografie, Științele Naturii și Muzeologie (Serie Nouă)*, 2007, nr. 6 (19), p. 9-12. ISSN 1857-0054.
6. ENCIU, E., BACAL, S. Contribution to the study of edaphic Coleoptera in the botanical garden of the National Museum of Ethnography and Natural History of Chișinău. In: *Sustainable use, protection of animal world and forest management in the context of climate change*, 12-13 octombrie 2016, Chișinău: Institutul de Zoologie, 2016, Ediția 9, p. 95-96. ISBN 978-9975-3022-7-2.
7. ENCIU, E., CALESTRU, L. Diversitatea coleopterelor edafice din Grădina Botanică a Muzeului de Etnografie și Istorie Naturală din Chișinău. În: *Materialele Simpozionului tehnico-științific internațional consacrat aniversării a 30 ani de la fondarea Întreprinderii municipale „Asociația de Gospodărire a Spațiilor Verzi”*, Chișinău, 2022, p. 96-100.
8. *Lepidoptera Mundi (formerly European Butterflies and Moths)*. Disponibil pe: <https://lepidoptera.eu> [Accesat: 2020-2025].
9. *Lepiforum: Bestimmung von Schmetterlingen (Lepidoptera) und ihren Präimaginalstadien*. Disponibil pe: <http://www.lepiforum.de> [Accesat: 2020-2025].
10. MILLER, E., ZUBOVSKI, N., RUSCINSCHI, A. Materiale pentru fauna entomologică din Basarabia. Macrolepidoptera. Suplimentul III. Buletinul Muzeului Național de Istorie Naturală. Tipografia Eparhială „Cartea Românească”, 1929, Chișinău. 2-3: 97-130.
11. MILLER, E., ZUBOWSKY, N., RUSCHTSCHINSKY, A. Materialien zur Kenntnis der entomologischen Fauna Bessarabiens. Macrolepidoptera. Buletinul Muzeului Național de Istorie Naturală. Chișinău. 1932. 4: 25-38.
12. NICULESCU, E. Fauna Republicii Populare România, Insecta, Volumul XI, fas. 7. Lepidoptera. Familia Nymphalidae. București: Ed. Academiei Rep. Pop. România. 1965, p. 358 pp.
13. NICULESCU, E. Fauna Republicii Populare România, Insecta, Volumul XI, fascicula 6. Lepidoptera. Familia Pieridae. București: Ed. Academiei Rep. Pop. România. 1963, p. 202 pp.
14. NICULESCU, E.; Konig, F. Fauna Republicii Socialiste România, Insecta, Volumul XI, fas. 10. Lepidoptera. Partea generală. București: Ed. Academiei Rep. Soc. România. 1970, p. 3-10.
15. PÎNZARU, P., CHIRIAC, E., NEDBALIUC, B., ALUCHI, N. Contribuții la studiul plantelor rare din bariera Sculeni (Chișinău). În: *Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice*, 23 noiembrie 2018, Chișinău, Republica Moldova: Universitatea de Stat „Dimitrie Cantemir”, 2018, Ediția a 2-a, p. 79-82. ISBN 978-9975-3178-9-4.
16. RAKOSY, L. Fluturii diurni din România. Cunoaștere, protecție, conservare. Cluj-Napoca, Editura MEGA. 2013, 352 p.
17. ȚUGULEA, C., ȚUGULEA, A. Contribuții la studiul lepidopterelor (Insecta: Lepidoptera) din municipiul Chișinău. În: *Materialele Simpozionului tehnico-științific internațional: dedicat aniversării a 30 de ani de la fondarea Întreprinderii municipale „Asociația de Gospodărire a Spațiilor Verzi”, cu tematica „Conservarea biodiversității urbane – premiza dezvoltării durabile a mun. Chișinău”*, 11-12 Noiembrie 2022, Artpoligraf, p. 172-177.
18. VAN SWAAY, C., Cuttelod, A., Collins, S. et al. *European Red List of Butterflies*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010, 47 p.
19. *Zonele de gestiune ale Î.M. „Asociația de gospodărire a spațiilor verzi”*. Disponibil pe: <https://agsv.md/zonele-de-gestiune-2/> [Accesat: 20.02.2026].
20. ZUBOWSKY, N., RUSCINSKI, A. Materialien zur Kenntnis der entomologischen Fauna Bessarabiens. Macrolepidoptera. Nachtrag V. Buletinul Muzeului Regional al Basarabiei. Chișinău, 1937, 8: 23-35.
21. БЕНЬКОВСКИЙ, А. О. Определитель жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) европейской части России и европейских стран ближнего зарубежья», М.: Техполиграфцентр, 1999. 204 с.
22. МИЛЛЕР, Е., ЗУБОВСКИЙ, Н. Материалы по энтомологической фауне Бессарабии. Чешуекрылые (Macrolepidoptera). В: Труды Бессарабского общества естествоиспытателей и любителей естествознания. Типо-Литография Ф. П. Кашевского. Кишинев, 1908, Т. i, Часть 3-я. с. 410-425.
23. МИЛЛЕР, Е., ЗУБОВСКИЙ, Н. Материалы по энтомологической фауне Бессарабии. В. Труды Бессарабского общества естествоиспытателей и любителей естественных наук. Типография Бессарабского провинциального совета. Кишинев, 1917, 2(1): 32-150.

24. МИЛЛЕР, Е., ЗУБОВСКИЙ, Н. Материалы по энтомологической фауне Бессарабии. Чешуекрылые (Macrolepidoptera). Дополнение I. Труды Бессарабского общества естествоиспытателей и любителей естествознания. Кишинев: Типография Бессарабского Губернского Правления. 1912, Т. II, Вып. 2. с. 93-96.
25. МИЛЛЕР, Е., ЗУБОВСКИЙ, Н. Материалы по энтомологической фауне Бессарабии. Чешуекрылые (Macrolepidoptera). Дополнение II. Труды Бессарабского общества естествоиспытателей и любителей естествознания. Кишинев: Типография Бессарабского Губернского Правления. 1913, Т. IV, с. 261-262.
26. НЕКРУТЕНКО, Ю., ЧИКОЛОВЕЦЬ, В. Денні метелики України, Київ, 2005, 232 с.

N. B.: Studiul a fost susținut de subprogramul 010701 „Evaluarea structurii și funcționării lumii animale și a ecosistemelor acvatice sub influența factorilor biotici și abiotici în contextul asigurării securității ecologice și a bunăstării populației” și proiectul „Evaluarea stării speciilor de plante, fungi și animale, elaborarea listei speciilor cu statut de raritate și algoritmului de prezentare a acestora în ediția a IV-a, a Cărții Roșii a Republicii Moldova”.

Date despre autor:

Cristina ȚUGULEA, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5882-4753

E-mail: tuguleacristy@yahoo.com

Livia CALESTRU, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, cercetător științific coordonator, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-1646-5542

E-mail: livia.calestru@sti.usm.md

Prezentat: 15.01.2026

Recenzat: 25.02.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 582.632.2:551.583

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_18](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_18)

RĂSPUNSUL CREȘTERII RADIALE A STEJARULUI PUFOS (QUERCUS PUBESCENS WILLD.) LA VARIABILITATEA CLIMATICĂ LA LIMITA EXTRAZONALĂ A AREALULUI

**Gheorghe FLORENȚĂ,
Veronica FLORENȚĂ,**

Universitatea de Stat din Moldova

Andrei POPA,

Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în Silvicultură Marin Drăcea, România

Ionel POPA,

*Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în Silvicultură Marin Drăcea, România,
Centrul de Economie Montană Vatra Dornei, România*

Studiul analizează răspunsul stejarului pufos (*Quercus pubescens* Willd.) la variabilitatea climatică într-un arboret azonal. Au fost analizate 24 de serii dendrocronologice obținute din carote prelevate de la arbori maturi, cu o lungime medie de 89 ± 13 ani, acoperind perioada 1923-2024. Cronologia standardizată prezintă o sensibilitate relativ ridicată ($MS = 0,363$) și un semnal populațional exprimat foarte bun ($EPS = 0,964$), indicând un răspuns pronunțat al creșterii radiale la variațiile climatice. Analiza relațiilor climă-creștere evidențiază o influență pozitivă a precipitațiilor din sezonul rece și începutul primăverii (noiembrie-aprilie) și un efect negativ al temperaturilor ridicate din septembrie. Anii 1942, 1946 și 2020 corespund unor minime de creștere asociate episoadelor de secetă severă. Rezultatele indică faptul că disponibilitatea apei în sol reprezintă principalul factor limitativ al creșterii radiale, confirmând potențialul speciei *Quercus pubescens* ca indicator dendroclimatic al variabilității climatice regionale.

Cuvinte-cheie: dendrocronologie, variabilitate climatică, creștere radială, păduri extrazonale, stejar pufos, stres hidric.

RESPONSE OF RADIAL GROWTH OF DOWNY OAK (QUERCUS PUBESCENS WILLD.) TO CLIMATE VARIABILITY AT THE EXTRAZONAL LIMIT OF THE AREA

The study analyzes the response of downy oak (*Quercus pubescens* Willd.) to climate variability in an azonal stand. Twenty-four tree-ring series obtained from increment cores of mature trees were analyzed. The average series length was 89 ± 13 years, covering the period 1923–2024. The standardized chronology shows a relatively high sensitivity ($MS = 0,363$) and a very good expressed population signal ($EPS = 0,964$), indicating a pronounced response of radial growth to climatic variations. The analysis of climate-growth relationships highlights a positive influence of precipitation in the cold season and early spring (November–April) and a negative effect of high temperatures in September. The years 1942, 1946 and 2020 correspond to growth minima associated with severe drought episodes. The results indicate that soil water availability is the main limiting factor for radial growth, confirming the potential of the *Quercus pubescens* species as a dendroclimatic indicator of regional climate variability.

Keywords: dendrochronology, climate variability, radial growth, extrazonal forests, downy oak, hydric stress.

Introducere

Schimbările climatice reprezintă unul dintre principalii factori de risc cu impact asupra dinamicii ecosistemelor forestiere în Europa Centrală și de Est, prin modificarea regimului termic și pluviometric, intensificarea frecvenței și severității secetelor și creșterea variabilității interanuale a condițiilor climatice [1; 29; 31 31; 35, 37; 41]. În Republica Moldova, tendințele recente indică o creștere a temperaturii medii

anuale cu 2°C până în anul 2040 și o accentuare a stresului hidric estival (o scădere cu 13% a cantității anuale de precipitații) cu implicații directe asupra productivității și stabilității arboretelor forestiere [13]. În acest context, Programul Național de Extindere și Reabilitare a Pădurilor din Republica Moldova [25; 53] acordă o importanță sporită selecției speciilor forestiere adaptate la condiții de ariditate și la variabilitatea climatică ridicată, în vederea creșterii rezilienței ecosistemelor forestiere și a reușitei lucrărilor de împădurire și reîmpădurire. Speciile termofile și xerofile devin astfel de interes strategic, fiind considerate soluții potențiale pentru adaptarea fondului forestier la scenariile climatice viitoare [7; 33].

Stejarul pufos (*Quercus pubescens* Willd.) este o specie caracteristică zonelor cu climat cald și relativ arid, având o toleranță ridicată la secetă și la solurile sărace, ceea ce îi conferă un potențial adaptativ deosebit în condițiile intensificării stresului hidric [3; 36; 46; 56]. În Europa Centrală și de Est, numeroase studii au evidențiat capacitatea acestei specii de a menține creșterea radială în condiții de deficit pluviometric și temperaturi ridicate, ceea ce o recomandă ca specie de interes pentru strategiile de adaptare la schimbările climatice [51; 55]. În același timp, există și studii care raportează rezultate contrastante, demonstrând că stejarul pufos din zona deluroasă (regiunea Basilicata, sudul Italiei, caracterizată printr-o proporție ridicată a pădurilor de stejar pufos) reprezintă tipul de pădure cel mai afectat de fenomenul de declin al stejarului în contextul condițiilor climatice locale [14].

În Republica Moldova, arealul stejarului pufos este situat în principal în regiunile sudice și centrale ale țării [8; 23; 58; 43], iar apariția arboretelor de stejar pufos în partea de nord a acestui areal reprezintă o situație extrazonală, cu importanță ecologică și biogeografică deosebită [43]. Având în vedere importanța ecologică a acestor populații [22], arboretele de stejar pufos au fost cercetate sub aspectul răspunsului la stresul termic, evidențiind modul în care specia se poate adapta la temperaturi ridicate în comparație cu alte specii de stejar [19, 20, 21]. De asemenea, aceste arborete de la limita arealului pot constitui zone de monitorizare pentru evaluarea răspunsului speciei la condiții climatice mai reci și mai umede comparativ cu arealul optim, oferind informații esențiale privind potențialul de extindere naturală sau asistată a speciei către nord [27; 30].

În acest context de evaluare a rezilienței speciilor forestiere la secetă, dendrocronologia reprezintă un instrument important pentru evaluarea relațiilor dintre creșterea radială a arborilor și variabilitatea climatică, permițând identificarea factorilor limitativi ai creșterii și cuantificarea sensibilității speciilor forestiere la stresul climatic [15; 24; 47]. Inelele de creștere radială, prin parametrii acestora, constituie o arhivă naturală de înaltă rezoluție temporală, capabilă să reflecte răspunsurile anuale și decadale ale arborilor la variațiile de temperatură și precipitații [40; 49]. Prin măsurarea și analiza lățimii inelelor de creștere, se pot identifica perioadele favorabile sau restrictive din punct de vedere climatic și se pot construi modele de sensibilitate climatică [40].

Studii dendrocronologice și dendroclimatologice privind pădurile de stejar pufos din Europa sunt relativ puține, comparativ cu cele dedicate altor specii de stejar sau speciilor forestiere dominante din zonele temperate. În literatura de specialitate din Republica Moldova, studiile dendrocronologice au vizat în principal stejarul, fagul și mai puțin stejarul pufos [10; 11; 12; 26; 34; 38; 41; 45]. Aceste cercetări, deși relativ recente, dar limitate ca număr, oferă informații valoroase privind dinamica creșterii arborilor, variabilitatea climatică și impactul factorilor antropici asupra ecosistemelor forestiere, contribuind la consolidarea bazei științifice pentru analiza răspunsului pădurilor la schimbările climatice.

Studiul de față își propune să analizeze răspunsul stejarului pufos la variabilitatea climatică prin intermediul creșterilor radiale în condiții climatice și de vegetație specifice Podișului Codrilor de Vest [6]. Obiectivul studiului este reprezentat de cuantificarea relației dintre factorii climatici și procesele de creștere radială pentru evaluarea gradului de sensibilitate climatică a speciei la limita nordică a arealului său regional, în concordanță cu abordările utilizate în studiile recente de ecologie forestieră și dendroclimatologie.

Cunoașterea răspunsului stejarului pufos la variabilitatea factorilor climatici în condiții de limită a arealului poate constitui un punct de plecare pentru cercetări suplimentare dedicate evaluării potențialului său de adaptare în regiunea de centru și nord a Republicii Moldova.

Metode și materiale aplicate

Zona de studiu

Pentru cuantificarea relației dintre principalii factori climatici și procesele de creștere radială la stejarul pufos de la limita nordică a arealului său regional a fost selectat un arboret de stejar pufos ($47^{\circ}11'14''$ N și $28^{\circ}18'55''$ E) situat pe Podișul Bîcului de Vest [6]. Arboretul face parte din pădurile gestionate de Ocolul silvic Călărași din cadrul Întreprinderii pentru Silvicultură Călărași (Fig. 1).

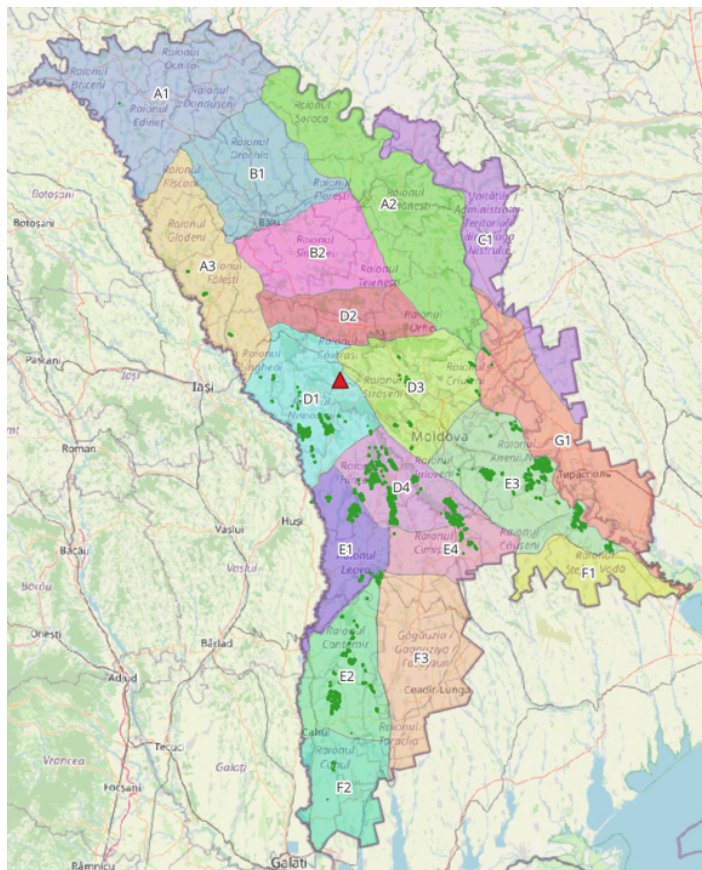


Figura 1. Poziția geografică a zonei de studiu

Conform proiectului de amenajare al Ocolului Silvic Călărași [2], arboretul investigat este localizat în subparcela 42E, la o altitudine cuprinsă între 230 și 300 m, pe un versant cu expoziție sudică și o pantă medie de aproximativ 25° . Tipul de sol este reprezentat de cernoziom argiloiluvial tipic. Din punct de vedere stațional, suprafața se încadrează într-o stațiune de silvostepă deluroasă, caracterizată prin cvercete de stejar pufos de tip extrazonal, încadrate în zona deluroasă a cvercetelor (cu gorun), dezvoltate pe versanți înșoriți, cu cernoziomuri.

Compoziția arboretului este de 5 STP (stejar pufos), 1 GO (gorun), 1 ST (stejar pedunculat), 1 SC (salcâm), 1 ULC (ulm de câmp) și 1 DT (specii diverse tari), cu o consistență medie de 0,8. Arboretul are o vârstă medie de 75 de ani și o structură relativ plurienă. Stejarul pufos, gorunul și stejarul pedunculat au o vârstă medie de 100 de ani. Dimensional stejarul pufos are un diametru mediu de 18 cm și o înălțime medie de 11 m, fiind încadrat în clasa a 3-a de producție.

Date climatice

Datele climatice utilizate în acest studiu provin din baza de date E-OBS, cu o rezoluție spațială de $0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ}$, și au fost descărcate prin intermediul platformei KNMI Climate Explorer [50]. Setul de date E-OBS furnizează date climatice observaționale interpolate și omogenizate pentru Europa, fiind larg utilizat în studiile climatologice și dendroclimatologice [18; 50]. Au fost utilizate seriile de temperatură medie lunară și cantități lunare de precipitații pentru perioada 1965 - 2024, corespunzătoare celei grid care acoperă zona de studiu (Fig. 2).

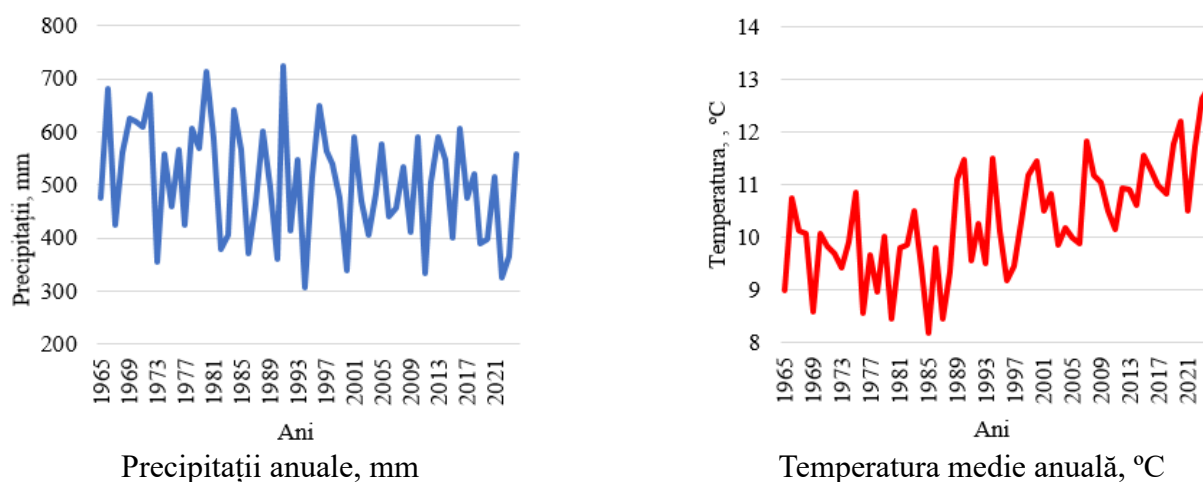


Figura 2. Temperaturile și precipitațiile medii anuale pentru perioada 1965 – 2024

Conform datelor descărcate de pe platforma KNMI Climate Explorer, regimul climatic local este caracterizat de o temperatură medie multianuală de 10,3 °C și de o cantitate medie anuală a precipitațiilor de 506 mm. Valorile medii ale temperaturilor în sezonul de vegetație sunt de 17,9°C, respectiv în perioada de repaus vegetativ de 4,7 °C. Distribuția sezonieră a precipitațiilor evidențiază o medie în sezonul cald, de 188 mm vara și 125 mm primăvara, și valori mai reduse în toamnă (112 mm) și iarnă (84 mm). Analiza lunară indică un maxim pluviometric în intervalul mai - iulie (193 mm) și un minim pronunțat în sezonul rece.

Analiza seriilor temporale evidențiază, pentru perioada recentă, o tendință semnificativă de creștere a temperaturii medii începând cu anul 1990, indicând un proces de încălzire regională. În contrast, cantitățile de precipitații înregistrează, pentru aceeași perioadă, o tendință ușoară de scădere, sugerând o intensificare a condițiilor de ariditate și un potențial accentuat al stresului hidric asupra ecosistemelor forestiere din zona de studiu.

Prelevarea probelor și măsurarea inelelor anuale

În conformitate cu principiile standard ale dendrocronologiei [15; 24; 40], în toamna anului 2024, au fost selectați 24 de arbori dominanți și codominanți de stejar pufos fără vătămări vizibile cu o stare de sănătate bună. Din fiecare arbore a fost extrasă câte o carotă de creștere la înălțimea de 1,30 m de la sol, utilizând burghiul Pressler.

Carotele au fost introduse în tuburi de plastic, etichetate și uscate în aer liber. Ulterior, acestea au fost fixate pe suporturi de lemn și șlefuite cu hârtie abrazivă cu granulație progresivă (80 - 400), pentru evidențierea limitelor inelelor anuale. Carotele de creștere au fost scanate la o rezoluție optică de 2400 dpi, iar lățimea inelelor anuale a fost măsurată cu ajutorul programului CooRecorder/CDendro [32], cu o precizie de 0,01 mm.

Interdatarea vizuală și verificarea statistică a seriilor individuale a fost realizată cu programul COFECHA [28], utilizând analiza corelației pe subperioade intercalate, pentru verificarea corectitudinii măsurătorilor și identificarea eventualelor erori.

Analiza statistică a datelor dendrocronologice

Pentru reducerea influenței tendințelor de creștere asociate vârstei arborilor, geometriei trunchiului și altor factori non-climatici, seriile individuale ale lățimii inelului anual au fost supuse unui proces de standardizare. În acest scop, s-a aplicat o funcție spline cubică, cu o lungime fixă de 30 de ani. Această abordare permite eliminarea eficientă a variațiilor de joasă frecvență și accentuarea semnalului interanual, considerat a fi predominant controlat de variabilitatea climatică [15]. Standardizarea a fost realizată utilizând programul ARSTAN [17], iar indicii de creștere au fost calculați prin raportarea valorilor observate ale lățimii inelului anual la valorile estimate de modelul statistic. Prin această procedură s-au obținut serii de indici cu medie apropiată de unitate și cu o variabilitate stabilizată, adecvate pentru analize statistice și dendroclimatologice ulterioare. Pe baza seriilor standardizate a fost obținută cronologia medie standard (STD), prin agregarea seriilor individuale utilizând o medie biponderată, metodă care reduce influența valorilor extreme și crește robustețea estimării semnalului comun de creștere la nivel de arboret [15].

Cronologia medie obținută reflectă componenta comună a variabilității creșterii radiale a stejarului pufos la nivel de arboret și este utilizată ca proxy pentru cuantificarea modului de răspuns a arborilor la variabilitatea climatică regională.

Pentru evaluarea calității și robusteții cronologiilor au fost calculați indicatori statistici dendrocronologici standard, respectiv: sensibilitatea medie (MS), autocorelația de ordinul I (AC1), corelația interserială (rbar) și semnalul populațional comun (EPS). Reprezentativitatea cronologiei a fost considerată satisfăcătoare atunci când valorile EPS au depășit pragul de 0,85, prag recunoscut ca indicator al unei cronologii suficient de robuste pentru analize dendroclimatologice [15; 57].

Pentru cuantificarea relațiilor dintre variabilitatea climatică și creșterea radială a stejarului pufos au fost calculați coeficienți de corelație de tip Pearson între cronologia standard (STD) și variabilele climatice, respectiv temperaturile medii lunare și cantitățile lunare de precipitații, pentru perioada 1965 - 2024. Analiza a inclus atât lunile din anul anterior formării inelului, cât și lunile din anul curent de creștere, pentru a identifica posibile efecte întârziate ale condițiilor climatice din anul precedent asupra creșterii radiale.

Pentru prezentarea evoluției creșterii radiale au fost utilizate atât seria de creștere medie, exprimată în mm, cât și seria dendrocronologică standardizată, exprimată ca indice de creștere.

Semnificația statistică a relațiilor de corelație a fost evaluată prin metoda bootstrap, metodă robustă utilizată frecvent în analizele dendroclimatologice pentru a reduce influența autocorelației și a distribuțiilor non-normale. Analiza corelațiilor climat-creștere a fost realizată cu programul DendroClim2002 [5].

Rezultate și discuții

Au fost analizate 24 de serii individuale de lățime a inelelor de creștere, care acoperă perioada 1923–2024. Lungimea maximă a seriei de indici de creștere este de 102 ani, cu o replicare mai mare de 20 de arbori după anul 1965, indicând o bună stabilitate temporală a eșantionării și o robustețe crescută a cronologiei în perioada recentă.

Sensibilitatea medie a seriilor individuale este relativ ridicată ($MS = 0,397 \pm 0,047$), ceea ce indică un răspuns pronunțat al creșterii radiale la variațiile interanuale ale condițiilor de mediu. Autocorelația de ordinul I prezintă valori medii ($AC1 = 0,576 \pm 0,174$), sugerând o influență moderată a proceselor de creștere din anul precedent asupra creșterii din anul curent (Tabelul 1).

Tabelul 1. Indicatori statistici ai seriilor individuale de creștere și ai cronologiei standardizate

Indicator	Serii de creștere (medie $\pm$ SD)	Cronologie STD
Număr serii (N)	24	24
Lungime serie (ani)	89 ± 13	89 ± 13
Lungime maximă serie (ani)	102	102
Lățime medie inel (mm)	$1,255 \pm 0,614$	-
Abatere standard (mm)	$1,489 \pm 3,365$	-
Sensibilitate medie (MS)	$0,397 \pm 0,047$	0,363
Autocorelație ordin 1 (AC1)	$0,576 \pm 0,174$	0,042
Corelație inter-serie (rbar)	0,546	0,530
Expressed Population Signal (EPS)	-	0,964
Signal-to-Noise Ratio (SNR)	-	26,78

Seria de creștere radială medie evidențiază o tendință descrescătoare a lățimii inelelor de creștere odată cu înaintarea în vârstă, reflectând efectele biologice legate de vârsta cambială și de creșterea diametrului trunchiului (Fig. 3). Variabilitatea interanuală este suprapusă peste această tendință pe termen lung, însă amplitudinea variațiilor este mai redusă comparativ cu cronologia standardizată, datorită prezenței semnalului biologic non-climatic.

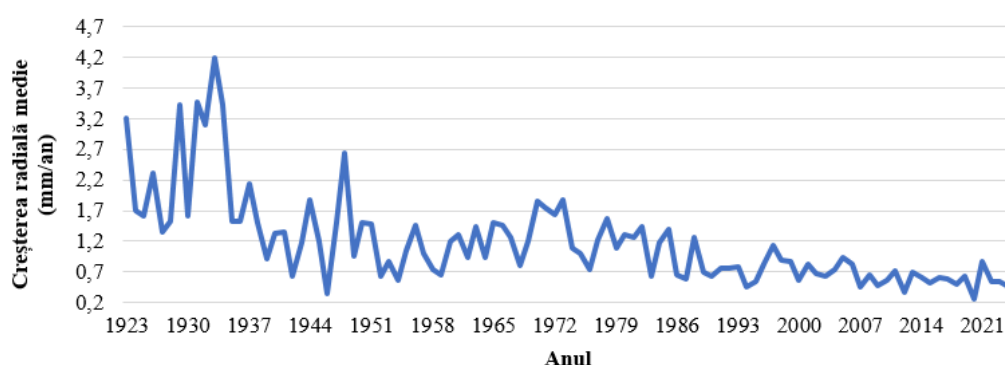


Figura 3. Seria de creștere radială medie pentru perioada 1923–2024

Cronologia standard acoperă intervalul 1923 - 2024 (102 ani) și prezintă o sensibilitate medie de 0,363, o deviație standard de 0,304 și o autocorelație scăzută (0,042), indicând o variabilitate interanuală pronunțată și o influență redusă a dependenței temporale asupra indicilor de creștere.

Dinamica indicilor de creștere evidențiază o variabilitate interanuală accentuată, cu perioade distincte de creștere redusă și creștere favorabilă (Fig. 4). Valorile minime ale indicilor de creștere se înregistrează în anii 1946, 1942 și 2020, reflectând episoade de stres climatic sever. Valorile maxime sunt observate în anii 1948, 1933 și 2021, corespunzând unor condiții climatice deosebit de favorabile pentru creșterea arborilor.

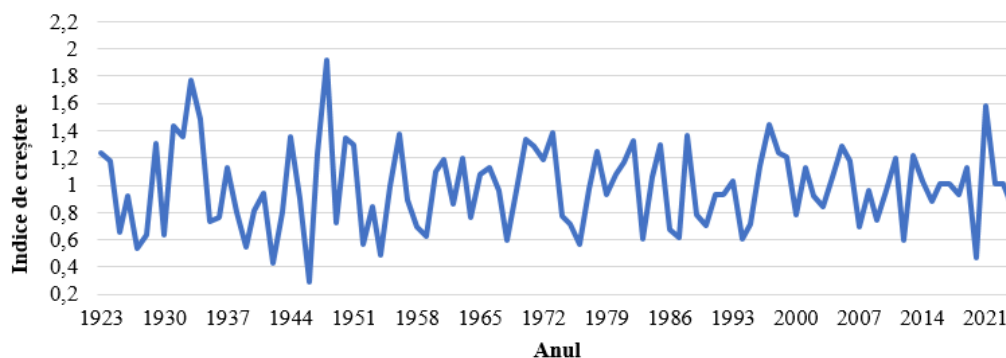


Figura 4. Dinamica indicilor de creștere standardizați (STD) pentru perioada 1923–2024

Omogenitatea semnalului comun între arbori este ridicată, coeficientul mediu de corelație inter-serie având valoarea $r_{bar} = 0,546$, ceea ce confirmă o reprezentativitate foarte bună a cronologiei pentru analizele climă - creștere.

Analiza relațiilor climă - creștere evidențiază o sensibilitate pronunțată a creșterii radiale la condițiile hidrotermice din sezonul rece și începutul sezonului de vegetație (Tabelul 2, Fig. 5). Analizele de corelație bootstrap indică un control climatic dominant exercitat de disponibilitatea apei din sol asupra creșterii radiale.

Tabelul 2. Corelații de corelație semnificativi între indicii de creștere (STD) și variabilele climatice lunare (1965-2024)

Lună	Variabilă	Correlation (r)
Septembrie (an precedent)	Temperatură	-0,316
Aprilie (an curent)	Temperatură	-0,278
Septembrie (an curent)	Temperatură	-0,317
Noiembrie (an precedent)	Precipitații	0,391
Decembrie (an precedent)	Precipitații	0,265
Ianuarie (an curent)	Precipitații	0,273
Martie (an curent)	Precipitații	0,254
Aprilie (an curent)	Precipitații	0,299

Precipitațiile din noiembrie-decembrie din anul precedent și din martie-aprilie din anul curent prezintă efecte pozitive și semnificative statistic asupra indicilor de creștere (Fig. 5), confirmând importanța reîncărcării rezervelor de apă din sol pentru reluarea activității cambiale și pentru susținerea creșterii timpurii. Aceste rezultate sugerează că umiditatea acumulată în sezonul rece joacă un rol esențial în controlul creșterii radiale în anul următor.

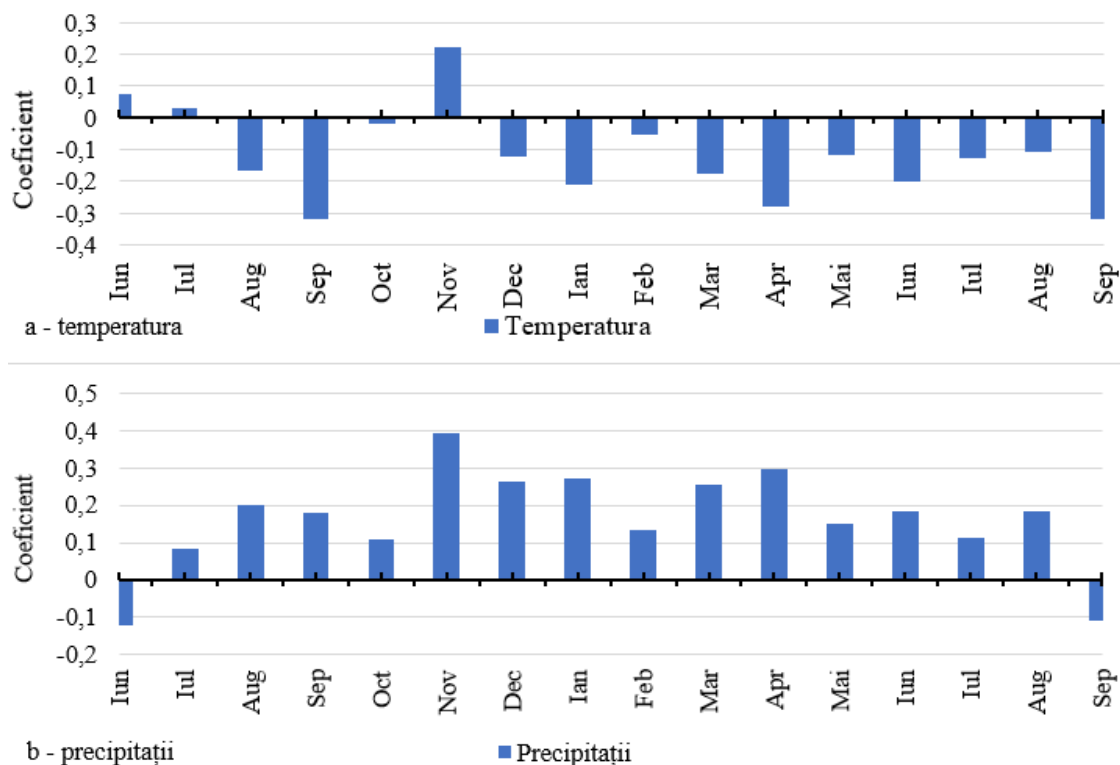


Figura 5. Coeficienții de corelație dintre indicii de creștere standardizați (STD) și variabilele climatice lunare pentru perioada iunie (an precedent) – septembrie (an curent) (1965–2024), a – temperatura; b – precipitații.

Temperaturile ridicate din septembrie anul precedent exercită un efect negativ semnificativ și independent asupra creșterii radiale din anul următor, indicând apariția unui stres hidro-termic de sfârșit de sezon de vegetație, asociat probabil cu creșterea evapotranspirației și cu reducerea disponibilității apei în sol.

Modelul dendroclimatic general pentru stejarul pufos din zona de studiu este dominat de o corelație pozitivă cu regimul precipitațiilor și negativă cu temperatura aerului.

Rezultatele obținute evidențiază o sensibilitate pronunțată a creșterii radiale a *Quercus pubescens* Willd. la variabilitatea condițiilor climatice, în special la disponibilitatea apei din sol. Valorile relativ ridicate ale sensibilității medii și corelația inter-serie indică prezența unui semnal climatic comun bine exprimat în seriile de creștere analizate, confirmând adecvarea cronologiei obținute pentru analize dendroclimatice.

În acest context, datele noastre sugerează că stejarul pufos, deși se află la limita nordică și altitudinală a arealului său regional în Podișul Codrilor de Vest, prezintă o stabilitate relativă a creșterii radiale. Valoarea ridicată a semnalului populațional exprimat ($EPS = 0,964$), care depășește pragul convențional de 0,85 utilizat în evaluarea robusteții cronologiilor dendrocronologice, împreună cu corelația medie inter-serie ($r_{bar} = 0,546$), indică existența unui semnal comun coerent între arborii eșantionați. Astfel de valori ridicate ale EPS sugerează că cronologia reflectă în mod adecvat semnalul populațional al creșterii radiale și este reprezentativă pentru influența factorilor de mediu la scară regională, așa cum a fost demonstrat în studiile metodologice clasice din dendroclimatologie [15; 57].

În plus, sensibilitatea medie relativ ridicată a cronologiei ($MS = 0,363$) indică o variabilitate interanuală pronunțată a creșterii radiale și sugerează capacitatea acestei specii de a răspunde rapid la fluctuațiile climatice, caracteristică specifică seriilor dendroclimatice cu potențial ridicat pentru analiza relațiilor climă-creștere.

Astfel de răspunsuri au fost raportate și pentru alte specii de stejar din Europa, unde creșterea radială este adesea controlată de condițiile hidrotermice și în special de disponibilitatea apei în sol [4; 48].

Un aspect central al acestei cercetări îl constituie influența pozitivă a precipitațiilor din perioada toamnă-iarnă (noiembrie-martie) asupra creșterii radiale din anul curent. Corelațiile pozitive identificate sugerează că stocarea apei în sol în afara sezonului de vegetație reprezintă un determinant esențial al dezvoltării radiale în primăvara anului următor. Mecanismul fiziologic subiacent poate fi explicat prin faptul că apa acumulată în sol pe parcursul sezonului rece și la începutul primăverii susține reluarea rapidă a activității cambiale, furnizând resursele necesare pentru formarea lemnului timpuriu. Aceste rezultate se aliniază observațiilor raportate în alte studii dendrocronologice efectuate în proximitatea zonei de studiu, consolidând importanța precipitațiilor din sezonul rece ca factor climatic major care influențează creșterea radială a stejarului pufos [26; 41]. Acest rezultat indică faptul că stresul termic accelerează evapotranspirația. Valorile minime de creștere identificate în anii 1942, 1946 și 2020 coincid cu perioade de secetă severă recunoscute la nivel național, ceea ce validează capacitatea cronologiei noastre de a arhiva evenimentele climatice extreme.

În studiul realizat de V. Grati [26], desfășurat într-o stațiune forestieră situată la circa 30 km sud-vest față de arboretul nostru, stejarul pufos a înregistrat cea mai ridicată sensibilitate medie ($MS = 0,35$ pentru inelul total și $0,49$ pentru lemnul târziu) comparativ cu stejarul pedunculat și gorunul, valori apropiate de cele obținute în studiul nostru ($MS = 0,363$). Aceste rezultate indică că, în zona respectivă, stejarul pufos rămâne specia cea mai sensibilă la variațiile de mediu, comparativ cu stejarul pedunculat ($MS = 0,21$) și gorunul ($MS = 0,25$). Sensibilitatea ridicată a creșterii radiale reflectă strategia ecologică a speciei la limitele arealului, unde fiecare eveniment climatic extrem este rapid înregistrat în structura inelului, evidențiind astfel potențialul acestei specii ca indicator dendroclimatic.

Conform studiului [26], se observă că stejarul pufos are o reacție puternică la secetele care depășesc 6 luni, centrate pe lunile mai-iulie. Rezultatul nostru privind impactul negativ al temperaturilor din septembrie anul precedent completează acest tablou: stejarul pufos nu suferă doar în vârful sezonului de vegetație, ci rămâne vulnerabil până la finalul acestuia cu influență asupra creșterii din anul următor.

Studiul comparativ realizat [41] în Rezervația Codrii (situată la cca. 10 km sud-vest de situl nostru) oferă repere fundamentale pentru înțelegerea locului ocupat de stejarul pufos în ierarhia rezilienței speciilor forestiere la secetă. În timp ce fagul este specia cea mai vulnerabilă, atingând corelații maxime cu indicele SPEI (peste 0,6), datele noastre plasează stejarul pufos pe o poziție intermediară, dar cu trăsături unice de adaptare.

Deși zona noastră de studiu este situată mai la nord, sensibilitatea medie identificată ($0,363$) rămâne ridicată, fiind comparabilă cu cea a fagului situat la limita inferioară a arealului din punct de vedere altitudinal din Rezervația Codrii ($0,35$). Aceasta sugerează că, deși condițiile climatice din nord ar putea fi teoretic mai puțin severe, poziția extrazonală a stejarului pufos pe versanți însoriți cu pantă mare (25°) egalează sau chiar depășește stresul hidric resimțit de speciile mezofite din sudul regiunii.

Concluzii

Studiul evidențiază că stejarul pufos (*Quercus pubescens* Willd.) manifestă o reacție dendrocronologică clară la condițiile climatice din stațiunea extrazonală studiată. Cronologia dendrocronologică obținută este robustă și consistentă între arbori. Analiza relațiilor dendroclimatice arată că creșterea radială este favorizată de precipitațiile din perioada toamnă-iarnă și influențată negativ de temperaturile ridicate. Aceste observații evidențiază rolul apei în sol pentru determinarea ritmului de formare a lemnului timpuriu. Aceste concluzii confirmă că stejarul pufos poate funcționa ca indicator biologic fiabil pentru monitorizarea stresului hidric în zona de studiu.

Bibliografie:

1. Allen, C. D., Breshears, D. D., & McDowell, N. G. (2015). On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene. *Ecosphere*, 6(8), Article 129. <https://doi.org/10.1890/ES15-00203.1>

2. Amenajament silvic al Ocolului silvic Călărași. (2019). Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, Chișinău.
3. Apostol, E. N., Dinu, C. G., Apostol, B., Ciuvăț, A. L., Lorent, A., Pleșca, I., Postolache, D., & Enescu, C. M. (2016). Importance of pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.) for Romanian forests in the context of climate change. *Revista de Silvicultură și Cinegetică*, 39, 29–33.
4. Árvai, M., Morgós, A., & Kern, Z. (2018). Growth–climate relations and the enhancement of drought signals in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) tree-ring chronology in Eastern Hungary. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 11(2), 267–274.
5. Biondi, F., & Waikul, K. (2004). DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences*, 30(3), 303–311. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2003.11.004>
6. Boboc, N. (2009). Probleme de regionare fizico-geografică a teritoriului Republicii Moldova. *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele Vieții*. Disponibil la: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/123
7. Bolte, A., Ammer, C., Löf, M., Madsen, P., Nabuurs, G.-J., Schall, P., & Spathelf, P. (2009). Adaptive forest management in Central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24(6), 473–482. <https://doi.org/10.1080/02827580903418224>
8. Botnarescu, V., & Florență, G. (2011). Răspândirea stejarului pufos (*Quercus pubescens*) în Moldova. În: Materialele Simpozionului științific internațional „Rezervația Codrii – 40 ani”. Chișinău: Știința, 56–59.
9. Büntgen, U., Myglan, V., Ljungqvist, F., et al. (2016). Cooling and societal change during the Late Antique Little Ice Age from 536 to around 660 AD. *Nature Geoscience*, 9, 231–236. <https://doi.org/10.1038/ngeo2652>
10. Caisin, V. (2005). Creșterea arborilor în funcție de vegetație și climă. *Mediul Ambient*, 3(21), 16–21.
11. Caisin, V. (2005). Creșterea arborilor pentru 25 de ani și clima. *Mediul Ambient*, 2(20), 15–21.
12. Caisin, V. (2006). *Studiu dendrometric și auxologic în arborete de stejar din Rezervația Codrii*. Teză de doctorat, Chișinău.
13. Cojocari, R., Răileanu, V., & Mîndru, G. (2025). Impactul schimbărilor climatice asupra regimului precipitațiilor în Republica Moldova. *Studia Universitatis Moldaviae. Seria Științe reale și ale naturii*, (1/181). [https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_16](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_16)
14. Conte, A. L., Di Pietro, R., Di Marzio, P., Strumia, S., Cillis, G., Capuano, A., & Fortini, P. (2025). Oak decline in southern Italy: environmental and climate parameters for modelling purposes. *Vegetation Ecology and Diversity*, 62, e160170. <https://doi.org/10.3897/ved.160170>
15. Cook, E. R., & Kairiukstis, L. A. (1990). *Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences*. Springer.
16. Cook, E. R., & Kairiukstis, L. A. (Eds.). (1990). *Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences*. Laxenburg / Dordrecht: International Institute for Applied Systems Analysis & Kluwer Academic Publishers.
17. Cook, E. R., & Krusic, P. J. (2005). ARSTAN v. 41d: A tree-ring standardization program based on detrending and autoregressive time series modeling, with interactive graphics. Tree-Ring Laboratory, Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Palisades, New York, USA.
18. Cornes, R. C., van der Schrier, G., van den Besselaar, E. J. M., & Jones, P. D. (2018). An ensemble version of the E-OBS temperature and precipitation datasets. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123, 9391–9409. <https://doi.org/10.1029/2017JD028200>
19. Cuza P. Reacția la stresul termic natural a trei specii de stejar: analiza a cinci indicatori biologici într-un mediu forestier specific. *Bucovina forestieră*. 2024. Nr. 24(1). P. 7-21.
20. Cuza P., Florență Gh., Dascaluic Al. Evaluarea toleranței la șocul termic a frunzelor speciilor spontane de stejar din diferite zone ale Republicii Moldova cu ajutorul metodei de fluorescență a clorofilei. *Bucovina forestieră*. 2021. Vol. 21, nr 1. P. 9-17.
21. Dascaluic Al., Cuza P. Capacitatea de adaptare a aparatului fotosintetic al speciilor de stejar (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) la acțiunea temperaturilor înalte. // *Mediul ambient*. 2011. Nr. 2(56). P. 33-36.
22. Dascaluic Al., Cuza P., Gociu D. Starea și perspectivele de ameliorare a pădurilor de stejar pufos (*Quercus pubescens* Willd.) din Republica Moldova. *Analele științifice ale Universității de Stat din Moldova. Seria „Științe chimico-biologice”*. Chișinău, 2005. P. 405-413.

23. Florență, G. (2015). *Particularitățile biologice ale stejarului pufos (Quercus pubescens Willd.)* din Republica Moldova. Teză de doctorat.
24. Fritts, H. C. (1976). *Tree Rings and Climate*. Academic Press.
25. Galupa, D., Talmaci, I., Florență, G. (2023). Aspects regarding the contribution of the National Forest Extension and Rehabilitation Program to the sustainable development of the Republic of Moldova. În: *Integrated Management of Environmental Resources*, ed. 6, 23–24 noiembrie 2023, Suceava: Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava, pp. 15–16.
26. Grati, V. (2024). *Influența condițiilor naturale asupra dinamicii și productivității vegetației lemnoase din Întreprinderea Silvocinegetică Strășeni*. Teză de doctorat.
27. Hampe, A., & Petit, R. J. (2005). Conserving biodiversity under climate change: The rear edge matters. *Ecology Letters*, 8(5), 461–467. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00739.x>
28. Holmes, R. L. (1983). Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43, 69–78.
29. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.
30. Jump, A. S., Mátyás, C., & Peñuelas, J. (2009). The altitude-for-latitude disparity in the range retractions of woody species. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(12), 694–701. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.007>
31. Keenan, R. J. (2015). Climate change impacts and adaptation in forest management: a review. *Annals of Forest Science*, 72, 145–167. <https://doi.org/10.1007/s13595-014-0446-5>
32. Larsson, L. A., & Larsson, P. O. (2018). CDendro and CooRecorder (v. 9.3.1). Cybis Elektronik & Data AB.
33. Lindner, M., Fitzgerald, J. B., Zimmermann, N. E., et al. (2014). Climate change and European forests. *Journal of Environmental Management*, 146, 69–83. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.030>
34. Mamai, I. (2019). *Retrospectiva și prognoza fluctuațiilor florei și vegetației Rezervației Pădurea Domnească*. Teză de doctorat.
35. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.
36. Niinemets, Ü., & Valladares, F. (2006). Tolerance to shade, drought, and waterlogging. *Ecological Monographs*, 76(4), 521–547.
37. Popa, A. (2024). *Adaptarea și reziliența ecosistemelor forestiere de molid*. Rezumat teză doctorat.
38. Popa, A., Jevšenak, J., Dyderski, M., et al. (2025). Spatiotemporal variability of dendroecological indicators. *Global Change Biology*, 31(11), e70567.
39. Popa, A., van der Maaten-Theunissen, M., Popa, I., Badea, O., & van der Maaten, E. (2024). Spruce suffers most from drought. *Forest Ecology and Management*, 571, 122201.
40. Popa, I. (2004). *Fundamente metodologice și aplicații de dendrocronologie*.
41. Popa, I., & Caisin, V. (2015). Răspunsul comparativ al fagului și stejarului la secetă în Rezervația Codrii. *Bucovina Forestieră*, 15(1), 45–53.
42. Popa, I., & Popa, A. (2026). Finding the winner: Resilience to drought of six oak species. *Forest Ecology and Management*, 602, 123319.
43. Postolache, G. (1995). *Vegetația Republicii Moldova*. Editura Știința.
44. Potop, V., & Constantinov, T. (2010). Manifestarea fenomenelor de uscăciune și secetă în Republica Moldova.
45. Roibu, C.-C., Palaghianu, C., Nagavciuc, V., et al. (2022). The Response of Beech Populations to Climate. *Plants*, 11(23), 3310.
46. Roibu, C.-C., Sfeclă, V., Mursa, A., et al. (2020). Climatic response of tree ring width components. *Forests*, 11(5), 600.
47. San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., et al. (2016). *European Atlas of Forest Tree Species*.
48. Schweingruber, F. H. (1996). *Tree Rings and Environment: Dendroecology*.
49. Sochová, I., Kolář, T., Árvai, M., Bošefa, M., Čufar, K., Kern, Z., Kyncl, J., Marčíš, P., Mészáros, I., Morgós, A., Mursa, A., Popa, A., Roibu, C. C., Sopushynskyy, I., & Rybníček, M. (2024). The palaeoclimatic potential of recent oak tree-ring width chronologies from Southwest Ukraine. *Dendrochronologia*, 84, Article 126168.
50. Speer, J. H. (2010). *Fundamentals of Tree-Ring Research*. University of Arizona Press.
51. Trouet, V., & Van Oldenborgh, G. J. (2013). KNMI Climate Explorer. *Tree-Ring Research*, 69(1), 3–13.

52. Tulik, M., & Bijak, S. (2016). Tree-ring responses of *Quercus pubescens* to climate. *Dendrochronologia*, 38, 82–91.
53. Tulik, M., & Bijak, S. (2016a). Are climatic factors responsible for oak decline? *Dendrobiology*, 75, 55–65.
54. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). (2023). *Forest landscape restoration in the Republic of Moldova: Feasibility study on the production of forest reproductive material*. Geneva: United Nations.
55. Vodnik, D., Gričar, J., Lavrič, M., et al. (2019). Anatomical and physiological adjustments of pubescent oak. *Environmental and Experimental Botany*, 165, 208–218.
56. Weber, P., Bugmann, H., & Rigling, A. (2007). *Radial growth responses to drought*. *Forest Ecology and Management*, 242, 106–117.
57. Wellstein, C., & Cianfaglione, K. (2014). Plant strategies along a productivity gradient. *Plant Ecology*, 215, 857–869.
58. Wigley, T. M. L., Briffa, K. R., & Jones, P. D. (1984). On the average value of correlated time series. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23(2), 201–213.
59. Николаева Л. П. (1963). *Дубравы из пушистого дуба Молдавской ССР*. Chișinău.

N. B.: Cercetările s-au desfășurat în cadrul proiectului PNCDI IV (PN-IV-P8-8.3-ROMD-2023-0029) – „Specializare în monitoring forestier, diversitatea genetică și sistematica plantelor lemnoase și reziliența stejarilor xeroφιți la schimbările climatice (MONFORGENDIV)” și a proiectului PN23090201 din cadrul programului nucleu FORCLIMSOC.

Date despre autori:

Gheorghe FLORENȚĂ, doctor în științe biologice, Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-6741-932X

E-mail: gheorgheflorenta@gmail.com

Veronica FLORENȚĂ, doctorandă, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0004-9194-3350

E-mail: florenta_veronica@yahoo.com

Andrei POPA, doctor în silvicultură, Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în Silvicultură Marin Drăcea, România.

ORCID: 0000-0003-3953-0060

E-mail: popa.andrei.dorna@gmail.com

Ionel POPA, doctor în silvicultură, Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în Silvicultură Marin Drăcea, România, Centrul de Economie Montană Vatra Dornei, România.

ORCID: 0000-0003-0069-0905

E-mail: popaicas@gmail.com

Prezentat: 01.03.2026

Recenzat: 25.02.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 635.743:631.527

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_19](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_19)

SURSE DE GERMOPLASMĂ, HIBRIZI SIMPLI, TRIPLI, DUBLI, ÎN TREPTE ȘI COMPLECȘI VALOROȘI PENTRU CREAREA SOIURILOR NOI DE *SALVIA SCLAREA*

Ludmila COTELEA,
Zinaida BALMUȘ,
Violeta BUTNARAȘ,

Universitatea de Stat din Moldova

În această lucrare sunt redată rezultatele obținute în evaluarea hibrizilor perspectivi $F_3 - F_4$ simpli, tripli, dubli, în trepte și complecși cu caractere cantitative performante, conținut înalt de ulei esențial în materia primă, valoroși pentru crearea soiurilor noi de *Salvia sclarea* L. Hibrizii evaluați se deosebesc prin talie înaltă, inflorescențe lungi, compacte, datorită numărului mare de ramificații (35,2 – 69,8) de ordinul întâi (12,8 – 18,0) și al doilea (22,4 – 52,0) al inflorescenței. Au fost selectați 12 hibrizi, inclusiv: 5 simpli, 2 tripli, o combinație hibridă dublă și 4 – în trepte și complecși, cu conținut foarte înalt de ulei esențial: 1,404 – 2,470% (s.u.). Exceptional a fost hibridul simplu ($Cr.p\ 99\ S_{13} \times AP\ 52-11\ S_3$) F_3 , care a sintetizat și acumulat un conținut foarte ridicat de ulei esențial de 2,470% recalculat la substanța uscată.

Cuvinte-cheie: *Salvia sclarea* L., genotip, ameliorare, soi, hibrid, caractere cantitative, ulei esențial.

SOURCES OF GERMOPLASMA, SIMPLE, TRIPLE, DOUBLE IN STEPS AND COMPLEX HYBRIDS VALUABLE FOR CREATING NEW VARIETIES OF *SALVIA SCLAREA*

This report presents results in the evaluation of perspective $F_3 - F_4$ simple, triple, double, step and complex hybrids with high-performance quantitative characters, high essential oil content in the raw material, valuable for creating new varieties of *Salvia sclarea* L. The evaluated hybrids are distinguished by their tall stature, long, compact inflorescences, the large number of branches (35.2 – 69.8) of the first (12.8 – 18.0), and second (22.4 – 52.0) order of the inflorescence. 12 hybrids were selected, including: 5 simple, 2 triple, a double hybrid combination and 4 – stepped and complex, with very high essential oil content: 1.404 – 2.470% (dry matter). The simple hybrid ($Cr.p\ 99\ S_{13} \times AP\ 52-11\ S_3$) F_3 was exceptional, which synthesized and accumulated a very high essential oil content of 2.470% recalculated to dry matter.

Keywords: *Salvia sclarea* L., genotype, breeding, variety, hybrid, quantitative characters, essential oil.

Introducere

Salvia sclarea L. (șerlai) este una din speciile genului *Salvia* L., de origine mediteraneană. Ca plantă medicinală era cunoscută în Egiptul Antic și în Imperiul Roman. Specia este cultivată pentru materia primă (inflorescențe) și uleiul esențial, care este obținut prin procesarea acestei specii.

În ultima perioadă, tot mai pe larg, în medicina populară se utilizează specia *Salvia sclarea* L. De exemplu, florile se folosesc pentru tratarea diferitor maladii în formă de ceaiuri și gargarisme, iar din semințe se prepară un decoct pentru tratarea ochilor prin spălarea acestora [9]. În fitoterapie se folosesc inflorescențele și florile de șerlai – *Flores Salvia sclarea* [3]. Tot inflorescențele se folosesc pentru fabricarea uleiului esențial, precum și a *concretului*.

Este bine cunoscută utilizarea uleiului esențial din inflorescențe proaspete de șerlai în aromaterapie cu efecte extraordinare în tratarea hipertensiunii arteriale în cataruri, amigdalite, dureri menstruale, inflamații ale tegumentelor cu tendința de îmbătrânire [9, 12, 22]. Rezultate excelente au fost înregistrate în Moldova în tratarea artritei reumatoideale, folosind în acest scop masajul și magnetoforeza cu ulei esențial de șerlai, precum și a osteoartrozei și artritei reumatoide [15, 16]. Acest ulei a fost studiat în special pentru acțiunea

și calitățile sale antioxidante, antibacteriene, antifungice, antiinflamatoare [8, 19]. După unii autori, uleiul de salvie este utilizat chiar și la tratarea diabetului zaharat [14]. Acesta mai este utilizat pe larg în industria de parfumerie și cosmetică [5], farmaceutică, [13], în aromaterapie la tratarea inflamațiilor aparatului respirator, bronșitelor etc. [9, 18].

Se mai folosește uleiul de *salvie* la fabricarea berii în loc de hamei, precum și la producerea băuturilor răcoritoare. La producerea lichiorurilor uleiul de șerlai intră în componența „cremei de vanilie” iar în vinificație se folosește la fabricarea vermouthului și vinurilor de tip muscat [9, 17].

Uleiul esențial, componenții acestuia oferă parfumului sau altor articole nu numai aromă fină, inconfundabilă, dar mai au însușirea de a fixa, întări și îmbospăta mirosul altor substanțe aromatice naturale sau de proveniență sintetică, fiind utilizat astfel ca un excelent fixator al mirosurilor [1, 9].

Din aceste considerente, importanța produselor din șerlai a influențat direcționarea și efectuarea cu succes a lucrărilor de ameliorare în scopul rezilienței la factori nefavorabili de cultivare, majorării producției de materie primă și ulei esențial, îmbunătățirii calității acestuia [11]. În acest context, ameliorarea salviei, crearea și evaluarea materialului inițial de ameliorare, elaborarea hibrizilor, soiurilor de proveniență hibridă care ar fi mai productive, mai rezistente la secetă, ger, iernare și boli, cu perioadă de vegetație diferită, adaptate la condițiile de cultivare are o importanță indiscutabilă.

Succesul ameliorării la salvie este determinat de diversitatea genetică a materialului inițial de ameliorare (germoplasmă). Sursele de germoplasmă utilizate în procesul de ameliorare constituie linii consangvinizate de diferită proveniență geografică, hibrizi de diferite tipuri și soiuri de *Salvia sclarea*.

Cercetările de ameliorare efectuate de noi au ca scop crearea, perfecționarea surselor de germoplasmă, genotipurilor noi, mai productive și reziliente la condițiile mediului, cu înflorire în primul an de vegetație, ce ar sintetiza și acumula conținut mai ridicat de ulei esențial de calitate superioară [2, 6, 7]. Procesul de creare a genotipurilor noi este legat, neapărat, de crearea și reproducerea materialului inițial de ameliorare, ce include genotipuri de proveniență genetică și geografică diferită, hibrizi de diferite tipuri, linii consangvinizate cu caractere cantitative valoroase.

Scopul cercetărilor constă în crearea, evaluarea genotipurilor de diferite tipuri, reziliente la factorii abiotici, ger și iernare, cu caractere cantitative performante, conținut înalt de ulei esențial în materia primă, valoroși pentru crearea soiurilor noi de *Salvia sclarea* L.

Material și metode

Cercetările experimentale de câmp și de laborator s-au realizat în cadrul Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al USM, Laboratorul *Plante Aromatice și Medicinale*. În calitate de material biologic au fost utilizați 28 hibrizi $F_4 - F_5$, simpli, tripli, dubli, în trepte și complecși de *Salvia sclarea* L., inclusiv: simpli – 13, tripli – 3, dubli – 2, în trepte și complecși – 10. Tehnologia de cultivare – obișnuită pentru șerlai [10, 21].

Pe parcursul perioadei de vegetație au fost efectuate estimări fenologice, aprecieri vizuale în corespundere cu indicațiile metodice, evaluate următoarele faze de dezvoltare: apariția plantulelor, formarea rozetei de frunze, formarea tulpinilor – apariția internodurilor, butonizarea, înflorirea, maturizarea tehnică a semințelor [10].

Caracterele cantitative și calitative au fost evaluate conform metodelor elaborate de fostul Institut Unional de Cercetări Științifice în domeniul plantelor eterooleaginoase din Simferopol, Crimeea [23].

Conținutul de ulei esențial a fost determinat din mostre de inflorescențe proaspăt recoltate în orele de dimineață, în faza înfloririi depline a plantelor, prin hidrodistilare în aparate Ginsberg [20]. Datele obținute au fost recalculate la substanță uscată (s.u. 70%) pentru a evita erorile cauzate de diferența în umiditate a mostrelor analizate de la fiecare genotip.

Interpretarea statistică a datelor experimentale obținute a fost efectuată conform metodelor în vigoare [4] și Microsoft Excel.

Rezultate și discuții

Sursele de germoplasmă, hibrizi simpli, tripli, dubli, în trepte și compuși, evaluate și descrise în această lucrare, se deosebesc prin productivitate înaltă, care este asigurată de caractere cantitative ce influențează

direct productivitatea: talia plantei, lungimea inflorescenței, numărul de ramificații ale inflorescenței și conținutul de ulei esențial. Aceste genotipuri înfloresc în primul și, respectiv, al doilea an de vegetație, se deosebesc prin talia înaltă a plantelor, inflorescențe lungi, compacte, datorită numărului mare de ramificații de gradul întâi și al doilea.

În Tabelul 1 sunt prezentate datele obținute în rezultatul evaluării parametrilor biometrici ai hibrizilor $F_3 - F_4$ de *Salvia sclarea* L. la caracterele: talia plantei, lungimea inflorescenței, numărul de ramificații de gradul întâi și al doilea al inflorescenței. Astfel, evaluarea acestor hibrizi a demonstrat, că plantele au format tulpini florale cu talia de la 107,3 cm la hibridul simplu (Cr.p 99 S_{13} x AP 52-11 S_3) F_3 , până la 139,0 cm, la hibridul complex [(Cr.p.1 S_1 x M-69) F_{12} x (S-3 x M -69) F_2 x Cr.p.1 S_2] F_8] F_4 , incluse în Tabelul 1.

Tabelul 1. Valorile unor indici ai productivității la hibrizi de diferite tipuri, $F_3 - F_4$ de *Salvia sclarea* L., anul al doilea de vegetație, 2024

Cifrul hibridului	Talia plantei, cm	Lungimea inflorescenței, cm	Raport: lungimea inflorescenței/talia plantei, %
	$\bar{X} \pm s\bar{X}$	$\bar{X} \pm s\bar{X}$	
Hibrizi simpli			
(AP 34-11 S_3 x AP 10-11 S_3) F_3	123,5 $\pm$ 7,3	66,5 $\pm$ 5,7	53,8
(AP 30-11 S_3 x NC 61-11 S_3) F_3	109,9 $\pm$ 8,6	58,3 $\pm$ 6,6	53,0
(AP 30-11 S_3 x NC 6-11 S_3) F_3	112,3 $\pm$ 8,5	59,0 $\pm$ 5,9	52,5
(AP 35-11 S_3 x NC 6-11 S_3) F_3	122,7 $\pm$ 6,0	65,9 $\pm$ 7,8	53,7
(AP 49-11 S_3 x NC 61-11 S_3) F_3	121,2 $\pm$ 7,5	69,6 $\pm$ 4,4	57,4
(AP 113-11 S_3 x NC 19-11 S_3) F_3	128,4 $\pm$ 7,3	66,9 $\pm$ 4,7	52,1
(NC 6-11 S_3 x AP 30-11 S_3) F_3	128,8 $\pm$ 8,0	63,1 $\pm$ 5,4	49,1
(NC 6-11 S_3 x AP 35-11 S_3) F_3	127,4 $\pm$ 6,8	65,7 $\pm$ 5,5	51,6
(NC 11-11 S_3 x NC 6-11 S_3) F_3	125,1 $\pm$ 6,6	69,0 $\pm$ 2,7	55,1
(NC 61-11 S_3 x AP 30-11 S_3) F_3	134,0 $\pm$ 7,7	63,9 $\pm$ 5,2	48,1
(Cr.p 99 S_{13} x AP 52-11 S_3) F_3	107,3 $\pm$ 5,0	51,5 $\pm$ 4,9	48,1
(NC 96-11 S_2 x M-69 147 S_{13}) F_4	135,3 $\pm$ 7,3	70,0 $\pm$ 4,6	51,7
(NC 100-11 S_2 x M-69 313 S_{13}) F_4	131,1 $\pm$ 6,0	65,8 $\pm$ 6,6	50,2
Hibrizi tripli			
[(NC 19-11 S_3 x (V-24-86 809 S_3 x 0-33 S_6) F_{10})] F_3	126,1 $\pm$ 8,1	67,0 $\pm$ 5,3	53,1
[AP 63-11 S_2 x (Rubin x S-1122 9 S_2) F_{11}] F_4	128,4 $\pm$ 5,6	63,8 $\pm$ 4,4	50,0
[(V-24-86 691 80 S_3 x 0-36 S_3) F_9 x AP 84-11 S_2] F_4	111,2 $\pm$ 7,3	55,7 $\pm$ 6,7	50,0
Hibrizi dubli			
[(0-46 S_4 x K-36 F_4) F_9 x (0-57 S_5 x 0-20 S_5) F_9] F_4	128,7 $\pm$ 7,3	64,4 $\pm$ 8,1	50,0
[(0-23 S_3 x Trakiika) F_8 x (Cr.p. 1 S_1 x M-69) F_{11}] F_4	120,0 $\pm$ 5,5	58,2 $\pm$ 5,6	48,5
Hibrizi în trepte și complecși			
[(0-42 x Rubin) F_1 x S-786)BC $_7$ x AP60-11 S_3)] F_3	124,5 $\pm$ 5,6	63,9 $\pm$ 6,6	51,3
[(AP 60-11 S_3 x (0-42 x Rubin) F_1 x S-786)BC $_7$)] F_3	123,9 $\pm$ 6,1	64,2 $\pm$ 6,9	51,8
(Nataly Clary x Parfum Perfect) F_3	121,4 $\pm$ 6,7	61,7 $\pm$ 5,6	50,8
(Nataly Clary x Basarabia) F_3	121,4 $\pm$ 4,4	59,8 $\pm$ 5,2	49,1
[NC 38-11 S_2 x (0-42 x Rubin) F_1 x S-786) F_8] F_4	134,8 $\pm$ 4,9	63,8 $\pm$ 4,7	47,3
[(Cr.p.1 S_1 x M-69) F_{12} x (S-3 x M -69) F_2 x Cr.p.1 S_2] F_8] F_4	139,0 $\pm$ 8,7	71,6 $\pm$ 6,6	51,5
[NC 11 -11 S_2 x (M-69 429-82 S_3 x S.s.Turkmen/N) F_1 x S-1122 172 S_3)] F_4	128,1 $\pm$ 8,4	64,4 $\pm$ 7,8	50,3

$[(V-24-86\ 809\ S_3 \times 0-33\ S_6)F_7 \times (Rubin \times S-1122\ 9S_3)F_1 \times (0-56 \times V-24)F_1]F_7]F_2 \times AP\ 42-11\ S_2]F_4$	130,5±10,1	69,5±10,0	53,2
$[(0-42 \times Rubin)F_1 \times S-786)B_6 \times AP26-11\ S_2]F_4$	116,1±6,6	60,2±4,1	52,1
$[(0-42 \times Rubin)F_1 \times S-786)F_7 \times NC\ 96-11\ S_2]F_4$	119,6±5,9	63,9±6,7	53,4

Sau evidențiat cu plante viguroase, bine dezvoltate, hibridul complex $[(V-24-86\ 809\ S_3 \times 0-33\ S_6)F_7 \times (Rubin \times S-1122\ 9S_3)F_1 \times (0-56 \times V-24)F_1]F_7]F_2 \times AP\ 42-11\ S_2]F_4$ și combinația hibridă simplă (NC 100-11 $S_2 \times M-69\ 313\ S_{13})F_4$, cu înălțimea de 130,5 și respectiv 131,1 cm. Menționăm, că la alte trei combinații hibride – (NC 61-11 $S_3 \times AP\ 30-11\ S_3)F_3$, $[NC\ 38-11\ S_2 \times (0-42 \times Rubin)F_1 \times S-786)F_8]F_4$ și (NC 96-11 $S_2 \times M-69\ 147\ S_{13})F_4$ acest indice a constituit 134,0, 134,8 și, respectiv, 135,3 cm. Remarcabil la acest caracter este hibridul în trepte $[(Cr.p.1\ S_1 \times M-69)F_{12} \times (S-3 \times M-69)F_2 \times Cr.p.1\ S_2]F_8]F_4$ cu cele mai dezvoltate plante, cu înălțimea de 139,0 cm (Tab. 1). Pentru salvie, variabilitatea la acest caracter este destul de mare, iar diferențele între hibrizi la caracterul „talie plantei” nu sunt totdeauna semnificative, ca și la caracterele lungimea inflorescenței, numărul de ramificații de gradul I-ai și II-lea al inflorescenței etc.

Un alt caracter cantitativ redat în Tabelul 1, „lungimea inflorescenței”, de care în mare măsură depinde randamentul hibridului, a variat de la 51,5 cm (hibrid simplu $(Cr.p.99\ S_{13} \times AP\ 52-11\ S_3)F_3$), până la 71,6 cm (hibrid complex $[(Cr.p.1\ S_1 \times M-69)F_{12} \times (S-3 \times M-69)F_2 \times Cr.p.1\ S_2]F_8]F_4$). Cu cele mai lungi inflorescențe s-au evidențiat: hibrizii simpli (NC 11-11 $S_3 \times NC\ 6-11\ S_3)F_3$ și $(AP\ 49-11\ S_3 \times NC\ 61-11\ S_3)F_3$ – 69,0 și 69,6 cm corespunzător, hibridul complex $[(V-24-86\ 809\ S_3 \times 0-33\ S_6)F_7 \times (Rubin \times S-1122\ 9S_3)F_1 \times (0-56 \times V-24)F_1]F_7]F_2 \times AP\ 42-11\ S_2]F_4$ – 69,5 cm, combinația hibridă simplă (NC 96-11 $S_2 \times M-69\ 147\ S_{13})F_4$ – 70,0 cm și hibridul complex $[(Cr.p.1\ S_1 \times M-69)F_{12} \times (S-3 \times M-69)F_2 \times Cr.p.1\ S_2]F_8]F_4$ – 71,6 cm (Tab. 1).

Este important, că hibrizii cu talie joasă de 109 – 116 cm formează inflorescențe, lungimea cărora constituie 50 – 53% din talia plantei. Combinațiile hibride $(AP\ 30-11\ S_3 \times NC\ 61-11\ S_3)F_3$ (109,9 cm), $[(V-24-86\ 691-80\ S_3 \times 0-36\ S_3)F_9 \times AP\ 84-11\ S_2]F_4$ (111,2 cm) și $(AP\ 30-11\ S_3 \times NC\ 6-11\ S_3)F_3$ (112,3 cm), precum și hibridul în trepte $[(0-42 \times Rubin)F_1 \times S-786)B_6 \times AP26-11\ S_2]F_4$ (116,1 cm) formează inflorescențe, cota parte a cărora constituie 53,0, 50,0, 52,5%, și respectiv 52,1%, din talia plantei, fapt care indică valoarea genetică a acestor hibrizi. Rata inflorescenței din talia plantei la combinațiile hibride simple $(AP\ 34-11\ S_3 \times AP\ 10-11\ S_3)F_3$, (NC 11-11 $S_3 \times NC\ 6-11\ S_3)F_3$ și $(AP\ 49-11\ S_3 \times NC\ 61-11\ S_3)F_3$ constituie 53,8, 55,1, și 57,4% (Tab. 1).

Reieșind din cele expuse, constatăm, că în perioada recoltării mecanizate, pentru hibrizii a căror rată a inflorescenței este mai mare de 50% din talia plantei, în timpul recoltării mecanizate, în materia primă destinată procesării, va nimeri o cantitate mai mică de organe ne oleifere ale plantei (frunze, tulpini), astfel, micșorându-se cheltuielile la distilarea uleiului esențial.

Unul din criteriile de bază la șerlai este crearea soiurilor, hibrizilor cu inflorescențe viguroase, cu număr mare de ramificații. Ramificațiile de gradul întâi, cât și de gradul al doilea ale inflorescenței influențează atât producția de materie primă, cât și a conținutului de ulei esențial, deoarece glandele oleifere la *salvie* sunt exogene, amplasate pe epiderma ramificațiilor inflorescenței și a sepalelor concreșcute ale florilor. Inflorescențele hibrizilor evaluați sunt compacte, cu un număr destul de mare de ramificații de gradul întâi și al doilea al inflorescenței. Astfel, numărul de ramificații al inflorescenței la genotipurile evaluate a variat de la 12,8 ramificații de gradul întâi la hibridul simplu (Nataly Clary x Basarabia) F_3 până la 18,0 – la combinația hibridă în trepte $[(0-42 \times Rubin)F_1 \times S-786)BC_7 \times AP60-11\ S_3]F_3$ (Fig. 1, nr. 22, 19).

Numărul de ramificații de gradul al doilea a variat de la 22,4 indice înregistrat la hibridul complex (Nataly Clary x Basarabia) F_3 , până la 52,0 – hibridul simplu $(Cr.p.99\ S_{13} \times AP\ 52-11\ S_3)F_3$, la elaborarea căruia, în calitate de formă maternă a fost utilizată linia consangvinizată $Cr.p.99\ S_{13}$, care se caracterizează prin inflorescențe compacte și cu un număr foarte mare de ramificații (Fig. 1, nr. 22, 11). Hibridul în trepte $[NC\ 11-11\ S_2 \times (M-69\ 429-82\ S_3 \times S.s.Turkmen/N)F_1 \times S-1122\ 172\ S_3]F_9]F_4$, precum și combinațiile hibride complexe $[(V-24-86\ 809\ S_3 \times 0-33\ S_6)F_7 \times (Rubin \times S-1122\ 9S_3)F_1 \times (0-56 \times V-24)F_1]F_7]F_2 \times AP\ 42-11\ S_2]F_4$ și $[(Cr.p.1\ S_1 \times M-69)F_{12} \times (S-3 \times M-69)F_2 \times Cr.p.1\ S_2]F_8]F_4$, ce s-au evidențiat prin inflorescențe foarte lungi de 64 – 71 cm (Tab. 1.), s-au manifestat și cu un număr destul de mare de ramificații, suma acestora fiind de 52,4, 53,1 și, respectiv, 54,4 ramificații (Fig. 1, nr. 25, 26, 24). Deosebit de mare este numărul de ramifi-

cații la hibridul în trepte [(0-42 x Rubin) F_1 x S-786)BC $_7$ x AP60-11 S $_3$)] F_3 – 56,9 (Fig. 1, nr. 18). Menționăm, că cel mai mare număr de ramificații de ordinul întâi și al doilea al inflorescenței care a constituit 69,8, a fost înregistrat la combinația hibridă simplă (Cr.p 99 S $_{13}$ x AP 52-11 S $_3$) F_3 (Fig. 1, nr. 11).

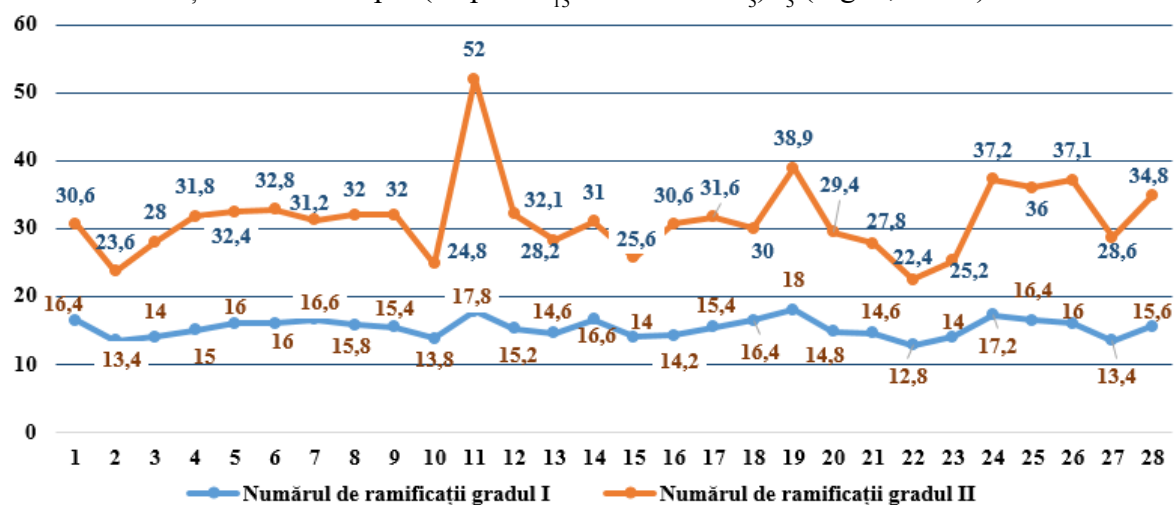


Figura 1. Numărul de ramificații de gradul întâi și al doilea al inflorescenței

Toate aceste caractere evaluate, cu indici mari și foarte mari ai valorilor cantitative, dar și alte însușiri genetice ale hibrizilor evaluați, asigură sinteza și acumularea unui conținut ridicat de ulei esențial, deoarece glandele oleifere la această specie sunt amplasate pe epiderma inflorescențelor (ramificații, flori, calicii). Unii hibrizi, cum ar fi hibridul simplu (AP 30-11 S $_3$ x NC 61-11 S $_3$) F_3 , cu inflorescențe nu prea compacte, număr nu prea mare de ramificații (Fig. 1, nr. 2), înregistrează un conținut înalt de ulei esențial de 1,721% (s.u.) (Fig. 2, nr. 2), fapt ce indică, că densitatea glandelor oleifere pe epiderma inflorescențelor este mai mare în comparație cu alți hibrizi evaluați.

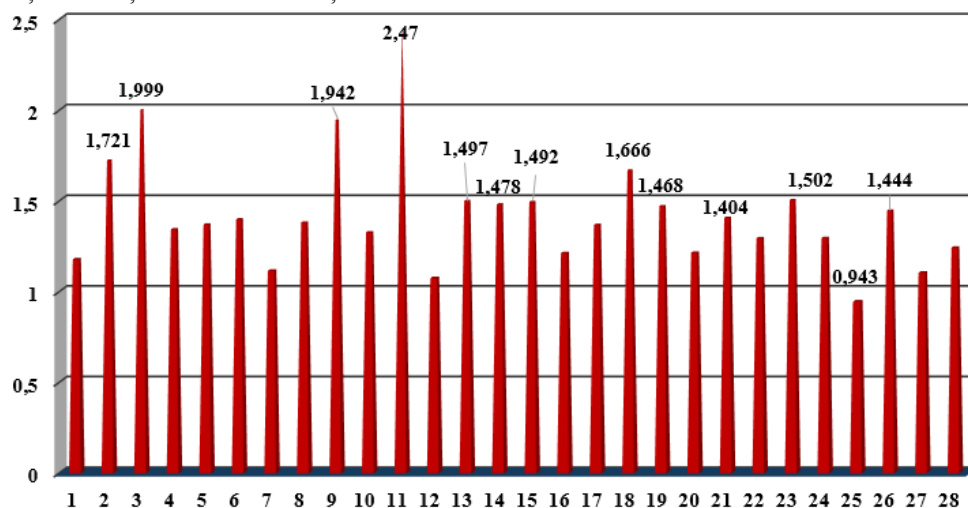


Figura 2. Conținutul de ulei esențial la hibrizi F_3 – F_4 de *Salvia sclarea* L.

De altfel, toți hibrizii evaluați se deosebesc prin conținut înalt de ulei esențial. Separarea prin hidrostilare și determinarea conținutului acestuia în inflorescențe a demonstrat că hibrizii evaluați se caracterizează prin conținut ridicat, peste 1,000% (s.u.), cu excepția hibridului în trepte [NC 11 -11 S $_2$ x (M-69 429-82 S $_3$ x S.s.Turkmen/N) F_1 x S-1122 172 S $_3$) F_9] F_4 , la care acest indice a constituit 0,943% (s.u.) (Fig. 2, nr. 25).

În rezultatul cercetărilor efectuate s-a demonstrat că, cu conținut foarte înalt de ulei esențial, recalculat la substanța uscată, s-au evidențiat 12 hibrizi: (Nataly Clary x Parfum Perfect) F_3 – 1,404%; [(V-24-86 809 S $_3$ x 0-33 S $_6$) F_7 x (Rubin x S-1122 9S $_3$) F_1 x (0-56 x V-24) F_1] F_2 x AP 42-11 S $_2$] F_4 – 1,444%; [(0-42 x Rubin) F_1 x S-786)BC $_7$ x AP60-11 S $_3$)] F_3 – 1,468%; [(NC 19-11 S $_3$ x (V-24-86 809 S $_3$ x 0-33 S $_6$) F_{10})] F_3 – 1,478%;

[AP 63-11 S_2 x (Rubin x S-1122 9 S_2) F_{11}] F_4 – 1,492%; (NC 100-11 S_2 x M-69 313 S_{13}) F_4 – 1,497%; [NC 38 -11 S_2 x (0-42 x Rubin) F_1 x S-786) F_8] F_4 – 1,502%; [(0-23 S_3 x Trakiika) F_8 x (Cr.p. 1 S_1 x M-69) F_{11}] F_4 – 1,666%; (AP 30-11 S_3 x NC 61-11 S_3) F_3 – 1,721%; (NC 11-11 S_3 x NC 6-11 S_3) F_3 – 1,942%; (AP 30-11 S_3 x NC 6-11 S_3) F_3 – 1,999%. (Fig. 2, nr. 21, 26, 19, 14, 15, 13, 23, 18, 2, 9, 3). Excepțional a fost hibridul simplu (Cr.p 99 S_{13} x AP 52-11 S_3) F_3 , care a sintetizat și acumulat un conținut foarte ridicat de ulei esențial – 2,470% (Fig. 2, nr. 11).

Lucrările de ameliorare, prin utilizarea surselor de germoplasmă, au finisat cu crearea și evaluarea hibrizilor F_3 – F_4 simpli, tripli, dubli, în trepte și complecși, cu caractere cantitative valoroase și conținut înalt de ulei esențial în materia primă (inflorescențe), care au fost descriși în această lucrare. Acești hibrizi constituie un valoros material de ameliorare pentru elaborarea soiurilor noi de proveniență hibridă de *Salvia sclarea* L.

Concluzii

Au fost evaluați 28 hibrizi F_3 – F_4 simpli, tripli, dubli, în trepte și complecși de *Salvia sclarea*. Sau evidențiat la caracterul „lungimea inflorescenței” hibrizii simpli (AP 34-11 S_3 x AP 10-11 S_3) F_3 , (NC 11-11 S_3 x NC 6-11 S_3) F_3 și (AP 49-11 S_3 x NC 61-11 S_3) F_3 ; rata inflorescenței din talia plantei constituie 54-57% din talia plantei. Hibridul complex [(Cr.p.1 S_1 x M-69) F_{12} x (S-3 x M - 69) F_2 x Cr.p.1 S_2)] F_4 s-a evidențiat cu cele mai viguroase plante, cu înălțimea de 139 cm și inflorescențe excepțional de lungi, de 71,6 cm.

Cel mai mare număr de ramificații de gradul I și II al inflorescenței a fost atestat la hibridul în trepte [(0-42 x Rubin) F_1 x S-786) BC_7 x AP60-11 S_3)] F_3 – 56,9 și hibridul simplu (Cr. p 99 S_{13} x AP 52-11 S_3) F_3 – 69,8 ramificații.

S-a constatat că 27 din hibrizii evaluați au acumulat ulei esențial mai mare de 1,0% (s.u.).

În rezultatul cercetărilor efectuate s-a demonstrat că, cu conținut foarte înalt de ulei esențial de 0,404 – 2,470% (s.u.) au fost identificați și selectați 12 hibrizi, inclusiv: 5 simpli, 2 tripli, o combinație hibridă dublă și 4 – în trepte și complecși. Excepțional a fost hibridul simplu (Cr.p 99 S_{13} x AP 52-11 S_3) F_3 , care a sintetizat și acumulat un conținut foarte ridicat de ulei esențial de 2,470% (s.u.).

Bibliografie:

1. AĆIMOVIĆ, M.G., CVETKOVIĆ, M.T., STANKOVIĆ JEREMIĆ, J.M., et al. Biological activity and profiling of *Salvia sclarea* essential oil obtained by steam and hydrodistillation extraction methods via chemometrics tools. *Flavour and Fragrance Journal*. 2021; 37: 20–32. <https://doi.org/10.1002/ffj.3684>
2. BALMUȘ, Z., COTELEA, L., BUTNARAȘ, V. Evaluation of inbred lines of *Salvia sclarea* L. In: *International Congress of Geneticists and Breeders of the Republic of Moldova*, Ed. 12, 17-18 septembrie 2025, Chișinău. Chișinău: Editura USM, 2025, Ediția 12, pp. 127-132. ISBN 978-9975-62-897-6. DOI: <https://doi.org/10.53040/cga12.17> https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/236389
3. BOJOR, O., POPESCU, O. Fitoterapie tradițională și modernă. Ediția III. București, Edit. Edimpex Speranța, 2002. 185 p.
4. CEAPOIU, N., POTLOG, A. Ameliorarea plantelor agricole. București: Edit. Agro - Silvică, 1990. 484 p.
5. CHALVIN, C., DREVENSEK, S., CHOLLET, C., GILARD, F., ŠOLIC, E. M., DRON, M., et al. (2021 a). Study of the genetic and phenotypic variation among wild and cultivated clary sages provides interesting avenues for breeding programs of a perfume, medicinal and aromatic plant. *PloS One* 16 (7), e0248954. doi: 10.1371/journal.pone.0248954. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248954>
6. COTELEA, L., BALMUȘ, Z., BUTNARAȘ, V. Results of the study of some quantitative characters of hybrids of different types of *Salvia sclarea* L. In: „Advanced Biotechnologies – Achievements and Prospects”: Scientific International Symposium (VII th edition), Chisinau, Republic of Moldova, September 17-19, 2025: abstr. book. Chișinău: Editura USM, 2025, p. 224-225. ISBN 978-9975-62-907-2. DOI: <https://doi.org/10.53040/abap7.2025.106>
7. COTELEA, L., BALMUȘ, Z., BUTNARAȘ, V. The use of various types of hybridization in developing high-performing hybrids of *Salvia sclarea* L. with high essential oil content. In: *Acta et commentationes (Științe Exacte și ale Naturii)*, 2025, 1(19), p.161-173. ISSN 2537-6284. (DRJI; INDEX COPERNICUS) DOI: <https://doi.org/10.36120/2587-3644.v19i1.161-173> https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/235554

8. DOBRICOVA, A., APOSTOLOVA, E., HANC, A., YOSTOVA, E., BORISOVA, P., SPERDOULI, I., et al. (2021a). Tolerance mechanisms of the aromatic and medicinal plant *Salvia sclarea* L., to excess zinc. *Plants* 10 (2), 194 [https://doi: 10.3390/plants10020194](https://doi.org/10.3390/plants10020194)
9. GONCEARIUC, M. *Salvia* L. Chișinău: Centrul Edit. UASM, 2002. 218 p.
10. GONCEARIUC, M., Culturi eterooleaginoase și medicinale. În: *Ameliorarea specială a plantelor agricole*. Edit. „Tipografia Centrală”, Chișinău, 2004. p. 525–540.
11. GONCEARIUC, M., BALMUȘ, Z., COTELEA, L. Ameliorarea calității la *Salvia sclarea* L. prin creșterea capacității de acumulare a uleiului esențial. *Buletinul Acad. de Științe a Moldovei. Științele Vieții*. 2016, nr 2, 69-78. ISSN 1857-064X.
12. MAHBOUBI, M. (2020) Clary sage essential oil and its biological activities. *Advances in Traditional Medicine*, 20: 517-528. doi: <https://doi.org/10.1007/s13596-019-00420-x>
13. PEANA, A. T., and MORETTI, M. D. L. (2002). „Pharmacological activities and applications of *Salvia sclarea* and *Salvia desoleana* essential oils,” in *Studies in natural products chemistry*. Editor R. Atta ur (Elsevier), 391–423. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1014105>
14. RAAFAT, K., and HABIB, J. (2018). Phytochemical compositions and antidiabetic potentials of *Salvia sclarea* L. *Essential oils. J. Oleo Sci.* 67 (8), 1015–1025. doi: 10. 650/jos.ess17187.
15. RUSU, M. Uleiul eteric de salvie în tratamentul complex al osteoartrozei. În: *Curier medical*. Chișinău, 1999, nr. 7-9, p. 50-55
16. RUSU M., KALININA L. Reacția indicilor imuni sub influența masaj-magnetoforeză cu uleiul eteric de salvie în tratamentul complex al artritei reumatoide. În: *Curier Medical*. Chișinău, 1999, nr. 7-9, p. 56-72.
17. TUTTOLOMONDO, T., VIRGA, G., LICATA, M., IACUZZI, N., FARRUGGIA, D., BELLA, S. L. Assessment of Production and Qualitative Characteristics of Different Populations of *Salvia sclarea* L. Found in Sicily (Italy). *Agronomy*. 2021; 11(8): 1508. doi:10.3390/ agronomy11081508. <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/8/1508>
18. WATSON, F. *Aromatherapy Blends & Remedies*. Thorsons, 1995. 129 p.
19. ZHOU J, XIE X, TANG H, PENG C and PENG F. (2022). The bioactivities of sclareol: A mini review. *Front. Pharmacol.* 13:1014105. doi: 10.3389/fphar.2022.1014105
20. ГИНЗБЕРГ, А. С. Упрощенный способ определения количества эфирного масла в эфирносах. В: *Химико-фармацевтическая промышленность*, 1932, № 8-9, с. 326-333.
21. МУСТЯЦЭ, Г. И. *Култивареа плантелор ароматиче*. Кишинэу: Картя Молдовеняскэ, 1980. 240 p.
22. СОЛДАТЧЕНКО, С. С., КАЩЕНКО, А. В., ПИДАЕВ, А. В. *Ароматерапия. Профилактика и лечение заболеваний эфирными маслами*. Симферополь: Изд-во. Таврида, 2002, 109 с.
23. *Селекция эфиромасличных культур. Шалфей мускатный (методические указания)*. Симферополь: ВНИИЭМК, 1977, с. 66 - 86.

N. B: Cercetările au fost realizate în cadrul subprogramului 011102, *Extinderea și conservarea diversității genetice, ameliorarea genofondurilor de culturi agricole în contextul schimbărilor climatice*, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova.

Date despre autori:

Ludmila COTELEA, doctor, cercetător științific coordonator, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al Universității de Stat din Moldova, Laboratorul Plante Aromatice și Medicinale.

ORCID: 0009-0006-1395-2440

E-mail: ludmila.cotelea@sti.usm.md

Zinaida BALMUȘ, doctor, șef laborator, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al Universității de Stat din Moldova, Laboratorul Plante Aromatice și Medicinale.

ORCID: 0000-0002-1164-6435

E-mail: zinaida.balmus@sti.usm.md

Violeta BUTNARAȘ, doctor, cercetător științific coordonator, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al Universității de Stat din Moldova, Laboratorul Plante Aromatice și Medicinale.

ORCID: 0009-0003-9747-7568

E-mail: violeta.butnaras@sti.usm.md

Prezentat: 02.02.2026

Recenzat: 02.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 582.661.51:581.9(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_20](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_20)

RARE SPECIES OF THE GENUS *DIANTHUS* L. (CARYOPHYLLACEAE JUSS.) IN THE FLORA OF REPUBLIC OF MOLDOVA

Tatiana IZVERSCAIA,
Veaceslav GHENDOV,

Moldova State University

The paper presents the results of the study on the distribution of rare species of spontaneous vascular plants of the genus *Dianthus* L. (family Caryophyllaceae Juss.). The rarest ones are proposed for protection in the Republic of Moldova and inclusion in the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova. These are 8 species, with different degrees of endangerment – 6 critically endangered species (*D. borbasii* Vandas, *D. capitatus* Balb. ex DC., *D. carthusianorum* L., *D. deltoides* L., *D. pallens* M.Bieb. and *D. polymorphus* M.Bieb.), one vulnerable species (*D. guttatus* M.Bieb.) and one species of least concern (*D. leptopetalus* Willd.). The following data are indicated for these taxa: Latin, Romanian and Russian names, synonymy, category and criteria of rarity, biological and ecological characteristics, useful properties, general and local distribution, habitat, status and protection recommendations in the republic.

Keywords: Republic of Moldova, *Dianthus*, Caryophyllaceae, rare species, vascular plants, spontaneous flora, red book.

SPECII RARE DIN GENUL *DIANTHUS* L. (CARYOPHYLLACEAE JUSS.) ÎN FLORA REPUBLICII MOLDOVA

În lucrare sunt prezentate rezultatele studiului asupra răspândirii speciilor rare de plante vasculare spontane din genul *Dianthus* L. (familia Caryophyllaceae Juss.). Cele mai rare sunt propuse pentru ocrotire în Republica Moldova și includerea în a 4-a ediție a Cărții Roșii a Republicii Moldova. Acestea sunt 8 specii, cu grad de periclitare diferit – 6 specii critic periclitate (*D. borbasii* Vandas, *D. capitatus* Balb. ex DC., *D. carthusianorum* L., *D. deltoides* L., *D. pallens* M.Bieb. and *D. polymorphus* M.Bieb.), o specie vulnerabilă (*D. guttatus* M.Bieb.) și o specie neamenințată (*D. leptopetalus* Willd.). Pentru acești taxoni sunt indicate următoarele date: denumirea în limbile latină, română și rusă, sinonimia, categoria și criteriile de raritate, caracteristicile biologice și ecologice, calități utile, răspândirea generală și locală, habitatul, starea și recomandări pentru protecție în republică.

Cuvinte-cheie: Republica Moldova, *Dianthus*, Caryophyllaceae, specii rare, plante vasculare, flora spontană, Cartea roșie.

Introduction

One of the features of the flora of Republic of Moldova is the presence in it of a high number of rare and endangered species. Rare species of vascular plants now account for over 30% of the total composition of the flora of different categories of rarity. In accordance with the rarity categories, all these species are threatened with extinction due to the small number of populations and limited distribution across the territory [4, 5].

During the implementation of the Rare Species Projects (2010-2026), rare species in the Republic of Moldova were identified and assessed according to the IUCN rarity criteria [6], with the establishing a rarity category. In subsequent years, during the implementation of the projects “Research and *ex situ*, *in situ* conservation of the plant diversity of the Republic of Moldova” (2024-2027) and “Assesment of the state of plant, fungi and animal species, development of the list of species with rarity status and the algorithm for presentation in the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova” (2024-2026), expeditionary research elucidated their distribution across the region and made possible to identify new habitats.

Complete data on the distribution of rare species allow us to correctly determine the rarity category of threatened with extinction species in the republic when compiling the lists of rare species subject to state protection and including into the Ecological Legislation of the Republic of Moldova and the IVth edition of the Red Book of the Republic of Moldova.

In this work, materials are presented on the distribution of rare species of the genus *Dianthus* L. in the Republic of Moldova based on the herbarium materials of the Herbarium of the Moldova State University and taking into account the findings of the last years. The genus *Dianthus* in the vascular flora of the region is represented by 15 species, of which 8 are rare: *D. borbasii* Vandas, *D. capitatus* Balb. ex DC., *D. carthusianorum* L., *D. deltoides* L., *D. guttatus* M.Bieb., *D. leptopetalus* Willd., *D. pallidiflorus* Ser. and *D. polymorphus* M.Bieb. [7].

Material and Methods

During our investigation concerning clarification of the category of rarity and distribution in the Republic of Moldova of rare species of the genus *Dianthus* L. (Caryophyllaceae family) in order of their inclusion in the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova, we performed all necessary research. Firstly, we reviewed all information: literature data [1-5, 7, 9, 11, 12, 15-18] on the presence of species in the territory (including the adjacent territories – Romania and Ukraine) and consulted specimen materials in different scientific herbaria (Herbarium of the National Botanical Garden (Institute) of Republic of Moldova, Herbarium of the Moldova State University).

The taxonomy of *Dianthus* L. species followed by the recent taxonomical literature [10, 19]. The rarity of species is assessed according to the categories and criteria of IUCN [6].

Rare species are identified on the basis of their local distribution in the Republic of Moldova. The following symbols are used to denote the spread:

○ – localities, where the species has grown in the past (before 1975 i.e. over 50 years ago), ● – localities, where the species grows in the present time (from 1975 untill present time), ✨ – localities, where the species has grown in the past (before 1975 i.e. over 50 years ago) and confirmed during 2025 surveys, and ◆ – are localities first recorded in 2025. The general distribution is given according to literature data [10, 12, 16]. Data on useful properties of plants are indicated by literature data [13, 14]. The drawings were made by Leca Petru.

Results and discussions

In the vascular flora of the Republic of Moldova, the genus *Dianthus* L. is represented by 15 species. Of these, four are protected at the national level: three species are included in the 3rd edition of the Red Book of the Republic of Moldova CRRM (2015) [3] and three species are protected by law [8]. According to the IUCN criteria, seven species are assessed as rare of various threat categories, and one species is possibly extinct in the natural biotopes of the Republic of Moldova.

Within the framework of scientific study of the Laboratory of spontaneous Flora and Herbarium of the National Botanical Garden (Institute) of the Republic of Moldova, it was established that the genus *Dianthus* L. in the flora of the Republic of Moldova includes 8 rare species. According to the IUCN criteria of these critically endangered (category CR) – 5 species (*D. borbasii* Vandas, *D. capitatus* Balb. ex DC., *D. carthusianorum* L., *D. deltoides* L. and *D. polymorphus* M.Bieb.), vulnerable (category VU) – one (*D. guttatus* M.Bieb.), least concern species (category LC) – 1 (*D. leptopetalus* Willd.). They differ in the number and vitality of populations, local distribution and, along with the types of relatively low risk of extinction, are extremely rare.

In the article rare taxa of the genus *Dianthus* L. are given in alphabetical order, each with the indication of the following characteristics: Latin, Romanian and Russian names, synonymy, category and criteria of rarity, biological and ecological characteristics (including the plant habitus with the drawn illustration), general and local distribution (with maps of presence in the Republic of Moldova), habitat, status and protection recommendations in the republic.

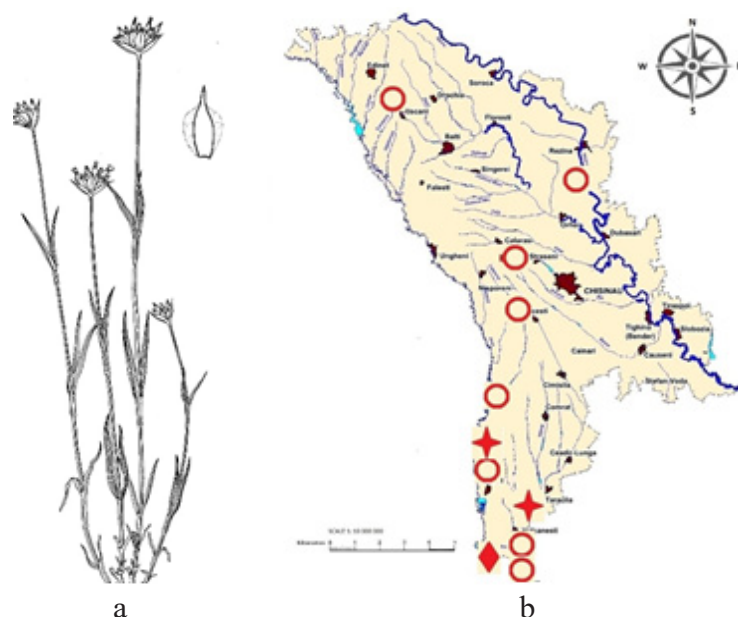
***Dianthus borbasii* Vandas – Garofiță Borbaș – Гвоздика Борбаша**

Figure 1. *Dianthus borbasii* Vandas: a – habitus and bract; b – occurrence in the Republic of Moldova

Critically Endangered (CR). A4cde; B2ab(i,ii,iii,iv). Perennial, hemicryptophytic plant (Fig. 1a), blooms in (May) June-August. It is a steppic, xerophilic plant, multiplies by seeds and vegetatively. Honey plant, ornamental, insignificant fodder plant. In the Republic of Moldova it has been met in the past sporadically throughout the territory: commune Pelinia (Drochia district); comm. Cinișeuți (Rezina distr.); comm. Vorniceni (Strășeni); Bîcoveț (Ungheni); town Hîncești; town Iargara (Leova); comm. Baurci-Moldoveni, comm. Andrușul de Sus, comm. Văleni (Cahul); comm. Vinogradovca (Taraclia); or. Vulcănești, UTAG. During the survey of the steppe habitats of the southern part of the country, the growth in the vicinity of comm. Baurci-Moldoveni (Cahul district) was confirmed (in this locality it was first recorded on 13.05.1977 by A.I. Istrati and on

11.05.1977 by D.I. Gociu, both in blooming stage) and comm. Vinogradovca (Taraclia distr.) on 8.05.1941 by V.N. Andreev in bloom, on 11.06.1949 by Pozharisskaya L., Barskaya, on 12.05.1975 by A.I. Istrati and V.N. Kononov, on 22.05.1975 and on 11.05.1977 by D.I. Gociu, Chernykh, K.R. Vitko; all specimens in blooming stage). We have discovered a new locality for the species – the vicinity of the commune Văleni (Cahul district) (Fig. 1b). In the republic species is located at the southern limit of its natural area of occurrence area. Outside the borders of the republic grows in Central (doubtfully present in Poland) and Eastern (Baltic States, Belarus, Central, Eastern and Southern parts of the European Russia, Crimea, Ukraine) Europe, North Caucasus, Western Siberia and Central Asia (Kazakhstan).

Plants grow solitarily or in small groups in dry and subarid forest glades, on hills with steppe vegetation with *Stipa* and *Festuca* species; prefers chernozem, occasionally on loess slopes, in dispersed and poor populations. On the territory of the steppe sector in the south of Bugeac “Ciurmai” the number of plants in the population is about 300 specimens. It grows in groups, sometimes forming clumps of about 1-2 m in diameter. The current total area is over 1-1.5 ha. In the vicinity of the Baurci-Moldoveni commune, populations of the species are associated with steppe clearings of *Quercus pubescens* Willd. forests on western and northwestern slopes. It grows in scattered small groups of 2-5 specimens, occupying an area of approximately 0.5 hectares. Abundance: 1-2 (3). The local population of Văleni is constrained in the lower part of the loess steppe slopes towards the Prut River, as part of the sparse herbage of xerophytic semi-desert steppes. It forms scattered groups with an abundance of 1 (2-3). The number of plants in the population is about 400. The current total area is about 1 ha. Inclusion in the list of species protected by law and into the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova, monitoring the condition of known populations, highlighting new places; the introduction in the steppe plant collection of the Botanical Garden, for the species is recommended.

***Dianthus capitatus* Balb. ex DC. – Garofiță capitată – Гвоздика головчатая**

Critically Endangered (CR). A4cde; B2ab(i,ii,iii,iv). Perennial hemicryptophytic plant (Fig. 2a). It blooms in May-June, fruits in June-August. It is meadow, xeromesophilic plant, multiplies by seeds and vegetatively. Ornamental, medicinal, honey and insignificant fodder plant. In the Republic of Moldova it has been sporadically registered throughout the territory: comm. Fetești, (Edineț), comm. Vertiujeni (Florești), vill. Vrancești (Sîngerei) vill. Brănești (Orhei), comm. Bahmut (Călărași), vill. Zloți (Cimișlia), comm. Copanca (Căușeni), comm. Găvănoasă (Cahul) (Fig. 2b). It grows at the northern limit of its range.

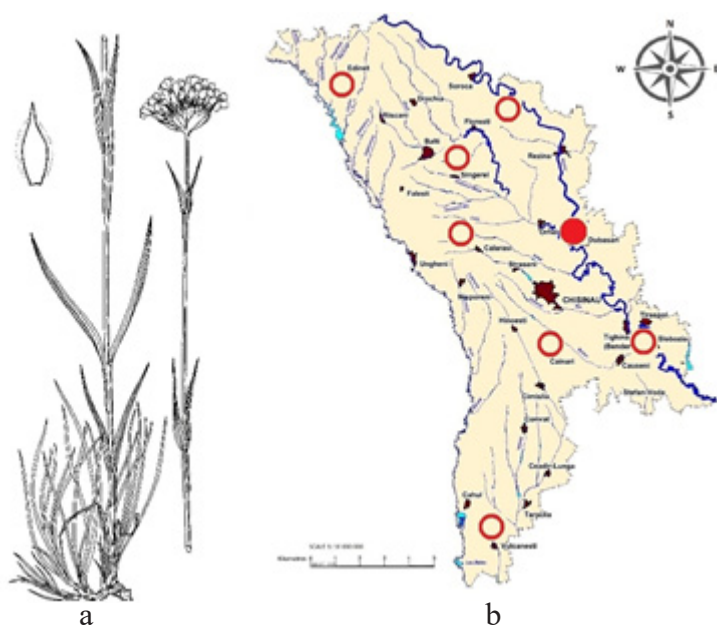


Figure 2. *D. capitatus* Balb. ex DC.: a – habitus and bract; b – occurrence in the Republic of Moldova

Outside the borders of the republic grows in Central and Eastern (southern part) Europe, Crimea (southern part), Mediterranean region, Caucasus, Asia Minor. Plants are met in clearings of arid oak forests, rarely in oak forests with linden and ash, in steppes, on steppe limestone and clayey hills; prefers chernozem. It usually grows in small dispersed groups or solitarily with an abundance of 1. In the current growing sites, mainly generative specimens have been recorded. No protection action is taken. The territorial protection is carried out within the geological and paleontological natural monument „Fetești Gorge”, Bălți steppe sector near the village of Vrancești, „Cărbuna” landscape reserve, „Copanca” forest natural reserve within the Dniester National Park, „Flămânda” forest natural reserve. Inclusion in the list of species protected by law and into the 4th edition of the Red Book of the Republic of

Moldova, highlighting and taking under state protection new growing sites of the species, the multiplication of the species in *ex-situ* conditions and its repatriation in natural habitats, for the species is recommended.

***Dianthus carthusianorum* L. – Garofiță cartusiană – Гвоздика картузианская**

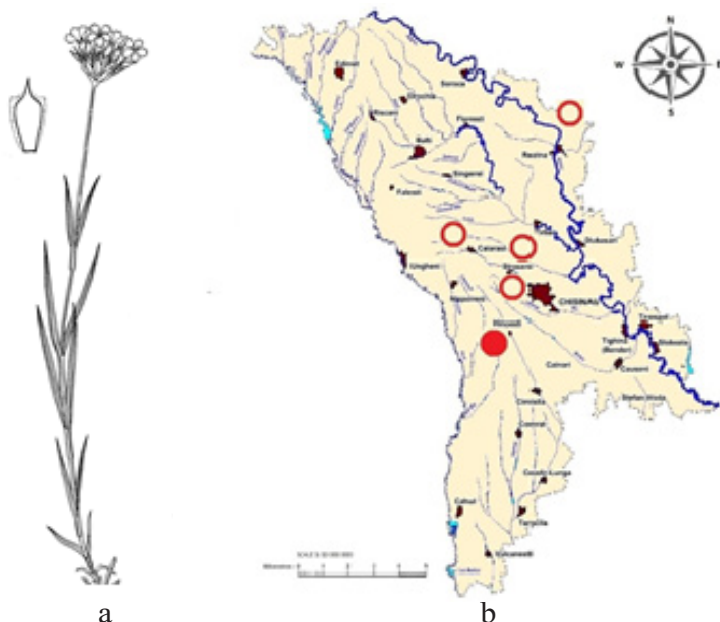


Figure 3. *Dianthus carthusianorum* L.: a – habitus and bract; b – occurrence in the Republic of Moldova

Critically Endangered [CR]. A4cde; B2ab(i,ii,iii,iv). Perennial hemicryptophytic plant (Fig. 3a). It blooms in (May)June-July. It is pratal, mesoxerophilic plant, multiplies by seeds and vegetatively. Ornamental and honey plant.

In the republic it is met very rarely, only in the north-eastern: comm. Haraba (Rîbnița distr.) UATSN, and central: comm. Bahmut (Călărași); comm. Negrești (Strășeni); in the vicinity of Chișinău; vill. Valea Florii (Hîncești) (Fig. 3b). It grows at the southern limit of its natural range of distribution. Outside the borders of the republic it grows in Atlantic (Belgium, extinct in the Netherlands), Central (Austria, Czech Republic, Germany, Hungary, Poland, Romania, Slovakia, Switzerland) and Eastern (Belarus, Ukraine) Europe, the Mediterranean region (Albania, Bulgaria, France, Italy, Sicilia, Spain). Introduced in the Scandinavian peninsula (Sweden), Asia Minor

(Turkey) and North America (USA – states Michigan, New Hampshire, New York, Wisconsin).

Species grows on steppe hills, limestone slopes, glades and edges of dry and semi-arid forests. It is met isolated or in small groups with an abundance of 1 (2). The total number of individuals is not established. In the Republic of Moldova protected by the state with category IV [8]. It is territorially protected in the representative sector with forest vegetation «Haraba», natural reserve of medicinal plants «Sărata Galbenă». Inclusion into the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova, monitoring the condition of the

known population, highlighting new growing sites, the multiplication of the species in *ex-situ* conditions and its repatriation in natural habitats, for the species is recommended.

***Dianthus deltoides* L. – Garofiță triunghiulară – Гвоздика дельтовидная**

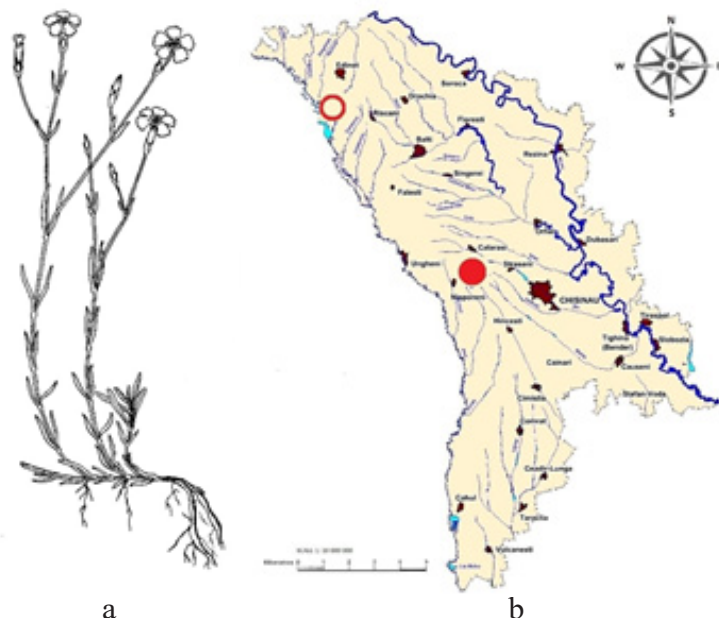


Figure 4. *Dianthus deltoides* L.: a – habitus; b – occurrence in the Republic of Moldova

Critically Endangered [CR]. A4cde; B2ab(i,ii,iii,iv). Perennial hemicryptophytic plant (Fig. 4a). It blooms in June-July. It is meadow mezophilic plant, multiplies by seeds and vegetatively by dividing the rhizome. Decorative, fodder, medicinal, melliferous plant, contains high amounts of saponin. In the Republic it is met rarely in the northwestern (comm. Petrușeni, Râșcani district) and central (com. Micleușeni, Strășeni distr.) part (Fig. 4b). Outside the borders of the republic it grows in Atlantic, Central and Eastern Europe, Mediterranean region, Siberia. Introduced into Far East, Caucasus, North and South America. Plants grow in edges and clearings of oak forests. Since the date of first collection (T.S.Gheideman on 30.08.1966) near the commune of Petrușeni, it has not been reported again, and in 2012 the only existing population was registered near the commune

of Micleușeni, Strășeni district, consisting of 40 specimens in the flowering phase. Species protected by law in the Republic of Moldova. Included in the Red Book of the Republic of Moldova (3rd ed.) as a critically endangered species. Inclusion into the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova, monitoring the condition of the known population, highlighting new growing sites, the multiplication of the species in *ex-situ* conditions and its repatriation in natural habitats, for the species is recommended.

***Dianthus guttatus* M.Bieb. – Garofiță gutulată – Гвоздика пятнистая**

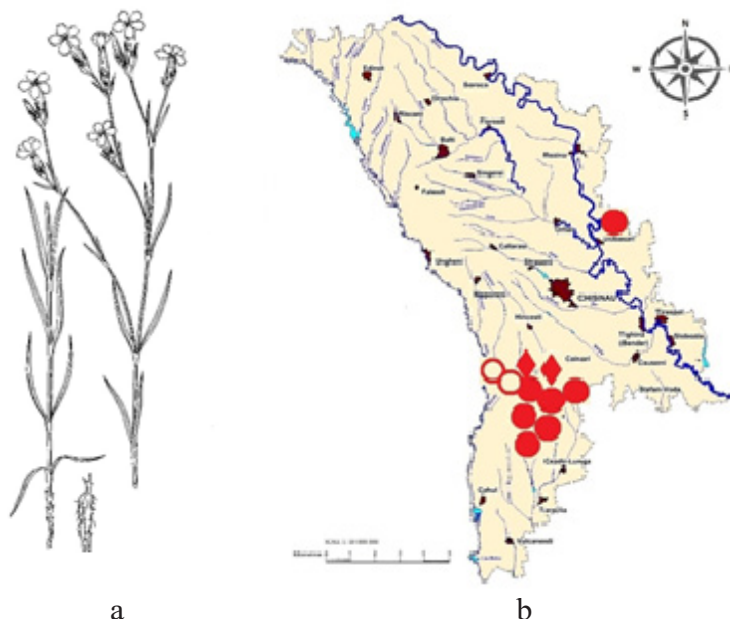


Figure 5. *Dianthus guttatus* M.Bieb.: a – habitus; b – occurrence in the Republic of Moldova

Vulnerable [VU]. A4ce; B2ab(i,ii,iii). Perennial hemicryptophytic plant (Fig. 5a). It blooms in (June)July-August. It is steppic, xerophilic plant, multiplies by seeds. Decorative, melliferous plant. In the Republic of Moldova it is met rarely in the east: in the vicinity of comm. Goian (Dubăsari, UTAN) and south: comm. Ciucur-Mingir, Javgur (Cimișlia); comm. Sadîc; comm. Bugeac, vill. Dezghingea, Congazcicul de Sus, between the villages of Chirsova and Ferapontievca (Comrat, UTAG), comm. Tomai (Leova) (Fig. 5b). Outside the republic it grows in Central (Romania) and Eastern (Ukraine, Crimea) Europe. Plants are met on hills with steppe vegetation with *Stipa* and *Festuca* species, dry meadows; prefers chernozem, occasionally on loess slopes. Cultivated in the experimental plot of rare species in the National Botanical Garden (Institute). No protection action is taken.

Protected only territorially within the «Iagorlâc» scientific reserve, in steppe sectors in the north of Bugeac «Dezghingea» and «Bugeac». Inclusion in the list of species protected by law and into the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova, monitoring the condition of known populations, highlighting new growing sites and its repatriation in natural habitats, for the species is recommended.

***Dianthus leptopetalus* Willd. – Garofiță leptopetală – Гвоздика узколепестная**

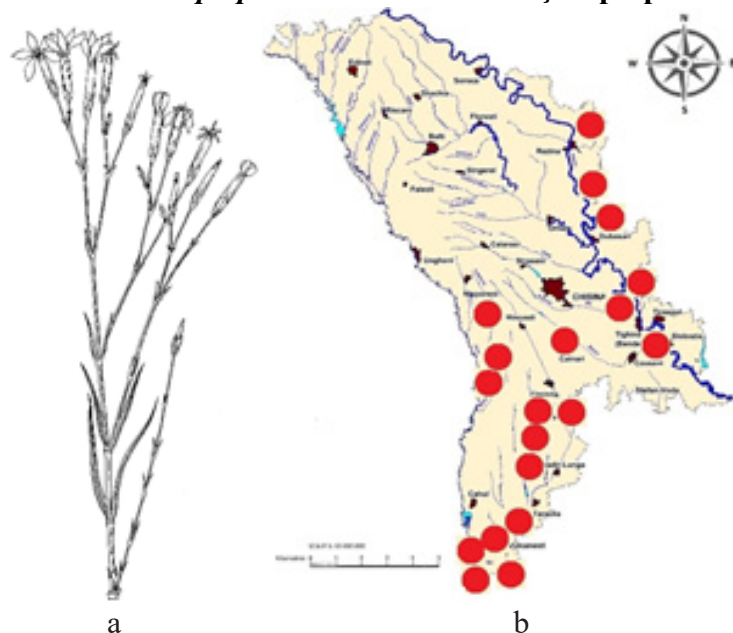


Figure 6. *Dianthus leptopetalus* Willd.: a – upper part of stem with inflorescence; b – occurrence in the Republic of Moldova

Least Concern [LC]. Perennial hemicryptophytic plant (Fig. 6a). It blooms in June-July. It is steppic, xerophilic plant, multiplies by seeds. Decorative, melliferous plant. In the Republic of Moldova it is found in the basin of the Dniester and Prut rivers and in the southern area: Rîbnița, Dubăsari, Grigoiopol, Anenii Noi, Leova, Comrat, Cahul districts (Fig. 6b). Outside the borders of the republic it grows in the Central (Romania) and Eastern (Central, Eastern and Southern European Russia, Ukraine), North Caucasus, Minor (Türkiye) and Central (Kazakhstan) Asia, Western Siberia (southern part). Species is met in steppe vegetation, less often on clayey and calcareous hills, prefers chernozem. Plants grow in small, diffuse groups with an abundance of 1. No protection measures has been taken in the Republic of Moldova. The only territorial protection is carried out within the “Iagorlîc” scientific reserve, sectors with steppe vegetation

“Bugeac”, “Dezghingea” and “Ciurmai”. Inclusion in the list of species protected by law, monitoring the condition of known populations and highlighting new growing sites, for the species is recommended.

***Dianthus pallens* M.Bieb. (= *Dianthus pallidiflorus* Ser., *D. meoticus* Klokov) – Garofiță palidifloră – Гвоздика бледноцветковая**



Figure 7. *Dianthus pallens* M.Bieb.: a – habitus; b – occurrence in the Republic of Moldova

Critically Endangered [CR]. A4c; B2ab (i, iii); D; E. Perennial hemicryptophytic plant (Fig. 7a). It blooms in July-August. It is steppic, xerophilic plant, multiplies by seeds. Decorative plant. In the Republic of Moldova it is met in the vicinity of comm. Bugeac, UTA Găgăuzia (Fig. 7b). Outside the borders of the republic it grows in the Eastern (Eastern and Southern European Russia, Ukraine), Crimea, Balkan Peninsula (Bulgaria, Greece), North Caucasus, Minor (Türkiye) Asia. Introduced in the Central European Russia. Species is growing on hills with primary steppe vegetation with prevalence of *Stipa* and *Festuca* species, grows solitarily or forms small, isolated groups of 2-3 individuals with an abundance of 1. The total number of individuals in the

population is unknown. Species protected by law in the Republic of Moldova with category II. Included in the Red Book of the Republic of Moldova (3rd ed.) as critically endangered species. It is territorially protected in the natural reserve of medicinal plants „Bugeac”. Inclusion into the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova, monitoring the condition of the known population, highlighting new growing sites, the multiplication of the species in *ex-situ* conditions and its repatriation in natural habitats, for this species is recommended.

***Dianthus polymorphus* M.Bieb. (= *Dianthus diutinus* Kit., *D. platyodon* Klokov) – Garofiță polimorfă – Гвоздика изменчивая**

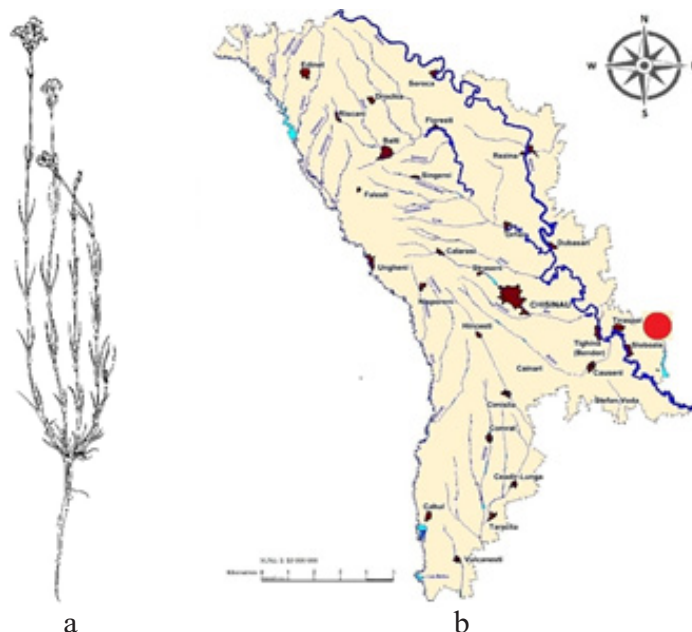


Figure 8. *Dianthus polymorphus* M. Bieb.: a – habitus; b – occurrence in the Republic of Moldova

Critically Endangered [CR]. A4ce; B2ab(ii,iii); C2a; D. Perennial hemicryptophytic plant (Fig. 8a). It blooms in May-September. It is steppic, xerophilic plant, multiplies by seeds. Decorative, melliferous plant. In the Republic of Moldova it is met in the vicinity of vill. Andriașevca Nouă, UATSN (Fig. 8b). Outside the borders of the republic it grows in the Central (Hungary, Romania) and Eastern (Central and Southern European Russia, Ukraine), Crimea, Balkan Peninsula (Northwestern part), North Caucasus. Species grows on hills with steppe vegetation with dominance of *Stipa* species (*S. pennata* L., *S. pulcherrima* K.Koch, *S. ucrainica* P.A. Smirn.) and *Festuca valesiaca* Gaudin. The only recently found population (May 2013) contains circa 500 mature and juvenile individuals. It grows in small, diffuse groups

with an abundance of 1. The total area of the population is about 1000 m². Species is included in the Red Book of the Republic of Moldova (3rd ed.) as critically endangered. It is territorially protected in the representative sector with steppe vegetation „Andriașevca Nouă”. Inclusion in the list of species protected by law, development of measures for sustainable management in the representative sector with steppe vegetation „Andriașevca Nouă”, highlighting and taking under protection new growing sites, conservation and multiplication of the species in *ex-situ* conditions and its repatriation to natural habitats, for this species is recommended.

Conclusions

Based on the study of literature data, herbarium material and expedition research in recent years, it was established that the genus *Dianthus* L. includes 8 rare species out of 15 established for the vascular flora of the Republic of Moldova. According to the IUCN criteria 8 species, with different degrees of endangerment were assessed: 6 critically endangered species (*D. borbasii* Vandas, *D. capitatus* Balb. ex DC., *D. carthusianorum* L., *D. deltoides* L., *D. pallens* M.Bieb. and *D. polymorphus* M.Bieb.), one vulnerable species (*D. guttatus* M.Bieb.) and one species of least concern (*D. leptopetalus* Willd.).

We propose to include in the list of species protected by law 4 species from genus *Dianthus* L.: *D. borbasii* Vandas, *D. capitatus* Balb. ex DC., *D. guttatus* M.Bieb. and *D. polymorphus* M.Bieb. Into the 4th edition of the Red Book of Republic of Moldova should be added 7 threatened species: 6 critically endangered species (*D. borbasii* Vandas, *D. capitatus* Balb. ex DC., *D. carthusianorum* L., *D. deltoides* L., *D. pallens* M.Bieb. and *D. polymorphus* M.Bieb.) and 1 vulnerable (*D. guttatus* M.Bieb.) species.

Bibliography:

1. *Cartea roșie a plantelor vasculare din România*. București: Editura Academiei Române – 2009. – 630 p.
2. *Cartea Roșie a Republicii Moldova*. Ed. II. Chișinău: Știința. 2002. 288 p.
3. *Cartea Roșie a Republicii Moldova*. Ed. III. Chișinău: Știința. 2015. 492 p.
4. GHENDOV, V.; IZVERSCAIA, T.; SHABANOVA, G. Pre-identified Red List of vascular plants in the flora of Republic of Moldova // *Journal of Botany*. Vol. IV, № 1 (5). 2012. P. 41-52.
5. IZVERSCAIA, T.; GHENDOV, V. – Threatened with regional extinction vascular plants recommended for state protection in the Republic of Moldova // *Mediul ambient*, № 4 (76). 2014. P. 1-3.
6. IUCN Standards and Petitions Subcommittee. 2010. *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. – Version 8.1. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee in March 2010*. Downloadable from <http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>
7. IZVERSCAIA, T. *Dianthus* L. /Flora Basarabiei: (plantele superioare spontane): [în 6 vol.]. Vol. II. *Magnoliophita* /A. Negru, Valentina Cantemir, I. Comanici [et al.]; sub red.: Andrei Negru; Acad. de Științe a Moldovei, Grădina Botanică (Inst.), Min. Mediului [et al.]. Chișinău: Universul. 2016. P. 327-348.
8. *Legislația ecologică a Republicii Moldova (1996-1998)*. Chișinău: Societatea Ecologică „Biotica”. 1999. 233 p.
9. PÂNZARU, P.; NEGRU, A.; IZVERSCII, T. *Taxoni rari din flora Republicii Moldova*. Chișinău, 2002. 148 p.
10. Plants of the World online. Kew Science. <http://www.plantsoftheworldonline.org/>
11. SĂVULESCU, Tr.; RAYSS, T. Materiale pentru flora Bassarabiei // *Bull. Agriculturii*. București. 1926. Vol. 3. P. 81-230.
12. TUTIN, T.G.; WALTERS, S.M. *Dianthus* L. /*Flora Europaea*. Cambridge University Press. 1993. Vol. I, ed. 2. P. 227-246.
13. *Useful Temperate Plants Database, Ken Fern*. 2016. [accessed 20 April 2022]. Downloadable from <https://temperate.theferns.info/>
14. *Дикорастущие полезные растения России* /Отв. ред. Буданцев А. Л., Лесиовская Е. Е. СПб.: Издательство СПХФА. 2001. 663 с.
15. ИЗВЕРСКАЯ, Т. Д.; ГЕНДОВ, В. С. – *Dianthus polymorphus* Bieb. (*Caryophyllaceae*) новый вид для флоры Республики Молдова // *Mediul ambient*. № 2 (74). 2014. P. 11-14.
16. КУЗЬМИНА, М. Л. Гвоздика – *Dianthus* L. /*Флора Восточной Европы*. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК. 2004. Т. XI. С. 273-297.
17. ПАЧОСКИЙ, И. К. – Материалы для флоры Бессарабии // *Тр. Бессараб. о-ва естествоиспыт. и любителей естествозн.* Кишинев. 1911-1912. Т. 3. 91 с.
18. *Червона книга України*. Рослинний свит /ред. Я.П. Дідуха. Київ: Глобалконсалтинг. 2009. 912 с.
19. ЧЕРЕПАНОВ, С. К. *Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР)*. Санкт-Петербург. 1995. 990 с.

N. B.: The study was carried out within the following two research projects: 1). Subprogram entitled: “Research and ex situ, in situ conservation of the plant diversity of the Republic of Moldova” (subprogram code 010101), funded by the Ministry of Education and Research of the Rep. of Moldova; 2). “Assesment of the state of plant, fungi and animal species, development of the list of species with rarity status and the algorithm for presentation in the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova”, funded by the National Office for the Implementation of Environmental Projects and co-financing by the Moldova State University, according to the financing Contract No. 01-23p-096/03-05-2024 from 27.02.2024).

Data about authors:

Tatiana IZVERSCAIA, PhD in Biology, leading scientific researcher, “Al. Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University.

ORCID: 0009-0003-8530-0140

E-mail: t_izverskaya@mail.ru

Veaceslav GHENDOV, PhD in Biology, leading scientific researcher, “Al. Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University.

ORCID: 0000-0001-6405-3935

E-mail: veaceslav.ghendov@gb.usm.md

Presented: 25.02.2026

Reviewed: 19.03.2026

Accepted for publication: 20.05.2026

CONSERVAREA *IN SITU* A SPECIILOR RARE DIN SECTORUL „CLIȘCĂUȚI” DIN STEPĂ BĂLȚULUI

Ghenadie TITICA,
Alina PAVLIUC,
Vasile GRABOVSKI,
Tatiana FETCU,

Universitatea de Stat din Moldova

Speciile rare din sectorul de stepă „Clișcăuți” constituie un tezaur biologic esențial pentru menținerea biodiversității în zona de nord a țării. În acest context, cercetările recente au identificat un nou sector de o valoare floristică excepțională în raionul Sîngerei, lângă satul Clișcăuți. Acest teren de 17,07 ha adăpostește o diversitate remarcabilă de 96 de specii de plante, printre care se numără patru rarități protejate prin legi naționale și internaționale: *Crambe tatarica* Sebeok, *Bellevia sarmatica* (Georgi) Woronow, *Asparagus officinalis* L., și *Astragalus dasyanthus* Pallas. Deoarece actuala rețea de protecție este insuficientă pentru stepa Bălțului, se impune instituirea urgentă a sectorului „Clișcăuți” ca arie protejată de stat. Această măsură este considerată o prioritate națională pentru salvarea genofondului vegetal și conservarea *in situ* a speciilor rare din acest sector.

Cuvinte-cheie: conservare, *in situ*, specii rare, sector de stepă, arie protejată, diversitate, valoare floristică.

IN SITU CONSERVATION OF RARE SPECIES IN THE CLIȘCĂUȚI SECTOR OF THE BĂLȚI STEPPE

The rare species found in the steppe sector „Clișcăuți” constitute an essential biological treasure for maintaining biodiversity in the northern part of the country. Within this framework, recent research has identified a new sector of exceptional floristic value in the Sîngerei District, near the village of Clișcăuți. This 17.07-hectare site shelters a remarkable diversity of 96 plant species, including four rarities protected by national and international laws: *Crambe tatarica* Sebeok, *Bellevia sarmatica* (Georgi) Woronow, *Asparagus officinalis* L., and *Astragalus dasyanthus* Pallas. Because the current protection network is insufficient for the Bălți Steppe, the urgent establishment of the Clișcăuți sector as a state-protected area is required. This measure is considered a national priority for saving the plant gene pool and ensuring the *in situ* conservation of rare species within this sector.

Keywords: conservation, *in situ*, rare species, steppe sector, protected area, diversity, floristic value.

Introducere

Conform cercetărilor din ultimii ani, sectoarele de stepă, în special cele din zona stepei Bălțului, care păstrează caracteristicile unei stepe naturale cu floră și vegetație autentice sunt într-o profundă scădere și degradare, cauzate în principal de factorul antropic și al dezechilibrului factorilor ecologici. În zona stepei Bălțului, din nordul Republicii Moldova se evidențiază un singur sector de stepă, pajiștea „Vrănești”, care a fost analizată și descrisă din punct de vedere fitocenologic de prof. Gh. Postolache, în anul 1994. Conform Legii privind ariile naturale protejate de stat, pajiștea „Vrănești” ocupă 8 ha, fiind considerat un sector vulnerabil în condițiile actuale de dezvoltare a agriculturii care tinde spre valorificarea terenurilor de stepă, distrugerea genofondului și crearea condițiilor critice pentru dezvoltarea plantelor. În multe lucrări geobotanice efectuate de-a lungul timpului de autori [14, 15, 16, 19] se evidențiază noi specii de plante de stepă care astăzi sunt rare și pe cale de dispariție din flora spontană. Sub pericolul dispariției, multe specii rare sunt incluse în Cartea Roșie, ceea ce constituie 13,5% din toate speciile florei Republicii Moldova [10]. Ca rezultat, se impune necesitatea de a efectua cercetări fitocenologice în această zonă pentru a identifica și propune sectoare noi cu vegetație de stepă, pentru a scoate în prim plan necesitatea de a conștientiza rolul ariilor naturale protejate de stepă pentru protecția și conservarea naturii. Cercetările fitocenologice actuale au ca scop evidențierea unui nou sector de stepă valoros pentru a fi instituit o nouă arie naturală

protejată de stat ce va contribui la protecția și conservarea *in situ* a lumii vegetale. În zona stepei Bălțului s-a realizat cercetarea florei și vegetației sectoarelor de stepă care păstrează, deși fragmentar, elementele naturale ale acestui tip de vegetație, precum sunt covorul vegetal cu speciile caracteristice pajiștilor xerofile, comunitățile vegetale dominante și a speciilor rare protejate prin legi naționale și convenții internaționale. În urma unei analize comparative a multor suprafețe cu comunități vegetale, a fost selectat ca reprezentativ pentru studiu, sectorul situat în partea de nord-vest de satul Clișcăuți din raionul Sîngerei. Aceasta este o pajiște de stepă propriu-zisă, gestionată în regim de pășune, pe o suprafață de 17,07 ha din câmpia Bălțului. În acest sector de stepă s-au identificat specii rare valoroase prezente în Cartea Roșie a Republicii Moldova, Legea privind ariile naturale protejate de stat și a convențiilor internaționale.

Metode și materiale aplicate

Studiul fitocenologic asupra evidențierii sectoarelor valoroase de floră și vegetație din stepa Bălțului s-a început în anul 2025 și continuă în 2026, în vederea îndeplinirii scopului proiectului de a insitui o nouă arie naturală de stepă. Determinarea și inventarierea speciilor s-a făcut conform determinatoarelor floristice ale autorilor [13, 4, 8]. Evaluarea abundenței-dominanței a speciilor caracteristice din cadrul asociațiilor vegetale s-a realizat conform metodei Braun-Blanquet [1]. Pentru etapa ulterioară s-a procedat la documentarea și colectarea speciilor de plante rare după lucrările de specialitate [7]. Evaluarea statutului de conservare și protecție, a rarității și a vulnerabilității speciilor de floră s-a efectuat prin raportare la sistemul de categorii și criterii ale IUCN. S-a analizat starea speciilor conform edițiilor actualizate ale Cărților Roșii (Republica Moldova, România, Ucraina) și ale Listelor Roșii (România, Europa), pentru a identifica prioritățile de conservare la nivel local. Statutul de periclitate a fost indicat prin consultarea anexelor Convenției de la Berna, Convenției de la Washington (CITES) și cu prevederile Directivei Habitate.

Conținut

Compoziția floristică a sectorului „Clișcăuți” este definită de o diversitate remarcabilă de 96 specii xerofile, caracteristice habitatelor de pajiști uscate. Printre acestea se evidențiază patru taxoni cu statut de raritate, care beneficiază de un regim special de protecție la nivel național și internațional.

În sectorul de pajiște „Clișcăuți” a fost confirmată prezența unor taxoni rari de importanță conservativă majoră:

1. *Crambe tataria* Sebeok - Odolean tătareșc. În sectorul de stepă „Clișcăuți” a fost găsită în 2 exemplare cu stare bună de dezvoltare într-un habitat de stepă uscată cu fitocenoze edificate de *Stipa capillata* care ocupă partea superioară a pantei într-o abundență sporită de (3-4) pe scara Braun-Blanquet (Fig. 1). *Crambe tataria* este o specie perenă, hemicriptofită, de origine pontică, adaptată condițiilor xeromezofile [7]. Ciclul său biologic este marcat de înflorirea în perioada aprilie-mai și fructificarea în lunile iunie-iulie, reproducerea fiind realizată prin semințe. Deși prezintă un potențial economic și estetic diversificat, este o plantă meliferă, comestibilă și decorativă, deși populațiile sale sunt periclitate [3].



Figura 1. *Crambe tataria* Sebeok - Odolean tătareșc

Fragmentarea habitatelor și impactul activităților umane au determinat o distribuție rară și sporadică a speciei în Republica Moldova. În consecință, aceasta beneficiază de un regim strict de protecție, fiind listată ca periclitată (EN) atât în Cartea Roșie (ediția a II, III-a), cât și în anexa Legii privind fondul ariilor naturale protejate (Categoriea II, conform criteriilor IUCN). Importanța conservării speciei *Crambe tataria* la nivel internațional este atestată de includerea sa în documente strategice de mediu. Aceasta este clasificată ca periclitată în Cartea Roșie a Plantelor Vasculare din România (2009) și ca vulnerabilă în Cartea Roșie a Ucrainei (2009). Totodată, specia beneficiază de protecție strictă conform anexelor Convenției de la Berna și Directivei Habitate a Uniunii Europene.



Figura 2. *Bellevalia sarmatica* (Georgi) Woronow – Belevale-sarmațiană

Moldova cu statutul de vulnerabilă (VU). Conform Legii privind fondul ariilor naturale protejate de stat, specia este clasificată ca periclitată (categoria II), beneficiind de protecție specială. De asemenea, aceasta figurează ca specie periclitată în Cartea Roșie a Plantelor Vasculare din România.



Figura 3. *Asparagus officinalis* L. - Sparanghel medicinal

3. *Asparagus officinalis* L. - Sparanghel medicinal. În sectorul de stepă „Clișcăuți” a fost evidențiată în 2 exemplare viabile în cadrul asociației vegetale de *Stipa capillata*, pe o pantă cu grad de înțelenire considerabil și o abundență a speciei dominante de (1-2) pe scara Braun-Blanquet (Fig. 3). *Asparagus officinalis* L. este o specie xerofilă, un geofit euroasiatic cu tulpini subterane, rizomi groși și fruct caracteristic de bacă roșie [7]. Conform Legii privind fondul ariilor naturale protejate de stat, specia *Asparagus officinalis* L. (sparanghel medicinal) este clasificată conform criteriilor IUCN în Categoria II – specie periclitată.

4. *Astragalus dasyanthus* Pallas – Zăvăcustă, coșaci (specie endemică). Plantă perenă, specie xeromezofilă, hemicriptofit ponto-panonic [7], (Fig. 4). În sectorul de stepă „Clișcăuți” *Astragalus dasyanthus* a fost găsit într-un singur exemplar având o dezvoltare bună într-o fitocenoză dominată de *Botriochloa ischaeum* cu abundență pronunțată de (2-3) pe scara Braun-Blanquet. *Astragalus dasyanthus* este o specie endemică cu utilizare în medicină. Se consideră o plantă entomofilă care se înmulțește prin semințe, înflorește în luna iunie-iulie, iar fructele se coc în iulie-august [3]. Specia *Astragalus dasyanthus* beneficiază de un regim juridic de protecție conform Legii privind fondul ariilor naturale protejate de stat, fiind clasificată în Categoria IV (specie rară). Statutul său critic este reconfirmat prin includerea în ediția a II-a a Cărții Roșii a Republicii Moldova, unde figurează ca vulnerabilă (VU), același statut fiind atribuit speciei și în Cartea Roșie a Ucrainei.



Figura 4. *Astragalus dasyanthus* Pallas – Zăvăcustă

Măsuri de conservare *in situ* a speciilor rare din sectorul „Clișcăuți”.

1. Instituirea sectorului „Clișcăuți” ca nouă arie naturală de stepă, pentru a asigura protecția directă a speciilor rare, menținerea integrității habitatului lor prin monitorizarea științifică.
2. Limitarea pășunatului excesiv sau interzicerea pășunatului în perioada de înflorire și fructificare (primăvară-vară), pentru a preveni distrugerea plantelor rare. prin controlul riguros al numărului de animale (oi, capre) care pasc în zonă, pentru a permite speciilor perene să ajungă la maturitate și să producă semințe.
3. Crearea de zone de protecție (buffer), stabilirea unei fâșii de protecție în jurul sectorului Clișcăuți unde să fie interzisă utilizarea pesticidelor și erbicidelor de către fermieri.
4. Informarea comunităților locale despre unicitatea acestui loc pentru a preveni colectarea plantelor rare sau incendierea miriștilor în vecinătatea sectorului protejat.
5. Monitorizarea populațiilor speciilor rare și a ratei de regenerare naturală a lor.
6. Stoparea recoltării plantelor în scopuri medicinale, în special *Asparagus officinalis*) sau decorative (*Bellevalia sarmatica* și *Crambe tataria*).
7. Pentru o protecție completă, se recomandă și măsuri *ex situ*, colectarea de semințe pentru băncile de gene, în cazul în care habitatul și plantele ar suferi degradări ireversibile.

Concluzii

1. Sectoarele de stepă naturală din Republica Moldova, în special cele din Câmpia Bălțului, se află într-un proces profund de declin și degradare. Această situație este cauzată de presiunea antropică și de dezechilibrele ecologice. Extinderea agriculturii reprezintă principala amenințare, ducând la fragmentarea habitatelor și distrugerea genofondului vegetal.
2. Cercetările recente au identificat un nou sector de stepă de o valoare excepțională lângă satul Clișcăuți (raionul Sîngerei), care ocupă o suprafață de 17,07 ha, are o diversitate remarcabilă de 96 de specii de plante xerofile, dintre care 4 specii de importanță majoră, incluse în Cartea Roșie a Republicii Moldova, Legea privind fondul ariilor naturale protejate de stat și a convențiilor internaționale: *Crambe tataria*, *Bellevalia sarmatica*, *Asparagus officinalis* și *Astragalus dasyanthus* (specie endemică).
3. În prezent, în zona stepei Bălțului, care este reprezentată doar prin pajiștea „Vrănești”, considerată vulnerabilă, se impune instituirea sectorului de stepă „Clișcăuți” ca nouă arie naturală protejată de stat. Această măsură este esențială pentru conservarea *in situ* a speciilor rare care riscă să dispară din flora spontană.
4. Sectorul de stepă „Clișcăuți” reprezintă o strategie de monitorizare și conservare pentru biodiversitatea stepei autentice din nordul Moldovei, iar protejarea sa juridică și fizică este o prioritate pentru conservarea patrimoniului natural.

Bibliografie:

1. BRAUN-BLANQUET, J. *Pflanzensoziologie*. 3 Aufl. Wien, N. Y., 1964. 865 p.
2. Cartea Roșie a Republicii Moldova. Ed. 2. Chișinău: Știința, 2001. 287 p.
3. Cartea Roșie a Republicii Moldova. Ed. 3. Chișinău: Știința, 2015. 492 p.
4. CIOCÂRLAN, V. *Flora ilustrată a României: Pteridophyta et Spermatophyta*. București: Edit. Ceres, 2009. – 1141 p.
5. *Cheklis of CITES species and Annotated CITES appendices and Reservations*. Washington, 1979. 417 p.
6. *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*. Bern, 1979.
7. DIHORU, Gh.; NEGREAN, G. Cartea Roșie a Plantelor Vasculare din Romania. Editura Academiei Române. București, 2009. 316p.
8. Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. *Official Journal*. L 206/7, 22.07. 1992. 15/vol 2, 1992. p. 109 –152.
9. GHENDOV, V.; IZVERSCAIA, T.; SHABANOVA, G. *Pre-identified Red List of vascular plants in the flora of Republic of Moldova*. În: *Journal of Botany*, 2012. Vol. IV, № 1 (5). p. 41-52.
10. NEGRU A., ȘABANOVA G., CANTEMIR V., GANJU Gh., GHENDOV V., BACLANOV V. 2002. *Plantele rare din flora spontană a Republicii Moldova*. Chișinău: 199 p.

11. NEGRU, A. *Determinator de plante din flora Republicii Moldova*. Chișinău, „Universul”, 2007. 391 p.
12. PÂNZARU, P.; NEGRU, A.; IZVERSCII, T. *Taxoni rari din flora Republicii Moldova*. Chișinău, 2002. 148 p.
13. POSTOLACHE Gh. 1995. *Vegetația Republicii Moldova*. Chișinău: Știința: 340 p.
14. POSTOLACHE, Gh. Flora și vegetația rezervației Vrancești. In: *Bul. Academiei de Științe a R.M. Științe biol. și chimice*. nr. 1, 1994. pp. 10-14.
15. SĂVULESCU, TR.; RAYSS, T. Materiale pentru flora Bassarabiei. În: *Bull. Agriculturii*. București, 1926. Vol. 3. P. 81-230.
16. ГЕЙДЕМАН, Т. С. *Определитель высших растений МССР*. Изд. 3-е, Кишинев, «Штиинца», 1986. 636 с.
17. ЛАВРЕНКО Е. М. 1980. Степи. В кн.: *Растительность европейской части СССР*. Л.: Наука: с. 203–272.
18. ЧЕРВОНА КНИГА УКРАЇНИ. РОСЛИННИЙ СВІТ. /ред. Я.П. Дідуха. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 912 с.
19. ШАБАНОВА, Г. А. *Степная растительность Республики Молдова*. Кишинев: Есо-TIRAS, 2012. 240 p. ISBN 978-9975-66-285-7.

N. B.: Cercetările au fost efectuate în cadrul proiectului ANCD penru cercetare „Tinerii cercetători”, cu tema „Studiu de fundamentare științifică a unei noi arii natural protejate de stepă din nordul Republicii Moldova” cu cifrul 25.80012.7007.15TC.

Date despre autori:

Ghenadie TITICA, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0006-4951-5840

E-mail: ghen20@ymail.com

Alina PAVLIUC, cercetător științific, Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0002-5591-8209

E-mail: pavliuc_alina@mail.ru

Vasile GRABOVSCI, cercetător științific stagiar, Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0006-5173-2764

E-mail: grabovschi.vasile@mail.ru

Tatiana FETCU, cercetător științific stagiar, Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0002-3217-418X

E-mail: fetcutatiana90@mail.ru

Prezentat: 24.02.2026

Recenzat: 19.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 551.583:631.4(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_22](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_22)

DINAMICA UNOR FACTORI ABIOTICI DIN REZERVAȚIA „CODRII” ÎN PERIOADA DE VEGETAȚIE 2025

Ecaterina BARCARI,

Rezervația „Codrii”

Tatiana NAGACEVSCHI,

Universitatea de Stat din Moldova

Pe teritoriul Rezervației clima se caracterizează prin alternarea perioadelor de secetă cu abundențe de precipitații. Iernile sunt relativ blânde cu puțină zăpadă, perioada caldă preponderent secetoasă. Ploile abundente pot condiționa scurgerea superficială, însă în pădure ele nu provoacă eroziunea solului. Relieful are un rol important în formarea cliimei. Altitudinile variate și fragmentarea teritoriului provoacă perturbări, de la un loc la altul, ale presiunii atmosferice și temperaturii aerului, ale cantității de precipitații atmosferice. Gradul de ariditate al suprafețelor cercetate în anul 2025 corespunde condițiilor climatice ale zonei de stepă cu un nivel de vulnerabilitate înalt cu tulburări de durată ale umidității și o climă moderat arid.

Cuvinte-cheie: șleau de deal, goruneto-fag, sol, procent de umiditate, temperatură, protosol, molisol, indice de ariditate.

DYNAMICS OF SOME ABIOTIC FACTORS IN THE RESERVE „CODRII” IN VEGETATION PERIOD 2025

On the territory of the Reserve, the climate is characterized by the variability of conditions, the alternation of periods of drought with abundance of precipitation. Winters are relatively mild with little snow, the warm period is mostly dry. Heavy rains can condition surface runoff, but in the forest they do not cause soil erosion. Relief plays an important role in climate formation. The varied altitudes and the fragmentation of the territory cause disturbances, from one place to another, of atmospheric pressure and air temperature, of the amount of atmospheric precipitation. Moisture is maintained in the soil only from atmospheric precipitation. The degree of aridity of the surveyed areas in 2025 corresponds to the climatic conditions of the steppe area with a high level of vulnerability with long-term moisture disturbances and a moderately arid climate.

Keywords: hill saddle, goruneto-fag, soil, moisture percentage, temperature, protosol, molisol, aridity index.

Introducere

Clasificarea solurilor Rezervației este corelată cu unitățile majore ale Legendei FAO/UNESCO (Sistemul Internațional), cu unitățile respective ale clasificării precedente și ale Sistemului Român de Clasificare a Solurilor (Sistemul Român de clasificare, 1980), implementat printr-un program computerizat în lucrările de descriere parcelară de către Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice (ICAS).

Conform Amenajamentului Rezervației Naturale „Codrii”, ediția 2020, și luând în considerare factorii staționari, s-a constatat că majoritatea stațiunilor sunt de bonitate superioară – 84%, urmate de stațiunile de bonitate mijlocie – 16 % [2,3]. Cea mai mare întindere în cadrul rezervației o dețin stațiunile deluroase de gorunete, goruneto-șleauri pe versanți însoriți și semi însoriți (64%), urmate de stațiunile deluroase de cvercete cu fâgete de limită inferioară, amestecuri de șleau cu fag, pe versanți umbriți (21%).

Învelișul de sol este complicat. Aici se manifestă zonalitatea verticală care determină prezența solurilor brune, a căror răspândire este condiționată de altitudine și de expoziția pantelor [5;6]. Învelișul de sol al rezervației este caracteristic pentru Podișul Central al Moldovei.

În fondul forestier al Rezervației, predomină clasa molisolurilor care deține 65% din suprafața totală a pădurilor și terenurilor destinate împăduririi. Solurile cenușii sunt cele mai răspândite în Rezervație (65%), urmate de solurile brune (33%) și aluviale (2%).

Condițiile climatice condiționează în direct existența stațiilor forestiere. Pe teritoriul Rezervației clima se caracterizează prin variabilitatea condițiilor, alternarea perioadelor de secetă cu abundențe de precipitații. Iernile sunt relativ blânde cu puțină zăpadă, perioada caldă preponderent secetoasă. Ploile abundente pot condiționa scurgerea superficială, însă în pădure ele nu provoacă eroziunea solului. Concentrarea torentelor care poate provoca eroziunea liniară se produce doar datorită intervențiilor tehnologice – de-a lungul drumurilor, depresiunilor, canalelor etc.

Relieful are un rol important în formarea climei [5;6]. Altitudinile variate și fragmentarea teritoriului provoacă perturbări, de la un loc la altul, ale presiunii atmosferice și temperaturii aerului, ale cantității de precipitații atmosferice. Masivele silvice au un impact local asupra climei prin reducerea amplitudinilor temperaturii aerului, creșterea umidității și a precipitațiilor, micșorarea vitezei vântului ș.a.

Rezultate și discuții

Cea mai ridicată temperatură, în anul 2025, a fost înregistrată în luna iulie – 22,5°C [1]. Iar cea mai joasă – în luna februarie, - 2,9°C (figura 1).

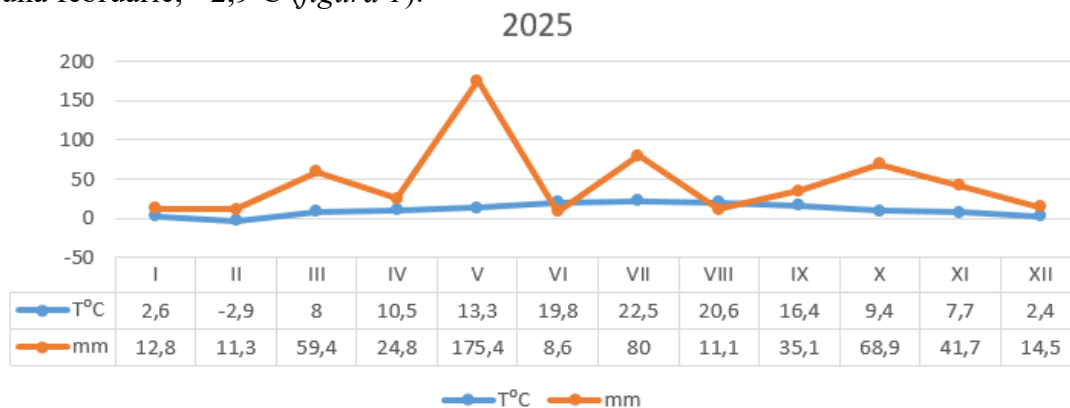


Figura 1. Temperatura medie a aerului și suma precipitațiilor atmosferice (mm) lunare. Stația meteorologică „Codrii” (2025) [1]

În luna mai a căzut cea mai mare cantitate de precipitații atmosferice – 175,4 mm. Cea mai mică cantitate de precipitații atmosferice a căzut în luna iunie – 8,6 mm.

Suprafețele de probă 12G, 12F și 12A sunt situate pe partea superioară și mijlocie a pantelor, cu aflarea stratului freatic la adâncimi mari. Pentru aceste suprafețe este caracteristic regimul hidric periodic percolativ, adică are loc percolarea profilului de sol până la nivelul pânzei freatice numai în unii ani, și anume în acei cu precipitații abundente. Umiditatea se menține în sol numai din precipitațiile atmosferice.

Suprafața de probă 12A

Tipul de stațiune – 6271 – deluros de cvercete cu stejăreto-șleauri cu carpen, pe vale și treime inferioară de versant, cu soluri cenușii, Asperula-Asarum-Stelaria, Bs. Suprafața – 353,0 ha (7%) și categoria de bonitate superioară – 353,0 [1,2].

Tipul de pădure – 6211 - stejăreto-șleau de deal, Ps;

Tipul de sol – 1609 – (conform Amenajamentului 2020) - molisol cenușiu deschis nisipo-lutos;

Versant inferior frământat, expoziție NV, înclinație 26°, altitudine 135-190 m.

Comp. actuală – 1St2St2Go1Fr1Fr1Ca1Ca1Ju

Componenta-țel - 4St3Go1Fr1Ca1Ju

Subarboret: Corn Cls Dirm Pad.So.n /0.2 PE 0.2S mixt

Umiditatea medie a molisolului cenușiu deschis nisipo-lutos sub stejăreto-șleau de deal (parceta 12A) în perioada de vegetație 2025 (stratul 0-100 cm) a constituit: în luna martie – 41,08%; aprilie – 38,87%; mai – 37,03%; iunie – 29,54%; iulie - 26,79% și respectiv luna august – 19,62% [6], (figura 2).

Comparativ cu perioada de vegetație 2024: în luna martie – 38,00%; aprilie – 33,09%; mai – 31,03%; iunie – 31,60%; iulie - 21,87% și respectiv luna august – 17,76%.

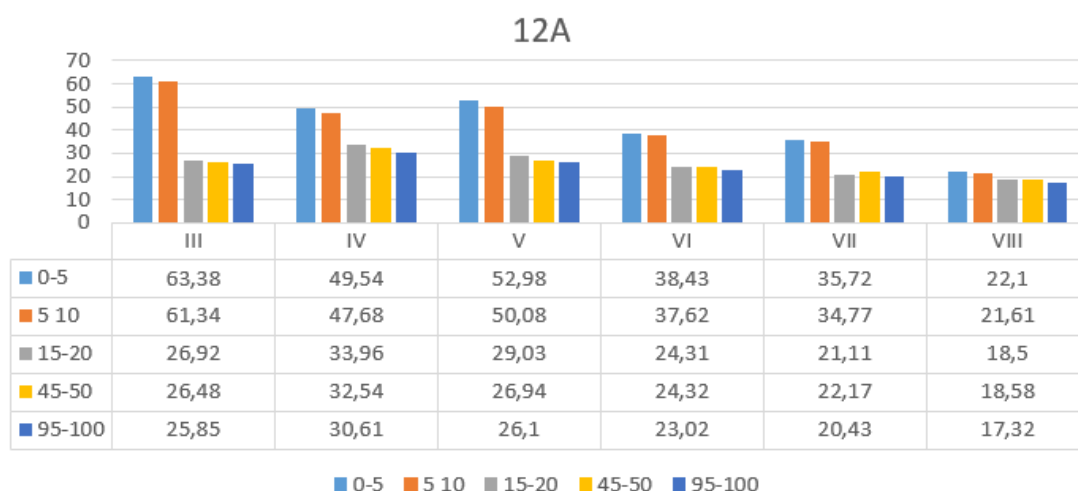


Figura 2. Dinamica umidității molisolului cenușiu deschis nisipo-lutos sub stejăreto-șleau de deal în perioada de vegetație 2025 (supr. probă 12 A, % față de solul uscat la 105°C) [1]

În aceste suprafețe de probă au fost înregistrate următoarele temperaturi medii ale solului: În suprafața de probă 12A (molisol cenușiu deschis nisipo-lutos sub stejăreto-șleau de deal) în stratul 0-5 cm în luna martie – 6,9°C (0-5 cm), 6,4°C (95-100 cm); aprilie – 12,7°C (0-5 cm) – 9,8°C (95-100 cm); mai – 16,6°C (0-5 cm) – 14,3°C (95-100 cm); iunie – 24,4°C (0-5 cm) – 19,1°C (95-100 cm); iulie 26,9°C (0-5 cm) – 22,0°C (95-100 cm); august 25,8°C (0-5 cm) – 22,5°C (95-100 cm) (figura 3).

Comparativ cu perioada de vegetație 2024: martie – 6,9°C (0-5 cm), 7,5°C (95-100 cm); aprilie – 15,4°C (0-5 cm) – 12,3°C (95-100 cm); mai – 20,0°C (0-5 cm) – 16,1°C (95-100 cm); iunie – 25,7°C (0-5 cm) – 19,6°C (95-100 cm); iulie – 29,4°C (0-5 cm) – 23,0°C (95-100 cm); august – 27,2°C (0-5 cm) – 23,9°C (95-100 cm).

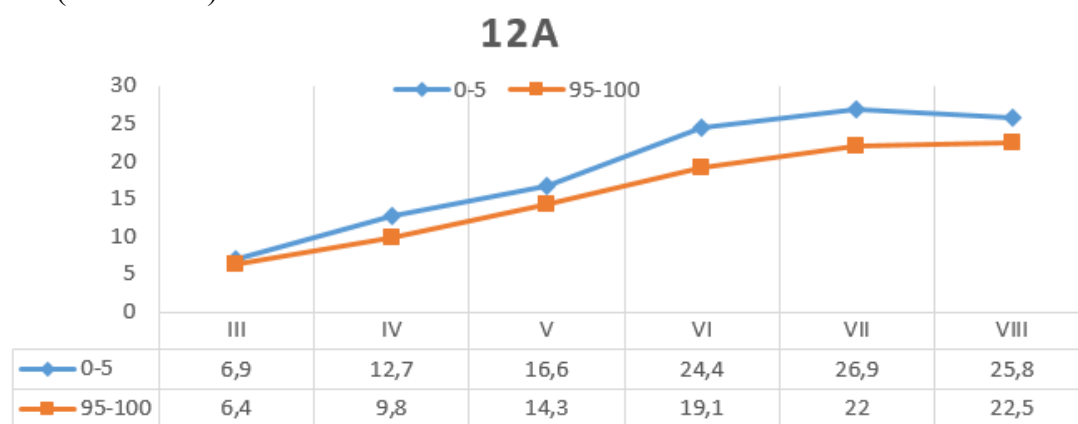


Figura 3. Temperatura molisolului cenușiu deschis nisipo-lutos sub stejăreto-șleau de deal în perioada de vegetație 2025 (supr. probă 12 A, ad. 0-5cm; 95-100 cm; °C) [1]

Suprafața de probă 12G

Tipul de stațiune - 6253 – deluros de cvercete cu fâgete de limită inferioară, amestecuri de șleau cu fag pe versanți umbriți cu soluri cenușii tipice, molice, brune luvace edafic mare cu *Asperula-Asarum*, Bs. Suprafața – 777,9 ha (15%) și categoria de bonitate superioară – 777,9.

Tipul de pădure - 5312 – șleau de deal cu gorun și fag, Ps;

Tipul de sol – 9401 (conform Amenajamentului 2020) – protosol aluvial argilos (soluri neevaluate);

Suprafața de probă cercetată se deosebește prin relieful accidentat și alunecări de teren fosile. Profilul pedologic (0-100 cm) a fost săpat pe o pantă cu înclinația 20°, expoziția nord-estică, altitudinea 150-250 m. Îvelișul de sol este neomogen. Efervescența – de la adâncimea de 8 cm.

Versant inferior frământat.

Comp. actuală – 1Fa1Go1Fr1Te1Ca3Fa1Go1Go

Compoența-țel - 3Fa4Go1Fr1Te1Ca

Natural fundamental producție superioară;

Subarboret: Corn Cls Dirm Pad. /0.1 PE 0.2S intim

Umiditatea medie a protosolului aluvial argilos sub șleau de deal cu gorun și fag (parceta 12G) în perioada de vegetație 2025 (stratul 0-100 cm) a constituit: **în luna februarie** – 38,61%; martie – 40,21%; aprilie – 32,87%; mai – 33,05%; iunie – 34,49%; iulie - 22,25% și respectiv în luna august – 18,85% (figura 4).

Comparativ cu perioada de vegetație 2024: în luna martie – 29,64%; aprilie – 37,59%; mai – 31,55%; iunie – 20,52%; iulie - 21,09% și respectiv în luna august – 18,38%.

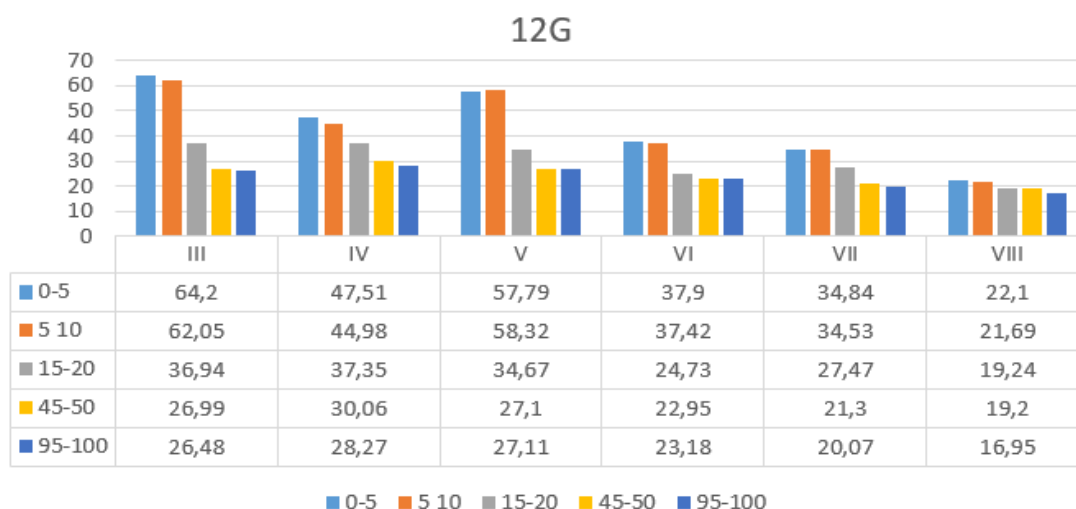


Figura 4. Dinamica umidității protosolului aluvial argilos sub șleau de deal cu gorun și fag în perioada de vegetație 2025 (supr. probă 12 G, % față de solul uscat la 105°C) [1]

Temperatura solului În suprafața de probă 12G (protosol aluvial argilos sub șleau de deal cu gorun și fag) în stratul 0-5 cm în luna martie – 6,7°C (0-5 cm), 6,3°C (95-100 cm); aprilie – 12,5°C (0-5 cm) – 9,6°C (95-100 cm); mai – 16,6°C (0-5 cm) – 14,5°C (95-100 cm); iunie – 24,7°C (0-5 cm) – 19,3°C (95-100 cm); iulie – 26,8°C (0-5 cm) – 22,2°C (95-100 cm); august – 25,5°C (0-5 cm) – 22,6°C (95-100 cm)), (figura 5).

Comparativ cu perioada de vegetație 2024, în acest tip de sol, în stratul 0-5 cm în luna martie – 6,7°C (0-5 cm), 7,3°C (95-100 cm); aprilie – 15,2°C (0-5 cm) – 12,1°C (95-100 cm); mai – 20,4°C (0-5 cm) – 16,5°C (95-100 cm); iunie – 25,6°C (0-5 cm) – 19,8°C (95-100 cm); iulie – 29,3°C (0-5 cm) – 22,9°C (95-100 cm); august – 27,0°C (0-5 cm) – 23,7°C (95-100 cm).

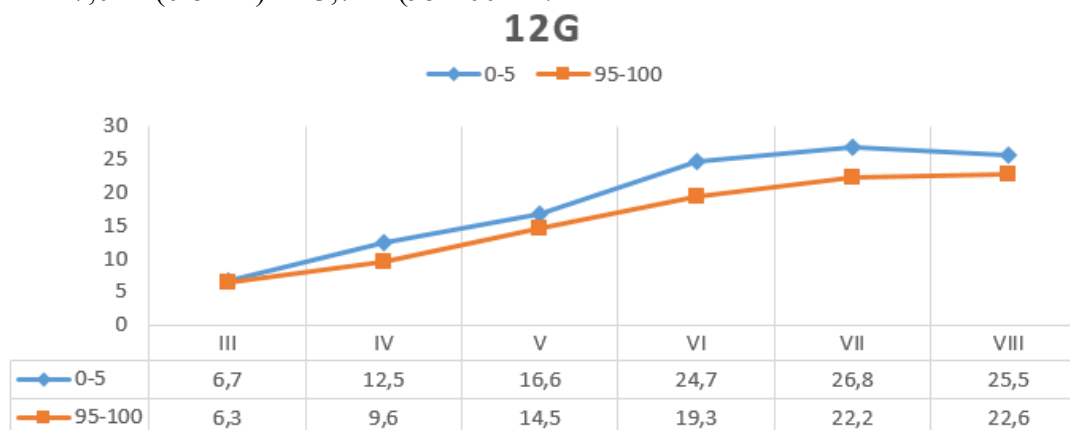


Figura 5. Temperatura protosolului aluvial argilos sub șleau de deal cu gorun și fag în perioada de vegetație 2025 (supr. probă 12 G, ad. 0-5cm; 95-100 cm; °C) [1]

Suprafața de probă 12F

Tipul de stațiune – 6253 – deluros de cvercete cu fâgete de limită inferioară, amestecuri de șleau cu fag pe versanți umbriți cu soluri cenușii tipice, molice, brune luvice edafic mare cu *Asperula-Asarum*, Bs. Suprafața – 777,9 ha (15%) și categoria de bonitate superioară – 777,9.

Tipul de pădure – 5311 – goruneto-șleau cu fag, Ps;

Tipul de sol – 1609 – (conform Amenajamentului 2020) - molisol cenușiu deschis argilo-lutos;

Partea superioară a versantului pe panta 20° a unui val mare de alunecări de teren cu expoziție nord-estică, altitudine 155 - 270 m deasupra nivelului mării. Efervescentă – de la adâncimea de 77 cm.

Denumirea solului - molisol cenușiu deschis argilo-lutos și argilos pe depozite subiacente puternic pseudogleizate (stagnic) argilo-lutoase și luto-argiloase.

Comp. actuală – 1Go1Go2Go1Fr1Fr1Te2Te1Ca

Componenta-țel - 5Go2Fa1Fr1Ca1Te

Subarboret: Corn Cls Dirm Pad.Mcs. /0.2 PE 0.2S mixt

Umiditatea medie a molisolului cenușiu deschis argilo-lutos sub goruneto-șleau cu fag (parceta 12F) în perioada de vegetație 2025 (stratul 0-100 cm) a constituit: în luna martie – 45,53%; aprilie – 37,78%; mai – 43,12%; iunie – 37,12%; iulie – 31,84% și respectiv în luna august – 19,69% (figura 6).

Comparativ cu perioada de vegetație 2024: martie – 38,1%; aprilie – 36,95%; mai – 34,74%; iunie – 28,44%; iulie – 25,40%; august – 17,20%.

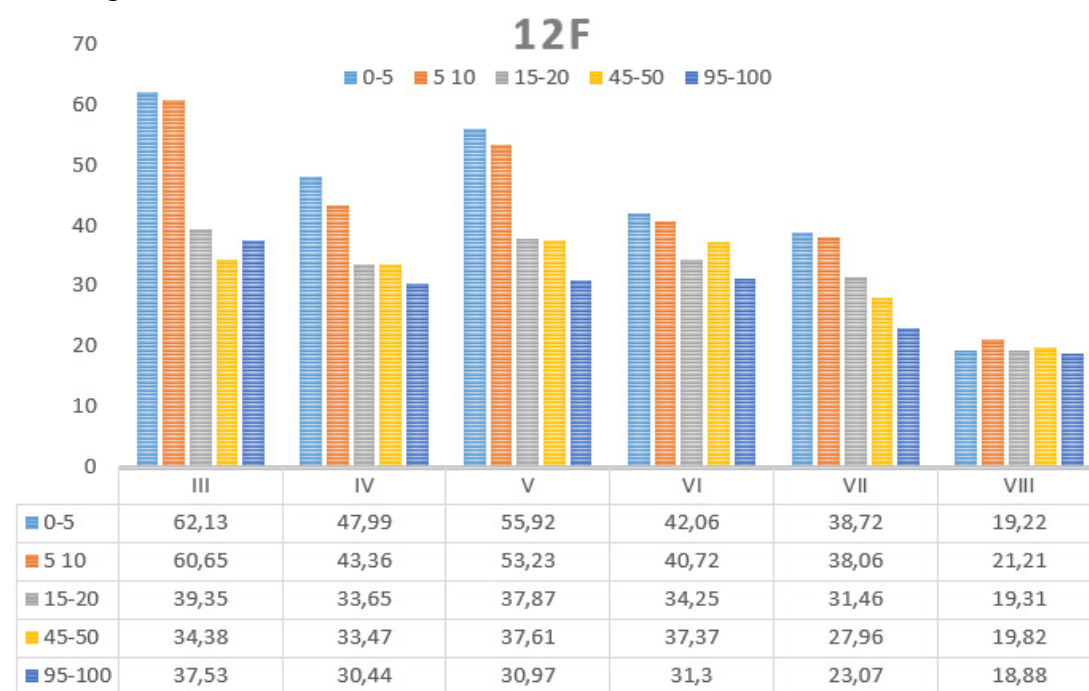


Figura 6. Dinamica umidității molisolului cenușiu deschis argilo-lutos sub goruneto-șleau cu fag în perioada de vegetație 2025 (supr. probă 12F, % față de solul uscat la 105° C) [1]

Temperatura solului în suprafața de probă 12F (sol cenușiu deschis argilo-lutos sub goruneto-șleau cu fag) în stratul 0-5 cm în luna martie – 6,5° C (0-5 cm), 6,2° C (95-100 cm); aprilie – 12,4° C (0-5 cm) – 9,5° C (95-100 cm); mai – 16,4° C (0-5 cm) – 14,4° C (95-100 cm); iunie – 24,6° C (0-5 cm) – 19,4° C (95-100 cm); iulie 26,6° C (0-5 cm) – 22,3° C (95-100 cm); august 25,4° C (0-5 cm) – 22,4° C (95-100 cm) (figura 7).

Comparativ cu perioada de vegetație 2024 în acest tip de sol, în stratul 0-5 cm în luna martie – 6,7° C (0-5 cm), 7,3° C (95-100 cm); aprilie – 15,2° C (0-5 cm) – 12,1° C (95-100 cm); mai – 20,4° C (0-5 cm) – 16,5° C (95-100 cm); iunie – 25,6° C (0-5 cm) – 19,8° C (95-100 cm); iulie – 29,3° C (0-5 cm) – 22,9° C (95-100 cm); august – 27,0° C (0-5 cm) – 23,7° C (95-100 cm).

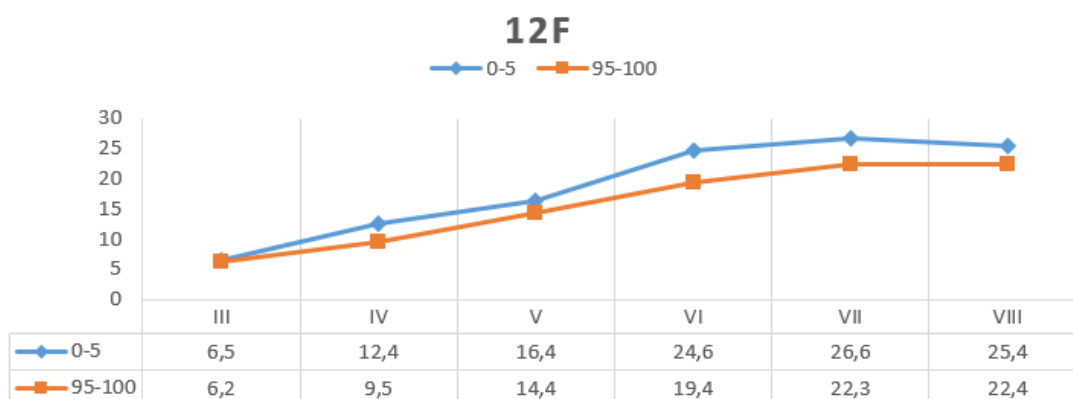


Figura 7. Temperatura molisolului cenușiu deschis argilo-lutos sub goruneto-șleau cu fag în perioada de vegetație 2025 (supr. probă 12F, ad. 0-5cm; 95-100 cm; °C) [1]

Suprafața de probă 12V

Tipul de sol (clasificare Ursu, 2006) - sol aluvial stratificat.

Solul aluvial stratificat s-a format în condiții preponderent subacvale. Ocupă lunca din parcela 12. Profilul solului este foarte diferit, construcția morfologică are caractere gleice. Altitudine 146 m.

Caracterizarea morfologică:

Lunca rezervației, vegetație hidrofilă, depresiune, altitudinea 146 m;

I - 0-13 cm, negru, slab structurat, la suprafață albicios, umed, argilos;

II - 13-44 cm, cenușiu cu pete ruginii, nestructurat, umed, argilos;

III - 44-67 cm, cenușiu-brun, neomogen, cu pete ruginii, argilos;

IV - 67-92, brun, neomogen cu pete ruginii și cenușii, argilos, gleic;

V - 92-115, gălbui, neomogen, pestriț, argilos;

Profilul este neevident stratificat, fără structură, argilos preponderent anaerob. Profilul este slab humifer, stratul de la suprafață este slab turbificat. În stare uscată suprafața este albicioasă. Efervescenta lipsește, reacția solului este neutră.

Umiditatea medie a solului aluvial stratificat (parcela 12V) în perioada de vegetație 2025 (stratul 0-100 cm) a constituit: în luna martie – 37,75%; aprilie – 31,05%; mai – 31,48%; iunie – 27,24%; iulie - 24,81% și respectiv în luna august – 15,35% (figura 8).

Comparativ cu perioada de vegetație a anului 2024 (stratul 0-100 cm) a constituit: martie – 31,35%; aprilie – 30,80%; mai – 24,63%; iunie – 29,09%; iulie - 18,55% și respectiv în luna august – 17,13%.

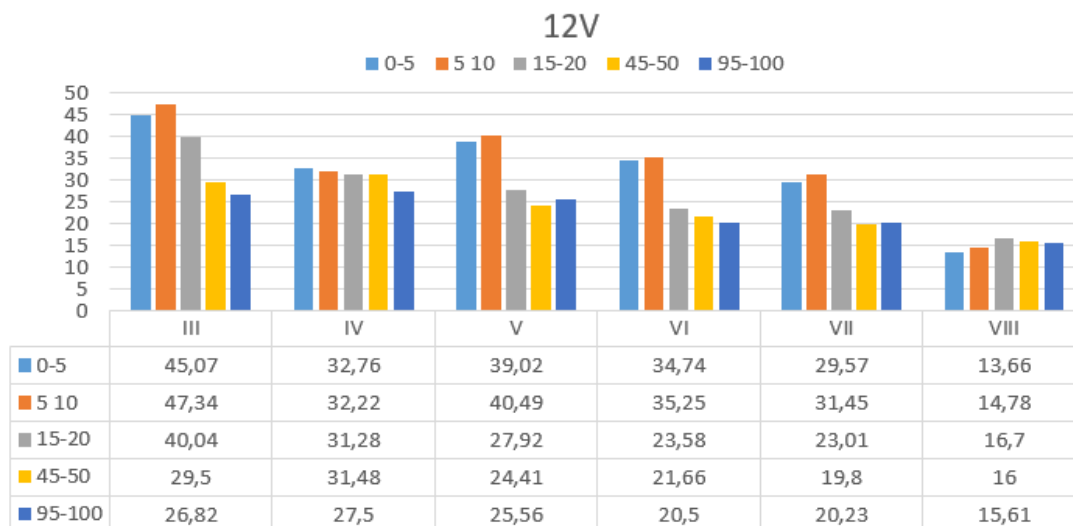


Figura 8. Dinamica umidității solului aluvial stratificat din lunca rezervației în perioada de vegetație 2025 (supr. probă 12V, % față de solul uscat la 105°C) [1]

Temperatura solului în suprafața de probă 12V (sol aluvial stratificat) în stratul 0-5 cm în luna martie – 6,7° C (0-5 cm), 6,4° C (95-100 cm); aprilie – 12,6° C (0-5 cm) – 9,6° C (95-100 cm); mai – 16,7° C (0-5 cm) – 14,6° C (95-100 cm); iunie – 24,8° C (0-5 cm) – 19,5° C (95-100 cm); iulie – 26,7° C (0-5 cm) – 22,5° C (95-100 cm); august – 25,6° C (0-5 cm) – 22,6° C (95-100 cm) (figura 9).

Iar comparativ cu perioada respectivă a anului 2024 temperatura solului în acest tip de sol, în stratul 0-5 cm în luna martie – 6,8° C (0-5 cm), 7,3° C (95-100 cm); aprilie – 15,2° C (0-5 cm) – 12,1° C (95-100 cm); mai – 20,3° C (0-5 cm) – 16,0° C (95-100 cm); iunie – 26,1° C (0-5 cm) – 19,9° C (95-100 cm); iulie – 29,2° C (0-5 cm) – 22,8° C (95-100 cm); august – 27,2° C (0-5 cm) – 23,6° C (95-100 cm).

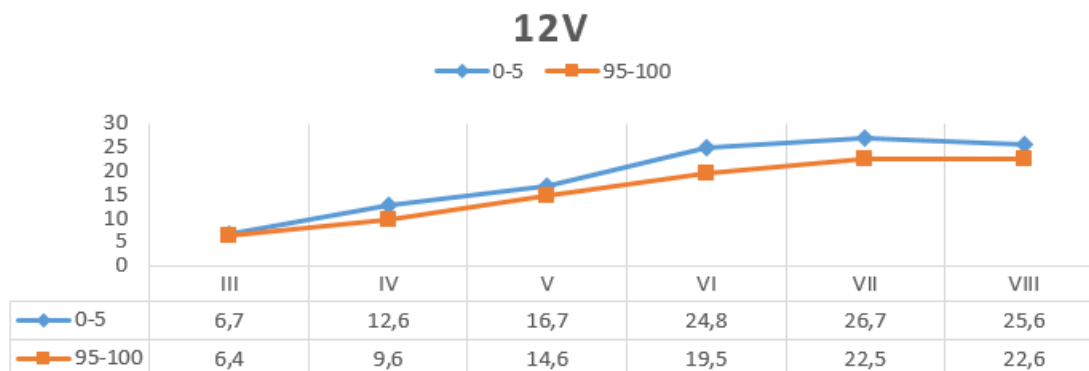


Figura 9. Temperatura solului aluvial stratificat din lunca rezervației în perioada de vegetație 2025 (supr. probă 12V, ad. 0-5cm; 95-100 cm; °C) [1]

Tabelul 4.5. Dinamica umidității solului în perioada de vegetație a anului 2025 (suprafețe de probă, % față de solul uscat la 105° C) [1]

nr. supr. probă	ad.recolt. prob. sol	Umiditatea medie a solului					
		III	IV	V	VI	VII	VIII
Molisol cenușiu deschis nisipo-lutos sub stejăreto-șleau de deal							
12 A	0-5	63,38	49,54	52,98	38,43	35,47	22,10
	5-10	61,34	47,68	50,08	37,62	34,77	21,61
	15-20	28,42	33,96	29,03	24,31	21,11	18,50
	45-50	26,48	32,54	26,94	24,32	22,17	18,58
	95-100	25,85	30,61	26,10	23,02	20,43	17,32
Media		41,09	38,87	37,03	29,54	26,79	19,62
Protosol aluvial argilos sub șleau de deal cu gorun și fag							
12G	0-5	64,20	47,51	57,79	37,90	34,84	22,10
	5-10	62,05	44,98	58,37	37,67	34,53	21,69
	15-20	36,94	37,35	34,67	24,73	27,47	19,24
	45-50	26,99	30,80	27,1	22,95	21,30	19,20
	95-100	26,48	28,27	27,11	23,18	20,07	16,95
Media		43,33	37,78	41,01	29,29	27,64	19,84
Molisol cenușiu deschis argilo-lutos sub goruneto-șleau cu fag							
	0-5	62,14	47,99	55,92	42,06	38,72	19,22
	5-10	60,65	43,36	53,23	40,72	38,06	21,21
	15-20	39,35	33,65	37,87	34,25	31,46	19,31
	45-50	34,38	33,47	37,61	37,37	27,96	19,82
	95-100	31,15	30,44	30,97	31,30	23,07	18,88

Media		45,53	37,78	43,12	37,14	31,85	19,69
Aluvial stratificat din lunca Rezervației							
	0-5	45,07	32,76	39,02	35,19	29,57	13,66
	5-10	47,34	32,22	40,49	35,25	31,45	14,78
	15-20	40,04	31,28	27,92	23,58	23,00	16,70
	45-50	29,50	31,48	24,41	21,66	19,80	16,00
	95-100	26,82	27,50	25,56	20,50	20,23	15,61
Media		37,75	31,05	31,48	27,24	24,81	15,35

Pe parcursul perioadei de vegetație a anului 2025 cel mai mare procent de umiditate al solului a fost înregistrat în toate suprafețele de probă cercetate: în luna martie, media – 42,00% și respectiv în luna mai – 38,2%, când au căzut și cele mai multe precipitații atmosferice -175,4 mm (*figura 10*). Valorile acestui indice sunt mari în stratul de la suprafață – 0-5 și 5-10 cm. În straturile inferioare procentul de umiditate scade brusc, fiind absorbit intens de vegetația forestieră. Cel mai mic procent de umiditate al solului a fost înregistrat în luna august în toate suprafețele de probă, media fiind 18,6%, însă mai mare comparativ cu perioada respectivă a anului 2024 - 17,71% (*figura 11*). Cele mai puține precipitații au căzut în perioada de vegetație în lunile iunie și august – 8,6 mm și respectiv 11,1 mm. Cele mai înalte temperaturi ale aerului au fost înregistrate în lunile iulie și august, media – 22,5⁰ și respectiv 20,6⁰. Iar ale solului, media – 26,9⁰ (0-5 cm) și respectiv 22,0 (95-100 cm) în luna iulie.

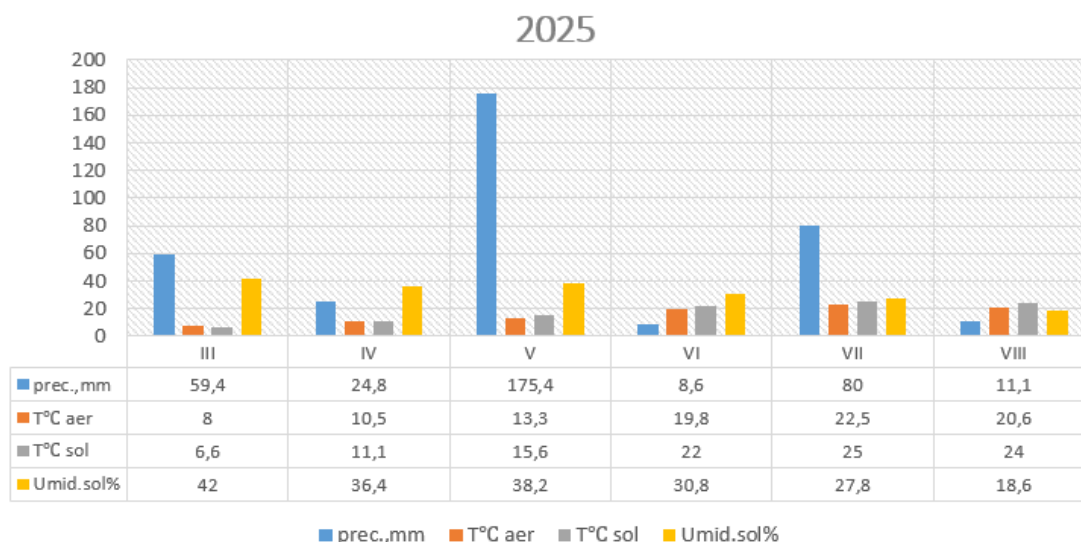


Figura 10. Corelația dintre umiditatea și temperatura solului, temperatura aerului și cantitatea de precipitații atmosferice în perioada de vegetație a anului 2025 [1]

Unele constatări pe parcursul perioadei de vegetație 2025:

Pe parcursul perioadei de vegetație cel mai mic procent de umiditate – 8,91% a fost înregistrat pe data de 28 august 2025 în solul aluvial stratificat din lunca rezervației – 12V- (0-5 cm) și respectiv 15,07% (95-100 cm). Cel mai mare procent de umiditate – 73,64% a fost înregistrat pe data de 6 martie 2025 în molisolul cenușiu deschis nisipo-lutos sub stejăreto-șleau de deal – 12A- (0-5 cm) și respectiv 27,02% (95-100 cm).

Cele mai joase temperaturi la suprafața solului – -11⁰ pe data de 22 februarie 2025 și respectiv 3,2⁰ (95-100 cm). Temperatura maximală la suprafața solului – 62⁰, a fost înregistrată pe Platforma Stației Me-teo pe data de 3 și respectiv 31 august 2025.

* * *

Zona de vulnerabilitate a stațiilor forestiere din Rezervație față de secetă este redată prin utilizarea Indicelui de Ariditate De Martonne [4], calculat după formula:

IDM = $P/(T+10)$, unde:

P – suma anuală a precipitațiilor atmosferice, mm - 543,6;

T – media anuală a temperaturii aerului, °C - 10,9;

Gradul de ariditate al suprafețelor cercetate, conform indicelui De Martonne, în anul 2025 a constituit 26,0. Valorile acestui indice corespund condițiilor climatice ale zonei de stepă cu un nivel de vulnerabilitate înalt cu tulburări de durată ale umidității și o climă moderat aridă.

În anul 2024 a constituit 29,9. În anul 2023 - 20,2; în anul 2022 - 20,5, iar 2021 - 38,1.

Concluzii

Luând în considerare cercetările efectuate, putem considera că solurile Rezervației corespund caracteristicilor unui sol sănătos. Porozitatea mică din aceste soluri permit ascensiunea capilară a apei din straturile mai adânci ale solului pentru a ajunge la arbori și arbuști. Porozitatea mare asigură prezența unui nivel suficient de oxigen în sol pentru a asigura activitatea biologică a solului.

Solurile cercetate sunt bine structurate, activitatea microorganismelor este intensă în favoarea descompunerii rapide a frunzelor și resturilor vegetale, rezultând în final în humus.

Rădăcinile arborilor adânci și bine ramificate ne indică, de asemenea, că structura solului este bună, iar nutrienții minerali elemente, foarte importante pentru o bună dezvoltare a rădăcinilor, sunt disponibili în primii 25 cm ai solului.

Gradul de ariditate al suprafețelor cercetate, conform indicelui De Martonne, în anul 2025 este de 26,0. Valorile acestui indice corespund condițiilor climatice ale zonei de stepă cu un nivel de vulnerabilitate înalt cu tulburări de durată ale umidității și o climă moderat aridă.

Bibliografie:

1. Agenția „Moldsilva”, Rezervația „Codrii”, *Analele Naturii, Lozova*, 2026, 91p.
2. Agenția „Moldsilva”, *Amenajamentul Rezervației Naturale „Codrii”*, Chișinău, 2020. V.1, 264p.V.II, 516p,
3. BARCARI ECATERINA. Corelația dintre condițiile climatice și regimul hidrotermic al solurilor din Rezervația „Codrii” în perioada de vegetație a anului 2020 // Simpozion științific internațional Consacrat aniversării a 50 ani de la fondarea Rezervației „Codrii”, *Conservarea Diversității biologice – o șansă pentru remedierea ecosistemelor*, Lozova, 24-25 septembrie, 2021. p. 14-24. CZU 631.4:502.72(478) ISBN 978-9975-72-585-9
4. NEDEALCOV MARIA, DONICA ALA. Evaluări privind impactul secetei asupra speciilor de stejar (*Quercus robur*, *Q.petraea*, *Q.pubescens*) în condiții de aridizare a climei // *Starea actuală a componentelor de mediu*. Chișinău, 2019, p. 236-243. CZU: 551.577.38:582.632.2:630 <https://doi.org/10.53380/9789975315593.27>
5. URSU ANDREI, *Raioanele pedogenetice și particularitățile regionale de utilizare și protejare a Solurilor*, Chișinău, 2006, 232p. ISBN 978-9975-62-035-2
6. URSU ANDREI, BARCARI ECATERINA. *Solurile Rezervației „Codrii”*. Chișinău, 2011, 81p. ISBN 978-9975-62-283-7

Date despre autori:

Ecaterina BARCARI, doctor în biologie, colaborator științific coordonator, Rezervația „Codrii”.

E-mail: ecaterina.barcari1960@gmail.com.

Tatiana NAGACEVSCHI, doctor în biologie, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID ID: 0000-0002-2897-4785

E-mail: tatiana.nagacevschi@usm.md

Prezentat: 01.03.2026

Recenzat: 30.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

RESEARCH ON THE GENUS *CLINOPodium* L. THROUGH THE PRISM OF MODERN SCIENTIFIC METHODOLOGY

Alina BOGDAN,
Moldova State University

This study aims to examine the theoretical foundations and methodological framework applied in the study of the biomorphological characteristics and essential oil content in species of the genus *Clinopodium* L., which are recognized for their applications in the pharmaceutical industry, aromatherapy, phytotherapy and gastronomy. The study integrates a comprehensive set of approaches, including systematic classification, the introduction and conservation of biological material under both *ex situ* and *in situ* conditions, developmental biology analysis, the assessment of morphological and anatomical traits, the dynamics of essential oil accumulation and detailed phytochemical analyses. In addition, propagation strategies are evaluated with the objective of developing a standardized cultivation protocol suitable for industrial-scale production. The integration of classical and contemporary methodologies, selected in accordance with the specific research objectives, enables a thorough and coherent assessment of the biological and phytochemical potential of the investigated species.

Keywords: research, *Clinopodium*, conservation, biological phenomenon, method, introduction, species, technique.

CERCETAREA GENULUI *CLINOPodium* L. PRIN PRISMA METODOLOGIEI ȘTIINȚIFICE MODERNE

Prezenta lucrare vizează analiza fundamentului teoretic și al cadrului metodologic științific aplicat în studiul particularităților biomorfologice și a conținutului de ulei volatil la speciile genului *Clinopodium* L., recunoscute pentru valoarea lor aplicativă în industria farmaceutică, aromaterapie, fitoterapie și gastronomie. Studiul integrează un complex de metode de investigare, incluzând încadrarea sistematică, introducerea și conservarea materialului biologic din condiții *ex situ* în *in situ*, analiza biologiei dezvoltării, evaluarea caracterelor morfologice și anatomo-morfologice, determinarea dinamicii uleiului volatil, precum și investigații fitochimice. De asemenea, sunt analizate metodele de multiplicare a speciilor, în vederea elaborării unei fișe tehnologice de cultivare pe suprafețe industriale. Aplicarea metodelor clasice și moderne, selectate în funcție de obiectivele specifice ale cercetării, permite o evaluare complexă și coerentă a potențialului biologic și fitochimic al speciilor studiate.

Cuvinte-cheie: cercetare, *Clinopodium*, conservare, fenomen biologic, introducere, metodă, specie, tehnică.

Introduction

Biology, as the science of life, is based on the observation, analysis, and interpretation of biological phenomena, with the aim of elucidating the mechanisms that govern the structure and functioning of living organisms [4]. The quality and scientific value of research are largely determined by the degree of methodological rigor applied throughout the investigative process. Scientific research comprises a system of logical, empirical and conceptual approaches that facilitate the generation of valid, reproducible and reliable knowledge [7].

In the context of a doctoral thesis in the biological sciences, the research methodology constitutes a fundamental component, requiring a detailed presentation of the methods and techniques employed to achieve the research aim and objectives. Moreover, it provides the framework for testing the proposed hypotheses and ensuring the validity of the experimental outcomes. A clear and detailed description of the applied methods, interpretation of the obtained data and statistical processing of the results are essential for maintaining scientific transparency and for enabling the reproduction of experiments by other researchers.

At the initial stage of the research, the identification and formulation of the methodological framework require a clear definition of the scientific problem, grounded in a critical and comprehensive review of the relevant literature. In this context, the genus *Clinopodium* L. is of particular interest from both fundamental

and applied perspectives, encompassing aromatic and medicinal species, both native and introduced, characterized by a complex profile of biologically active compounds, particularly essential oils. According to data reported in the specialized literature, these species are utilized across multiple sectors of the national economy, including the pharmaceutical industry, phytotherapy, aromatherapy and gastronomy.

From an ecological standpoint, species of the genus *Clinopodium* L. exhibit a high adaptive capacity to the pedoclimatic conditions of the Republic of Moldova. Besides, an assessment of the scientific novelty indicates that, under local conditions, no comprehensive studies have been conducted to evaluate the aromatic, medicinal, phytochemical, melliferous and technological potential of this genus. In this regard, the present research is directed toward the identification, acclimatization and recommendation of suitable species for sustainable cultivation, particularly in the context of climate change, with an emphasis on taxa demonstrating enhanced drought tolerance.

The study of the genus *Clinopodium* L. requires an integrated methodological approach combining botanical, phytochemical, ecological and technological analyses [6]. A rigorous methodological framework is essential for generating reliable and comparable data, supporting the scientific basis for the establishment of these species as valuable plant resources. This interdisciplinary approach aims not only to advance knowledge of *Clinopodium* L. but also to guide strategic directions for its sustainable utilization.

These considerations underscore the pivotal role of scientific research in supporting environmentally sustainable, competitive agricultural systems, aligned with national and European strategic priorities. The anticipated results are expected to make a significant contribution to expanding current knowledge of the aromatic and therapeutic potential of the genus *Clinopodium* L., diversifying the range of medicinal plants cultivated organically in the Republic of Moldova, and promoting contemporary directions in sustainable rural development and bioeconomy.

Applied Methods and Materials

The research is supported by a robust theoretical and methodological framework, enabling a comprehensive analysis of species within the genus *Clinopodium* L., integrating fundamental aspects – ecological, systematic, morphological, anatomical and phytochemical [2] and applied ones, such as ecological cultivation, economic valorization and promotion of sustainable development [11,12].

The research will be conducted within the “Plant Resources” Laboratory of the Botanical Garden, with experimental trials established within the aromatic plant collection-exhibition. Three species of the genus *Clinopodium* L., present in both *ex situ* collections and the spontaneous flora of the Republic of Moldova, served as research subjects. Phenological observations and biomorphological studies will be conducted on 25 plants at three-day intervals throughout the entire growing season, following established methodologies [10]. During these observations, key climatic parameters, including air temperature, precipitation and humidity, will be taken into account. Morphological analyses will be performed on 10 normally developed plants [8], and the ontogenetic stages and life periods of the plants will be clearly delineated.

Herbage yield will be determined during the full flowering stage of the plants. For this purpose, the herbage will be harvested from an area of 1-3 m² in 2 repetitions.

Essential oil extraction will be carried out using the steam distillation method, employing a Clevenger-type hydrodistillation apparatus [3], which is a standardized hydrodistillation technique used for obtaining and quantitatively determining essential oils from plant material. The Clevenger EIDG-002-001 apparatus separates the oil through boiling, condensation and continuous decantation, being considered the official standard for quality control, with direct heating and rigorous monitoring of operating parameters.

The chemical composition of the essential oil will be determined by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS), using an Agilent Technologies 6890N gas chromatograph connected to a 5975 inert XL Mass Selective Detector [1]. This is a modern method for extracting volatile compounds without distillation, in which volatile compounds are adsorbed onto a fiber and subsequently analyzed by GC-MS. No solvents are used; the method is rapid and sensitive, making it ideal for highly volatile compounds. Such modern techniques constitute the core methodology for the analysis of *Clinopodium* essential oil, enabling both quantitative determination and identification of individual constituents. Complementary

approaches, including HPLC, FT-IR, NMR and SPME, provide detailed chemical characterization, yielding insights into the structure and complex composition of the volatile oils.

The essential oil and plant extracts of *Clinopodium* will also be tested for insecticidal and aphid-repellent activities, as documented in the literature [5].

The type and distribution of essential oil secretory structures across plant organs will be determined using both temporary and permanent preparations [9].

A part of the investigations will be carried out in collaboration with national and international research centers and institutions, ensuring high accuracy and comparability of results. Depending on the research objectives, a quantitative experimental design will be adopted, incorporating elements of comparative and explanatory analysis. This experimental approach allows for the investigation of underlying biological processes and the testing of hypotheses within a controlled and reproducible framework.

Obtained Results and Discussions

Scientific research in the natural sciences, with a particular focus on aromatic and medicinal plants, necessitates the application of a broad spectrum of interdisciplinary methodologies that enable an integrated and multidimensional understanding of biological processes. In this context, the present study combines documentary analysis, which provides theoretical grounding based on both classical and contemporary concepts in plant systematics, with an examination of the taxonomic position of the genus *Clinopodium* L. within the family Lamiaceae, alongside theoretical perspectives on the ontogeny and development of the investigated species.

A central focus of this research is the assessment of plant – environment interactions and the adaptive capacity of newly introduced *Clinopodium* L. species under the pedoclimatic conditions of the Republic of Moldova, approached as a complex, experimental and comparative process. This evaluation integrates a comprehensive set of ecological, morphological, physiological and biochemical indicators, providing a holistic view of plant responses to environmental factors and their acclimatization potential.

The investigative approach aims to determine the degree of adaptability of introduced *Clinopodium* species to climatic conditions (temperature regime, precipitation distribution and the frequency and intensity of drought events) and edaphic conditions (soil type, soil pH and fertility level), and to compare them with native species, used as biological controls. In this context, assessment is performed through experimental cultivation of the species under controlled and comparable conditions over three consecutive growing seasons, allowing the evaluation of the stability of adaptive responses under variable climatic conditions.

The research methodology employs a comprehensive set of indicators. Morphological indicators reflect the structural adaptation of plants and include parameters such as plant height, number of shoots, leaf area and accumulated vegetative biomass. Phenological indicators enable evaluation of the synchronization of the biological cycle with environmental conditions, through analysis of the onset of vegetation, flowering period and duration of the development cycle. Physiological indicators reveal the functioning of the metabolic apparatus and the capacity to respond to stress, measured through parameters such as photosynthetic activity, tissue water content and resistance to water stress. Furthermore, biochemical indicators, particularly relevant for aromatic plants, focus on quantifying essential oil content and analyzing its chemical composition, reflecting the level of secondary metabolism expression.

The integration of these indicator categories enables the establishment of functional relationships between environmental factors and the biological responses of plants, facilitating the identification of adaptation mechanisms and the ecological limits of the studied species. A *Clinopodium* L. species is considered well-adapted when it exhibits normal and complete development, progresses through all phenological stages in accordance with local conditions, demonstrates high tolerance to abiotic stressors (particularly drought and extreme temperatures) maintains stable and high productivity, and preserves a significant content of essential oil with a chemical composition suitable for practical applications.

This methodological framework provides a scientific foundation for the acclimatization and cultivation of *Clinopodium* L. species, contributing to the expansion of aromatic plants adapted to local pedoclimatic conditions and supporting the development of sustainable and efficient agricultural systems.

Furthermore, the research integrates phytochemical concepts and methods that are essential for the quantitative and qualitative assessment of bioactive compounds, particularly for determining essential oil content. The essential oil content of *Clinopodium* L. species is quantified using hydrodistillation, a classical pharmacopeial technique recognized for its accuracy and reproducibility, with results expressed as a percentage of the dry plant material. This approach ensures the extraction of a representative volatile fraction, forming the basis for comparative evaluation of the phytochemical potential of the studied species. Comparative analyses of the essential oil content of native and introduced species allow assessment of the influence of ecological and genetic factors on the biosynthesis of secondary metabolites. Observed differences in essential oil yield and composition may reflect both species adaptation to local pedoclimatic conditions and intraspecific genetic variation, expressed as distinct chemotypes. Notably, essential oil accumulation can vary widely – from less than 0.1% to several percent, depending on species, environmental conditions and the developmental stage of the plant.

In parallel, the research involves the development of preliminary cultivation protocols for *Clinopodium* L. species, adapted to the pedoclimatic conditions of the Republic of Moldova. These protocols include identifying the optimal sowing or planting time, determining the optimal planting density, selecting propagation methods (either generative – through seeds or vegetative), optimizing irrigation and fertilization regimes, and establishing the necessary agronomic practices for crop maintenance, including weed control.

A novel aspect of this study is the first-time application of naturally derived biostimulators, including cyanobacteria, in the cultivation technology of *Clinopodium* L. species. The use of these biostimulators aims to evaluate their influence on seed germination, plant growth and development, and the metabolic quality of the resulting biomass. According to the literature, naturally derived biostimulators enhance physiological and metabolic processes, stimulate vegetative growth, increase plant resistance to abiotic stressors (particularly drought and extreme temperatures) and promote the accumulation of secondary metabolites, including essential oils. Therefore, integrating these biostimulators into cultivation practices has the potential to increase both productivity and the quality of plant raw material while strengthening the adaptive capacity of the studied species to environmental conditions.

Methodologically, the research is based on the combined application of classical and modern approaches, selected according to the specific objectives of the study. Botanical methods, including phenological observations, biomorphological descriptions and ontogenetic stage analyses, enable the assessment of adaptive potential, the characterization of biomorphological traits and the determination of vegetative periods of the studied species. Applied ecological methods contribute to evaluating the tolerance of the species to abiotic and biotic factors, assessing the process of introduction and adaptation under local pedoclimatic conditions, and determining the feasibility of large-scale cultivation in the context of climate change. Anatomical methods involve the use of optical microscopy for the identification and localization of secretory structures producing essential oils, as well as their quantitative evaluation.

Phytochemical approaches include the determination of the essential oil content through hydrodistillation. Determining the patterns of essential oil accumulation holds considerable theoretical and practical significance. From a theoretical perspective, such studies elucidate the mechanisms underlying essential oil biosynthesis in plants. The theoretical importance of such studies lies in their ability to explain the processes of essential oil biosynthesis in plants. The practical significance, on the other hand, lies in identifying the phenological stage, specific organ and plant age at which the maximum amount of essential oil is synthesized, thereby enabling the development of harvesting recommendations for plants with the highest essential oil content.

The significance and identity of aromatic plants are reflected in the chemical composition of their essential oils, which have applications across various industries. The biosynthesis of these compounds determines the characteristic features of each plant species and is influenced by both genetic factors and pedoclimatic conditions. These factors can affect not only the quality but also the proportion of chemical constituents present in the oil. Accordingly, in this study, the chemical composition will be analyzed using gas chromatography (GC) or gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS).

Testing hydroalcoholic extracts and the essential oil obtained from the studied species allows the evaluation of their biological potential in controlling diseases and pests, indicating possible insecticidal activity.

The obtained experimental data will be systematically collected and recorded, and subsequently subjected to comparative analysis among the investigated species, with the aim of identifying those with superior potential for utilization across various sectors of the national economy. Statistical processing of the data, performed using quantitative methods with specialized software (e.g., Excel, SPSS, R), will enable validation of the results and the identification of significant differences between experimental variants. The results will be presented in the form of tables, graphs and diagrams, as well as chromatograms accompanied by narrative interpretations, facilitating their correlation with data reported in the specialized literature.

Conclusions

The rigorous application of scientific methodology in the development of a doctoral thesis in biology, speciality – botanics, focused on the study of aromatic species of the genus *Clinopodium* L., underscores the necessity of an integrated and comprehensive approach that combines modern techniques in ecological, morphological, anatomical and phytochemical analysis. This approach enables the demonstration of both the fundamental and applied significance of the research findings, by highlighting the economical and ecological potential of the investigated species.

A comprehensive evaluation of the effects of ecological and biological factors on the studied species is an essential element in determining their capacity to adapt to new environmental conditions, providing a solid foundation for their acclimatization and cultivation in the Republic of Moldova. In the current context of climate change, characterized by an increasing frequency of abiotic stress events, these species may represent viable alternatives for diversifying agricultural systems.

Data reported in the international literature confirm that *Clinopodium* L. species are distinguished by a significant content of essential oils, enhanced tolerance to drought conditions and natural resistance to pathogens and pests. These biological and phytochemical traits support their agronomic value and relevance for the development of sustainable cultivation technologies.

The integration of cyanobacteria into agricultural practice represents an innovative, organic approach that contributes to soil fertility improvement and increased plant productivity. Through their ability to fix atmospheric nitrogen, synthesize bioactive compounds and stimulate stress-resistance mechanisms, cyanobacteria have proven particularly effective in optimizing growth and development processes, including in *Clinopodium* L. species.

The results obtained in this study demonstrate the high potential of the investigated species for integration into sustainable and resilient agricultural systems, contributing to the diversification and strengthening of plant resource bases. They also highlight the capacity of these plants to maintain both productive and qualitative performance under variable pedoclimatic conditions.

Implementation of these research conclusions may generate multiple benefits, both economically and ecologically, through the diversification of aromatic and medicinal plant assortments with valuable species.

Overall, this study demonstrates that aromatic species of the genus *Clinopodium* L. are not only valuable components of native and introduced biodiversity but also serve as an effective experimental model for investigating plant – environment adaptation mechanisms, the biosynthesis of secondary metabolites (essential oils) and interactions with natural biostimulators such as cyanobacteria. By integrating ecological, physiological and phytochemical insights, this research provides a robust scientific foundation for developing sustainable, resilient and innovative agricultural strategies capable of making the best use of the economic, ecological and biochemical potential of aromatic plants.

Bibliography:

1. ADAMS, R. *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry*. 2017, 4.1 edition. Allured Publishing.
2. CALALB, Tatiana., NISTREANU, Anatolie. *Botanica Farmaceutică. Compendiu pentru lucrări de laborator*. Editura Print-Caro SRL, Chișinău, 2021, 264 p., ISBN 978-9975-82-222-0

3. CLEVENGER, J. F. *Apparatus for Volatile Oil Determination, Description of New Type. The Journal of the American Pharmaceutical Association*, 1928, 17, p. 345–349
4. ENĂCHESCU, Constantin. *Tratat de teoria cercetării științifice*. Editura Polirom, Iași, 2007.ed.II, 480 p. ISBN 978-973-46-0410-4
5. HAÏFA, Debbabi , RIDHA, El Mokni (2020) Chemical Composition, Antifungal and Insecticidal Activities of the Essential Oils from Tunisian *Clinopodium nepeta* subsp. *nepeta* and *Clinopodium nepeta* subsp. *Glandulosum*. *Molecules* 25(9):2137. doi: 10.3390/molecules25092137
6. MAMALIGA, Vasile., ȚURCAN, Rina. *Metodologia cercetării științifice: Note de curs*. Editura „Tehnica-UTM”, Chișinău 2022, 100 p. ISBN 978-9975-45-790-3.
7. PREDOIU, Alexandra. *Metodologia cercetării științifice: Aplicații practice și elemente de statistică neparametrică*. Editura Discobolul, București, 2020, 206 p. ISBN 978-606-798-095-0.
8. SPARKS, T. *European cooperation in plant phenology*. 2009. https://www.researchgate.net/publication/242676714_European_cooperation_in_plant_phenology
9. TOMA, C. (1998) *Anatomia plantelor medicinale. Atlas*, Ed. Academiei Române, București.
10. БЕЙДЕМАН И. Н. *Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ*. Москва: Наука, 1974. 280 с.
11. БОДРУГ Михай. *Дикорастущие эфирномасличные растения Молдавии*. Кишинев, “Штиинца”, 1981, 142 p.
12. БОДРУГ Михай. *Интродукция новых эфирномасличных растений в Молдове*. Кишинев, “Штиинца” 1993, 257 с., ISBN 5-376-01742-7

N. B.: The research was carried out with the support of the research Subprogram 010101 “Research and ex situ and in situ conservation of plant diversity in the Republic of Moldova”.

Data about author:

Alina BOGDAN, PhD student, researcher, Plant Resources Laboratory, „Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University.

ORCID: 0000-0002-2069-0454

E-mail: alinkabog90@gmail.com

Presented: 01.03.2026

Reviewed: 17.03.2026

Accepted for publication: 20.05.2026

CARACTERISTICILE BIOMORFOLOGICE ȘI DE PRODUCȚIE A SOIURILOR DE LAVANDĂ DUPĂ ÎNTINERIRE

**Violeta BUTNARAȘ,
Zinaida BALMUȘ,
Ludmila COTELEA,**

Universitatea de Stat din Moldova

Indicii caracterelor cantitative evaluate la soiurile de lavandă după întinerire ne-a permis caracterizarea și aprecierea fiecărui soi. Soiurile s-au manifestat cu talia plantelor (38,0 – 64,0cm), diametrul plantelor (45,3 – 78,0cm), numărul de tulpini florale per plantă (356 – 573 unități). La conținutul de ulei esențial în substanța uscată s-au evidențiat soiurile (Svetlana – 5,765 % și Alba 7 – 5,204%). Recolta de materie primă a constituit de la 0,9 t/ha până la 2,8 t/ha în funcție de soi, cu cei mai productivi indici s-au manifestat soiurile – clone: Svetlana (2,5 t/ha) și Alba 7 (2,1 t/ha). Randamentul soiurilor, hibrizilor evaluați este de la 7,9 kg/t la hibridul semi timpuriu Cr.13S-6-7 până la 21,7 kg/t la soiul cu maturizare tardivă Svetlana.

Cuvinte-cheie: soiuri-clone, lavandă, ulei esențial, substanță uscată, materie primă, randament.

BIOMORPHOLOGICAL AND PRODUCTION CHARACTERISTICS OF LAVENDER VARIETIES AFTER REJUVENATION

The evaluation of quantitative traits in lavender varieties after rejuvenation allowed the characterization and assessment of each variety. The varieties exhibited plant height ranging from 38.0 to 64.0 cm, plant diameter from 45.3 to 78.0 cm, and number of flowering stems per plant from 356 to 573 units. Regarding essential oil content in dry matter, the varieties Svetlana (5.765%) and Alba 7 (5.204%) stood out. The raw material yield ranged from 0.9 t/ha to 2.8 t/ha depending on the variety, with the highest productivity recorded in the clone varieties Svetlana (2.5 t/ha) and Alba 7 (2.1 t/ha). The yield of the evaluated varieties and hybrids ranged from 7.9 kg/t in the semi-early hybrid Cr.13S-6-7 to 21.7 kg/t in the late-maturing variety Svetlana.

Keywords: Clone varieties, lavender, essential oil, dry matter, raw material, yield.

Introducere

Una din sarcinile de bază propuse în domeniul ameliorării plantelor aromatice și medicinale este crearea materialului inițial rezistent la boli, secetă, ger și iernare, cu indici înalți ai caracterelor cantitative. Pe parcursul mai multor ani au fost efectuate cercetări privind evidențierea hibrizilor de lavandă ce provin de la diferite forme materne și fac parte din diferite grupuri de maturizare, se manifestă cu caractere cantitative valoroase, indici înalți ai heterozisului, pentru crearea de soiuri noi [1, 2, 17]. Căile de creare a soiurilor cu productivitate și calitate înaltă pot fi: selectarea individuală a genotipurilor de proveniență diferită, indici înalți a caracterelor biomorfologice; eliminarea din procesul de ameliorare a descendenților ne perspectiv; utilizarea fenomenului heterozis și producerea de hibrizi valoroși; selectarea hibrizilor cu indici înalți ai productivității [5, 6].

În Republica Moldova cercetările în vederea creării soiurilor de *Lavandula angustifolia* Mill. au început în anul 1956. Din anul 1996, continuă cercetările la această specie la Institutul de Genetică, actualmente Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al USM, unde au fost create, omologate și brevetate șase soiuri [20]. Soiurile create au un randament înalt al producției de inflorescențe și conținut sporit de ulei esențial, sunt distinctive după un șir de caractere cantitative și calitative. Dintre acestea pot fi menționate: dimensiunile plantei, caracterul pubescenței frunzelor, forma tufei, lungimea inflorescenței, culoarea corolei, lungimea spicului floral și a tijeii florale, numărul de tulpini florale per planta etc. Soiurile create se deosebesc și prin termenii de înflorire (timpurii, intermediare și tardive) [2, 3, 6].

Principalul produs al speciei date este uleiul esențial, ce se caracterizează cu o aroma dulce și florală,

utilizat frecvent în produse farmaceutice, preparate fitoterapeutice, precum și în alimentație, parfumerie și cosmetică [6, 7]. Uleiul esențial de levănțică posedă acțiune sedativă asupra sistemului nervos central [13, 14, 15], antispastică, coleretică, cicatrizantă, diuretică, carminativă, sudorifică [6, 10, 12]. Unii cercetători au studiat și proprietățile farmaceutice ale extractelor din deșeurile de lavandă, obținute după hidrodistilarea uleiului esențial. Extractele de lavandă prezintă o activitate antioxidantă, concentrație mare de polifenoli și flavonoide, implică o activitate biologică ridicată în vindecarea rănilor. Interesul pentru acești compuși este explicat prin multiple acțiuni farmacologice: antiulcer, antitumorale, hepatoprotective, antiinflamatorii, antibacteriene, antifungice, antivirale, diuretice [8, 9, 11, 16].

Scopul propus a constat în întinerirea pepinierii de lavandă din anul al VII-lea de vegetație, prelungirea termenului de exploatare a plantației și evaluarea caracterelor cantitative, inclusiv conținut sporit de ulei esențial în materia primă de calitate superioară, cu utilizare în diferite domenii.

Material și metode

Cercetările experimentale de câmp și laborator la specia *Lavandula angustifolia* Mill. s-au realizat în Laboratorul *Plante Aromatice și Medicinale* din cadrul Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al USM. În calitate de material de studiu au servit 6 soiuri-clone de lavandă și trei hibrizi perspectivi (Svetlana; Cr.13S-6-7; Cr.13S-6-35; VM-18V; Favoare; Vis magic 10; Alba 7; Moldoveanca 4 și Aroma Unica), testați în Culturi Comparative de Concurs (CCC), anul al VII-lea de vegetație (după întinerire). Experiența a fost amplasată pe o suprafață de 1300 m.p. Soiurile au fost plantate cu suprafața edifică de 1,4 m x 0,6 m în patru repetiții. Rezistența la iernare și ger s-a evaluat primăvara devreme, conform metodelor recomandate și notate de la 1 la 5 baluri: [19].

5 – rezistență înaltă la iernat;

4 – rezistență mai sus de medie

3 – rezistență medie (au înghețat până la 25 % din lăstari)

2 – rezistență mai joasă de medie (au înghețat până la 50 % din lăstari)

1 – rezistența slabă (au înghețat până la 75 % din lăstari)

Evaluări fenologice prin notarea calendaristică a fazelor de dezvoltare. Evaluări biomorfologice (valoarea caracterelor cantitative, ce asigură productivitatea - număr tulpini florale *per* plantă, lungimea inflorescenței, spicului, tijeii florale, număr verticile *per* spic floral) conform Ghidului UPOV și metodelor în vigoare caracteristic speciei [19]. Separarea uleiului esențial s-a efectuat prin hidrodistilare în aparate Ginsberg din mostre de inflorescențe proaspete prelevate în faza înfloririi depline a plantelor în orele de dimineață; determinarea conținutului în ulei; determinarea gradului de umiditate a mostrelor de plante și recalcularea conținutului în ulei la umiditate standard (60%) și la substanță uscată [5, 18]. Recoltarea manuală a materiei prime proaspete pentru fiecare soi în patru repetări s-a efectuat când 75-80 % din flori au fost deschise pentru determinarea producției de materie prime [5, 19]. Datele experimentale obținute au fost prelucrate statistic, utilizând pachetul software *Statistica 7* și *Microsoft Excel*.

Rezultate și discuții

După 5-6 ani de vegetație în tufele de lavandă au apărut tulpini uscate, un indiciu că plantația necesită o întinerire, regenerare. La soiurile - clone de lavandă din anul al VII-lea de vegetație incluse în Culturi Comparative de Concurs (Svetlana, Cr.13S-6-7, Cr.13S-6-35, VM-18V, Favoare, Vis Magic 10, Alba 7, Moldoveanca 4 și Aroma Unica) în decada a doua și a treia a lunii martie au fost efectuate tăieri de întinerire. Întinerirea și menținerea speciei în condiții bune contribuie la extinderea vieții plantațiilor de lavandă. Fazele fenologice de creștere și dezvoltare a speciei menționate după întinerire decurge o perioadă mai îndelungată. Evaluarea acestora a demonstrat că soiurile - clone se deosebesc prin diferite perioade de maturizare: timpurii (Favoare și Moldoveanca 4); semitimpurii (Cr.13S-6-7, Cr.13S-6-35, VM-18V, Vis Magic 10, Aroma Unica) și tardive (Svetlana, Alba 7). Cultivarea lavandei cu deferite perioade de maturizare asigură procesarea mai eficientă a materiei prime, obținerea concentrației sporite a componentilor principali în uleiul esențial, excluderea pierderilor de materie primă și de ulei esențial. Soiurile-clone evaluate în CCC după întinerire au reprezentat plante dezvoltate, care au format un număr mai mic de tulpini florale (Tab. 1).

Caracterele studiate: talia și diametrul plantelor indică vigurozitatea acestora. Talia plantelor la soiurile-clonale în anul al VII-lea de vegetație a variat de la 38,0 cm până la 64,0 cm. Cu cea mai înaltă talie s-a manifestat soiul tardiv Svetlana cu 64,0 cm, dar cei mai mici indici la caracterul menționat s-a atestat la hibridul semitimpuriu VM-18V de numai 38,0 cm. La caracterul diametrul plantelor soiurile au atins valori de la 45,3 cm la VM-18V până la 77,8 cm la soiul Svetlana.

Tabelul 1. Evaluarea soiurilor de *L. angustifolia* Mill. în CCC (anul VII de vegetație) după caracterele cantitative a plantei, 2025 (regenerare)

Nr. par.	Soiuri-clonale	Talia plantei, cm	Diametrul plantei, cm	Nr. de tulpini florale, (unt.)	Conținut ulei esențial, % (s.u)
		$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$	
1.	Svetlana	64,0 $\pm$ 3.3	77,8 $\pm$ 7,2	573,0 $\pm$ 5,3	5,765
2.	Cr.13S-6-7	48,1 $\pm$ 3.0	74,6 $\pm$ 4,7	356,0 $\pm$ 4,9	2,333
3.	Cr.13S-6-35	46,7 $\pm$ 3.8	57,1 $\pm$ 6,7	362,0 $\pm$ 7,6	2,597
4.	VM-18V	38,0 $\pm$ 1.4	45,3 $\pm$ 2,9	462,0 $\pm$ 6,5	3,776
5.	Favoare	40,9 $\pm$ 2.2	47,8 $\pm$ 4,8	489,0 $\pm$ 5,6	4,418
6.	Vis Magic 10	39,4 $\pm$ 3.7	48,0 $\pm$ 7,4	445,0 $\pm$ 6,3	3,837
7.	Alba 7	46,0 $\pm$ 3.6	59,0 $\pm$ 6,4	523,0 $\pm$ 6,9	5,204
8.	Moldoveanca 4	42,0 $\pm$ 1.6	55,1 $\pm$ 5,1	478,0 $\pm$ 7,5	4,460
9.	Aroma Unica	43,6 $\pm$ 1,7	52,2 $\pm$ 5,2	323,0 $\pm$ 6,9	3,158

Un factor de bază ce contribuie la productivitatea soiurilor este numărul de tulpini, inflorescențe *per* plantă. Caracterul menționat este influențat nu numai de însușirile genetice ale soiului, dar și de suprafața de nutriție a plantelor. Acest indice a variat de la 323 până la 573 unități la o plantă, unde s-au evidențiat soiurile (Svetlana, Alba7, Favoare, Moldoveanca 4), cu 573, 523, 489 și 478 unități, respectiv.

Produsul principal al acestei specii este uleiul esențial obținut prin antrenare cu vapori de apă din inflorescențele proaspete. Conținutul de ulei esențial este un element extrem de important pentru soiurile de lavandă de care depinde rentabilitatea speciei. Analiza datelor privind conținutul de ulei esențial a demonstrat că, cel mai ridicat conținut au acumulat soiurile tardive. Soiul tardiv Svetlana se caracterizează cu conținut de ulei esențial foarte înalt de 5,765% (s.u.) în raport cu soiul – clonă martor Alba 7, care a acumulat – 5,204% (s.u).

Soiurile timpurii Moldoveanca și Favoare au înregistrat un conținut de ulei esențial mai mare de 4% (4,460% și 4,418% s.u., respectiv). Din grupul de maturizare mediu soiurile și hibrizii aflați în cercetare au acumulat un conținut mai mic de la 2,333% până la 3,837% (s.u.), cu cel mai scăzut conținut s-au manifestat hibrizii Cr.13S-6-7 (2,333%), Cr.13S-6-35 (2,597%) și VM-18V (3,776% s.u.). Soiurile semitimpurii Aroma Unica și Vis Magic 10 la acest caracter au acumulat un conținut mai mare de 3% (3,158% și 3,837% s.u) (Fig. 1).

Conținut ulei esențial,% la soiurile-clonale (2025)

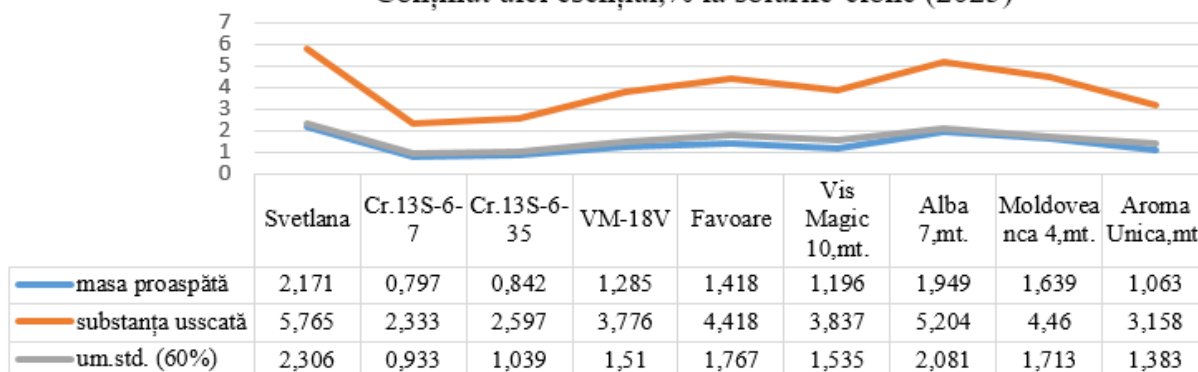


Figura 1. Conținut ulei esențial,% la soiurile-clonale incluse în CCC, 2025

La toate soiurile evaluate a fost determinat conținutul de ulei esențial în materia primă proaspătă, recalculat la substanța uscată și umiditatea standard (60%), caracteristic pentru specia lavanda. Soiurile, care au indici înalți în materia primă proaspătă se caracterizează cu conținut sporit de ulei esențial și în masa absolut uscată și la umiditatea standard. De exemplu, soiul Svetlana: conținutul de ulei în masa proaspătă este de 2,171%; în substanța uscată 5,765% și la umiditatea standard – 2,306% (Fig. 1).

În anul al VII-lea de vegetație, după întinerire a fost determinată și productivitatea soiurilor-clone la lavandă (Tabelul 2.). Cu cea mai ridicată producție de materie primă (inflorescențe) la umiditatea standard (60%) s-au manifestat la soiurile tardive Svetlana 2,8 t/ha și Alba 7 cu 2,1t/ha. Hibrizii incluși în CCC care fac parte din grupul de maturizare semitimpuriu s-au caracterizat cu o producție de inflorescențe de la 0,9 t/ha până la 2,5 t/ha. Cea mai înaltă producție a fost atestată la hibridul Cr.13S-6-7 de 2,5 t/ha.

Tabelul 2. Productivitatea soiurilor-clone de lavandă în Culturi Comparative de Concurs (2025)

Soiuri-clone	Producția materie primă, t/ha	Conținut UE,%		Producția ulei esențial, kg/ha	Randamentul ulei esențial, kg/t
		um.st.	s.u.		
Svetlana-tardiv	2,8	2,306	5,765	60,8	21,7
Cr.13S-6-7-semitimpuriu	2,5	0,933	2,333	24,6	7,9
Cr.13S-6-3semitimpuriu	0,9	1,039	2,597	9,4	8,4
VM-18V-semitimpuriu	1,3	1,510	3,776	19,6	12,8
Favoare-timpuriu	1,4	1,767	4,418	24,7	14,1
VisMagic 10, mt. semitimpuriu	1,1	1,535	3,837	16,8	12,0
Alba 7,tardiv	2,1	2,081	5,204	43,7	19,5
Moldoveanca 4, timpuriu	1,9	1,713	4,460	32,5	16,4
Aroma Unica, semitimpuriu	1,2	1,383	3,158	16,6	10,6

Rezultatele cercetărilor demonstrează că, în anul secetos 2025, soiurile de lavandă după întinerire au acumulat și sintetizat conținut ridicat de ulei esențial în materia primă. Unele soiuri evaluate de levănțică au un conținut de ulei esențial la umiditatea standard (60%) mai mare de 2% (Svetlana – 2,306% și Alba 7 – 2,081%), recalculat la substanța uscată este mai mare de 5% (Svetlana – 5,765%, Alba 7 – 5,204% (s.u.). Cel mai scăzut conținut de ulei esențial s-a identificat la hibridul Cr.13S-6-7 de numai 2,333% (s.u).

Producția de ulei esențial la soiurile-clone a variat de la 9,4 kg/ha până la 60,8 kg/ha. Mai productiv s-a dovedit a fi soiul-clonă Svetlana din grupul cu maturizare tardiv, care a asigurat o producție de ulei esențial de 60,8 kg/ha, urmat de Alba 7 cu 43,7 kg/ha. Soiurile timpurii Moldoveanca 4 și Favoare la caracterul dat s-au caracterizat cu o producție de ulei esențial de 32,5 kg/ha și 24,7 kg/ha, respectiv. În rezultatul datelor obținute putem menționa, că soiurile-clone de lavandă incluse în culturi comparative de concurs au și un randament de ulei esențial înalt de: 21,7 kg/t la Svetlana, 19,5 kg/t la Alba7 și 16,4 kg/t la Moldoveanca 4. Putem concluziona, că soiurilor de lavandă evaluate în culturi comparative de concurs, după întinerire (anul al VII-lea de vegetație) manifestă indici înalți la productivitate. Cel mai productiv este soiul tardiv Svetlana, care s-a evidențiat prin producție ridicată de materie primă, conținut și producție înaltă de ulei esențial și randament ridicat de ulei.

Au fost evaluate și rezultatele studiului comparativ la productivitate a două soiuri omologate și brevete de *L. angustifolia* Mill., (Svetlana și Favoare), create în ultimii ani, în Laboratorul *Plante Aromatice și Medicinale* [4, 21, 22]. Soiurile reprezintă hibrizi din generația F_1 , multiplicați vegetativ, care î-și păstrează valorile înalte ale indicilor caracterelor cantitative, distinctivitate și productivitate (Fig. 2).

Caracteristicile de productivitate ale soiurilor sunt: producția de materie primă; conținut în ulei esențial; producția de ulei și randamentul (cantitatea de ulei obținută din 1 tonă inflorescențe). În câmpul experimental soiurile evaluate înregistrează o productivitate înaltă, astfel recolta de materie primă variază în dependență de factori abiotici. Rezultatele obținute în Culturi Comparative de Concurs (CCC) pe parcursul

anilor 2020-2024, demonstrează că după recolta de materie primă s-a evidențiat soiul tardiv Svetlana cu o producție de la 4,4 t/ha până 7,7 t/ha, comparativ cu soiul martor Alba 7 cu indici de 4,0 -7,3 t/ha. Soiul timpuriu Favoare depășește martorul Moldoveanca 4 în patru ani de cercetare (2020, 2022, 2023, 2024) la caracterul menționat. Cu conținut sporit de ulei esențial pe toată perioada de cercetare s-a manifestat soiul Svetlana, acumulând conținut mai mare de 6% (s.u.), în anii de studiu 2021 și 2023 (Fig. 2).

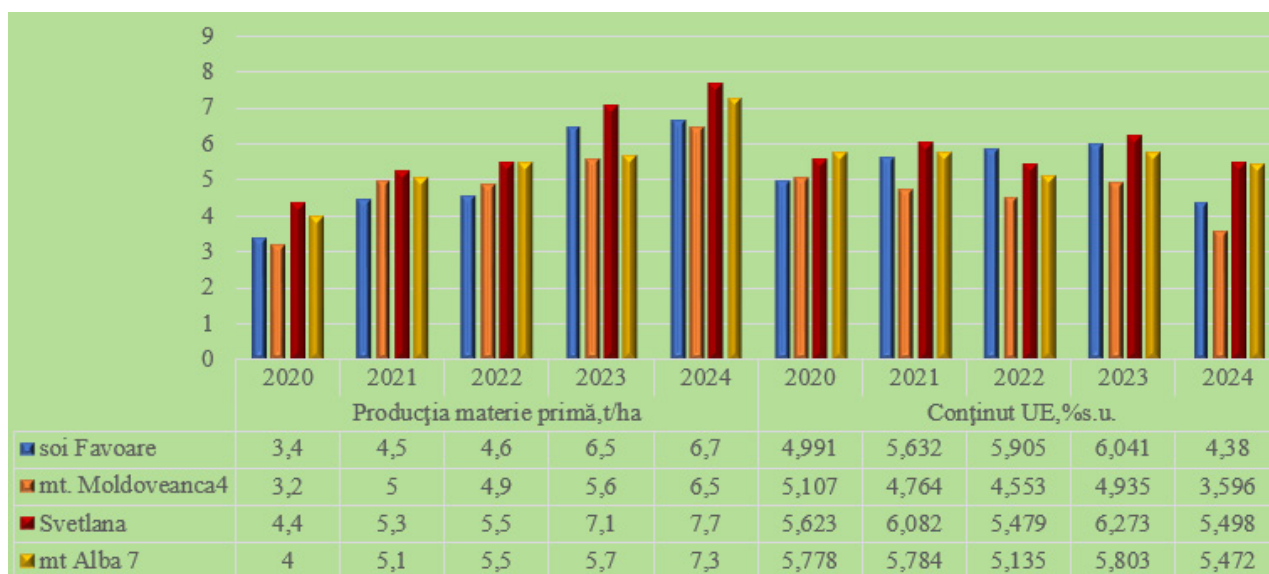


Figura 2. Productivitatea soiurilor de lavandă (2020-2024)

Menționăm, că pe parcursul anilor de cercetare la soiurile Favoare și Svetlana a fost determinată producția de ulei esențial (kg/ha) și randamentul (kg/t), (Fig.3). Mai productiv s-a dovedit a fi soiul-clonă Svetlana din grupul cu maturizare tardivă, care a asigurat o producție de ulei esențial de la 87,4 kg/ha până la 169,3 kg/ha comparativ cu martorul Alba 7, unde indicii la caracterul menționat au fost de 83,8-159,7 kg/ha. Soiul Svetlana a depășit martorul cu o producție de ulei esențial de 31,7 kg/ha în anul de studiu 2023. La caracterul menționat în aceleași condiții s-a evidențiat și soiul timpuriu Favoare, care a depășit martorul Moldoveanca 4 cu o cantitate și mai mare de 38 kg/ha de ulei esențial.

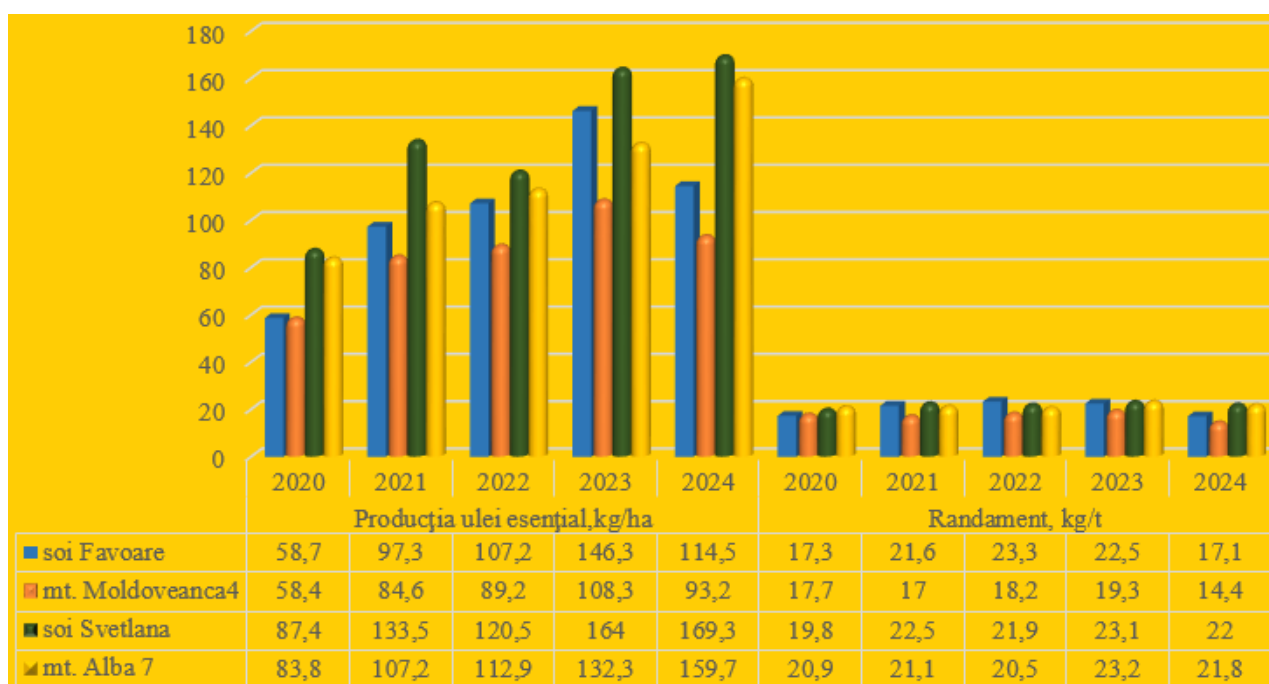


Figura 3. Producția de ulei esențial și randamentul soiurilor (2020-2024)

În rezultatul datelor obținute putem menționa, că soiurile-clone de lavandă incluse în culturi comparative de concurs au și un randament de ulei esențial mai înalt: 19,8 kg/t - 23,1 kg/t la soiul Svetlana și de la 17,3 kg/t până la 23,3 kg din o tonă de inflorescențe la Favoare, în dependență de condițiile meteorologice ale anului de cercetare. Martorii la soiurile menționate Moldoveanca 4 s-a manifestat cu un randament de 14,4 – 19,3 kg/t, dar Alba 7 pe parcursul perioadei de evaluare s-a evidențiat cu randament mai mare de 20,0 kg/t. Condițiile pedoclimatice ale acestor cinci ani au fost favorabile pentru soiurile menționate și obținerea producției înalte de materie primă și a uleiului esențial. Soiurile evaluate pot fi implementate cu succes și în gospodării țărănești, pentru cultivatorii de lavandă, firmelor specializate și tuturor celor care iubesc specia menționată.

Concluzii

În CCC după întinerire au fost evaluate 6 soiuri – clone de levănțică și 3 hibrizi F_1 , care s-au manifestat cu talia plantelor (38,0 – 64,0cm), diametrul plantelor (45,3– 78,0 cm), numărul de tulpini florale per plantă (356 – 573 unități).

La conținutul de ulei esențial mai mare de 5% în substanța uscată s-au evidențiat soiurile tardive (Svetlana – 5,765 % și Alba 7 – 5,204%(s.u.)).

Soiurile, hibrizii creați și evaluați asigură producții considerabile și în anul regenerării, întineririi plantelor. Astfel, recolta de materie primă a constituit de la 0,9 t/ha până la 2,8 t/ha, producția de ulei esențial a variat de la 9,4 kg/ha până la 60,8 kg/ha, în funcție de soi.

Randamentul soiurilor, hibrizilor evaluați este de la 7,9 kg/t la hibridul semitimpuriu Cr.13S-6-7 până la 21,7 kg/t la soiul tardiv Svetlana.

Condițiile pedoclimatice pe parcursul anilor de studiu 2020 – 2024 au fost favorabile pentru soiurile menționate, care s-au manifestat prin productivitate înaltă a materiei prime și conținut sporit de ulei esențial.

Bibliografie:

1. BUTNARAȘ, V., GONCERIUC, M., COTELEA, L., BALMUȘ, Z., URECHEANU, N. Rezultatele studiului comparativ a genotipurilor hibride de lavandă. În: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective*: conferința șt. naț. cu participare intern., ediția a 5-a, 29-30 iunie 2021, Bălți, p. 32-36. ISBN 978-9975-62-432-9.
2. BUTNARAȘ, V., GONCEARIUC, M., BALMUȘ, Z., BOTNARENCO, P. Performanțele soiurilor-clone de lavandă (*Lavandula angustifolia* Mill.). În: *Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor: materialele conf. șt. intern.*, 4-5 oct. 2021. Ed. a VII-a. Chișinău, 2021, pp. 186-189. ISBN 978-9975-56-912-5.
3. BUTNARAȘ, V., BALMUȘ, Z., GONCEARIUC, M., COTELEA, L., BOTNARENCO, P., VORNICU, Z. Crearea, testarea și evaluarea în CCC a soiurilor – clone de *Lavandula angustifolia* Mill. În: *Știința în nordul Republicii Moldova: probleme, realizări, perspective*: materialele conf. șt. naț. cu participare intern, Bălți, 20-21 mai 2022. Ed. a 6-a. Bălți, 2022, pp. 39-43. ISBN 978-9975-3465-5-9. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/p-39-43.pdf
4. BUTNARAS V., BALMUS Z., COTELEA L. Svetlana and Favoare, new varieties of lavender created in the republic of Moldova. In: *Basic, less common and nontraditional plant species - from study to implementation (agricultural and biological sciences)*: materials 8 international scientific and practical conference (within the framework of the 9 scientific forum „Science Week in Kruty - 2024”, March 13-14, 2024, Kruty village, Chernihiv region, Ukraine). Chernihiv, 2024, vol. 3, pp. 35-43. <https://ovoch.com/assets/files/conference/tezu/tom-3-osnovni-2024.pdf>.
5. GONCEARIUC, M. Lavanda. Ameliorarea plantelor eterooleaginoase. În: *Ameliorarea specială a plantelor agricole*. Ch.: Tipografia Centrală, 2004, p. 542-552.
6. GONCEARIUC, M. *Lavanda*. Ch.: Tipogr. Print-Caro, 2018, 131p. ISBN 978-9975-56-514-7.
7. HERAL, B., STIERLIN, E., FERNANDEZ, X., MICHEL, T. Phytochemicals from the genus *Lavandula*; a review. *Phytochemistry Rev.* 20 (4), 2021, 751-771

8. IVANOV, I., PETKOVA, N., TUMBARSKI, Y., VRANCHEVA, R., & STOYANOVA, M. Lavender waste – promising source of triterpenoids and polyphenols with antioxidant and antimicrobial activity. *Ind. Technol.*, 5, 2018. 26-32.
9. JIAN, M., COTELEA, T., PANTEA, V., ORGAN, A., COBZAC, V., KULCHITSKII, V., NACU, V. The evaluation on *Angustifolia* lavender extracts action on indices of antioxidant system in rats blood serum during chronic induced toxicity. In: *Cells and tissues transplantation. Actualities and perspectives*, Ed. 2, 29 martie 2024, Chișinău. Chișinău: CEP „Medicina”, 2024, Ediția 2, p. 51
10. MANEA-CERNEI, E., CIOCÂRLAN, N. *Miracolul terapeutic al plantelor condimentare. Levănțica (Lavandula angustifolia Mill.)*. Ch., 2013, p. 121-130.
11. ORGAN, A., KULCIŢKI, V., UNGUR, N. BÎRCĂ, N., COTELEA, T. Studii farmaceutice a extractelor de levănțică. Congresul „Facultatea de farmacie – şase decenii de inovație și progres” Congresul al X-lea al farmaciștilor din Republica Moldova, Chișinău, Moldova, 22-23 noiembrie 2024, pag. 301-304.
12. PĂUN, E. Lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill). În: *Sănătatea Carpaților*. București, 1995, p. 129-133.
13. ROBBERS J. E., SPEEDIE M. K., TYLER V. E. *Pharmacognosy and pharmaco-biotechnology*. Williams & Wilkins, Baltimore, 1996, p. 240-243.
14. ROBBERS, J. E., TYLER, V. E. *Tyler's herbs of choice*. 2nd ed. The Haworth Herbal Press, New York. 1999, 179-185.
15. SCHULZ, V., HANSEL, R., TYLER, V. E. *Rational phytotherapy: A Physicians Guide to Herbal Medicine*. 3rd ed. Berlin, Germany: Springer Verlag, 1998. 71 p.
16. SLAVOV, A., KARNEVA, K., VASILEVA, I., DENEV, P., DENKOVA, R., SHIKOV, V., MANOLOVA, M., LAZAROVA, Y., & IVANOVA, V. Valorization of lavender waste – obtaining and characteristics of polyphenol rich extracts. *Food Science And Applied Biotechnology*, 1(1), 11-18. 2018. doi:10.30721/fsab2018.v1.i1.5
17. БУТНАРАШ, В. И. КОТЕЛЯ, Л. А., БАЛМУШ, З. К. Характеристика гибридов лаванды вузьколистой за кількісними ознаками продуктивності. В: *Селекційногенетична наука і освіта (парієві читання)*. Матеріали XII Міжнародної наукової конференції (20-22 березня 2023 р.). Умань, 2023. Видавничо-поліграфічний центр „Візаві”, 2023, с. 30-35. <https://genetics.udau.edu.ua/assets/files/01.01.2021-2022-konferen-parievi-chitannya/parievi-chitannya-10.05.2023.pdf>
18. ГИНЗБЕРГ, А. С. Упрощенный способ определения количества эфирного масла в эфирносох. В: *Химико-фармацевтическая промышленность*, 1932, № 8-9, с. 326-333.
19. *Селекция эфиромасличных культур. Лаванда. метод. указ.* Симферополь: ВНИИЭМК, 1977, с. 47-66.
20. *** Catalogul Soiurilor de Plante al Republicii Moldova. Ediție oficială. Chișinău, 2024.

brevete pentru soi de plantă

21. UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA. *Levănțică (Lavandula angustifolia Mill.)*, soiul: Favoare: brevet MD nr. 426, Autori: GONCEARIUC, M., BUTNARAȘ, V., MAȘCOVȚEVA, S., BOTNARENCO, P. COTELEA, L. BALMUȘ, Z. data acordării 2023.12.31 (BOPI, 2023, nr.12, p. 46); data eliberării 2024.03.31, BOPI, 2024, nr. 3, p. 67. <https://www.db.agepi.md/soideplante/Details.aspx?id=v%202021%200006&Doc=hlTitluEliberat>
22. UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA. *Levănțică (Lavandula angustifolia Mill.)*, soiul Svetlana: brevet MD nr. 427. Autori: GONCEARIUC, M., MAȘCOVȚEVA, S., BUTNARAȘ, V., BOTNARENCO, P., BALMUȘ, Z., COTELEA, L. data acordării 2023.12.31 (BOPI, 2023, nr 12, p.46); data eliberării 2024.03.31, BOPI, 2024, nr. 3, p. 67. <https://www.db.agepi.md/soideplante/Details.aspx?id=v%202021%200007&Doc=hlTitluEliberat>

N. B.: Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011102 „Extinderea și conservarea diversității genetice. ameliorarea genofondurilor de culturi agricole în contextul schimbărilor climatice”, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării al RM.

Date despre autori:

Violeta BUTNARAȘ, doctor, cercetător științific coordonator, Laboratorul Plante Aromatice și Medicinale, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0003-9747-7568

E-mail: violeta.butnaras@sti.usm.md

Zinaida BALMUȘ, doctor, șef laborator Plante Aromatice și Medicinale, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1164-6435

E-mail: zinaida.balmus@sti.usm.md

Ludmila COTELEA, doctor, cercetător științific coordonator, Laboratorul Plante Aromatice și Medicinale, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0006-1395-2440

E-mail: ludmila.cotelea@sti.usm.md

Prezentat: 02.02.2026

Recenzat: 02.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 631.53.027.32:633.15

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_25](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_25)

EFFECTUL STRESULUI HIPERTERMIC ASUPRA GERMINĂRII, CREȘTERII RĂSADURILOR, CONȚINUTULUI DE ACID ASCORBIC ȘI ACTIVITĂȚII ASCORBAT PEROXIDAZEI LA HIBRIZII DE PORUMB (*Zea mays L.*)

**Maria CAUȘ,
Nicolai PLATOVSCII,**

Universitatea de Stat din Moldova

Pantelimon BOROZAN,

Instituția Publică „Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor”

Șocul hipertermic (ȘHT) de +50 °C cu durata de 30 min aplicat semințelor hibrizilor de porumb cu toleranță diferită la temperaturi ridicate și frig a cauzat reducerea procentului de germinare la toți hibrizii, cel mai înalt nivel de reducere a germinării și a parametrilor morfologici fiind observat la hibridul P. 427, sensibil la temperaturi ridicate. Dar la hibridul P. 374, rezistent la temperaturi ridicate ȘHT a afectat nesemnificativ creșterea rădăcinilor și lăstarilor, a diminuat semnificativ acumularea biomasei rădăcinilor. Rezultatele obținute arată că un conținut ridicat de acid ascorbic (AcA) endogen este un factor important în toleranța porumbului la ȘHT în timpul fazei juvenile. În plantulele hibridului P. 427 ȘHT a cauzat diminuarea conținutului de AcA atât în rădăcini, cât și în lăstari. Acest fenomen poate fi asociat cu consumul AcA pentru protejarea celulelor de daunele induse de stresul oxidativ la plantulele de porumb.

Cuvinte-cheie: *semințe de porumb, șoc hipertermic, germinare, creșterea răsadurilor, acid ascorbic, ascorbat peroxidaza.*

THE EFFECT OF HYPERTHERMIC STRESS ON GERMINATION, SEEDLING GROWTH, ASCORBIC ACID CONTENT AND ASCORBATE PEROXIDASE ACTIVITY IN MAIZE (*Zea mays L.*) HYBRIDS

The hyperthermic shock (HTS) of +50 °C for 30 min applied to the seeds of maize hybrids with different tolerances to high temperatures and cold caused a reduction in the germination percentage in all hybrids, the highest level of reduction in seed germination and morphological parameters being observed in the high temperature sensitive hybrid (P. 427). However, in the high temperature resistant hybrid (P. 374) HTS insignificantly affected the growth of roots and shoots, but significantly decreased the accumulation of root biomass. The results obtained show that a high endogenous ascorbic acid (AcA) content is an important factor in maize tolerance to HTS during the juvenile phase. In P. 427 seedlings, HTS caused a decrease in the AcA content in both roots and shoots. This phenomenon may be associated with the consumption of AcA to protect cells from oxidative stress-induced damage in maize seedlings.

Keywords: *maize seeds, hyperthermic shock, germination, seedling growth, ascorbic acid, ascorbate peroxidase.*

Introducere

Umanitatea secolului XXI se confruntă cu probleme serioase, cauzate de schimbările climatice. Printre numeroasele presiuni legate de climă, creșterea temperaturilor, evenimentele de căldură extremă și valurile de căldură sunt recunoscute în prezent ca principalii factori care contribuie la scăderea productivității culturilor din cauza stresului termic [23]. În Moldova, consecințele crizei climatice globale se manifestă prin tranziția către o climă mai caldă și mai uscată, cu temperaturi ridicate tot mai accentuate. Rezistența plantelor la creșterea temperaturilor a devenit o problemă serioasă pentru agricultura țării [9].

Porumbul (*Zea mays L.*) este una dintre cele mai importante culturi strategice de cereale în lume, datorită utilizării variate atât ca aliment de bază pentru consumul uman și hrana animalelor, cât și în alte numeroase

domenii ale activității umane [12]. Potrivit unui studiu NASA publicat în revista Nature Food [12] schimbările climatice ar putea afecta producția de porumb, iar randamentele culturilor de porumb se preconizează a scădea cu 24% după 2030.

Evaluarea rezistenței plantelor la temperaturi ridicate este deosebit de importantă în agricultură, deoarece determină utilizarea rațională a soiurilor și hibrizilor de plante, precum și optimizarea metodelor de ameliorare pentru noi genotipuri. Aceasta include și dezvoltarea unor metode și criterii de selecție cu eficiență sporită în identificarea diferențelor genetice pentru îmbunătățirea toleranței la temperaturi ridicate, secetă, exces de umiditate, salinitate și aciditatea solului [21].

Cea mai importantă etapă din ciclul de viață al oricărei plante este germinarea și răsărirea, deoarece numai după răsărire se poate spune că cultura are o probabilitate mare de a ajunge la maturitate și de a obține recolta scontată [5]. Germinarea semințelor este o fază critică în care plantele sunt deosebit de sensibile la stresul mediului înconjurător, în special la stresul termic, datorită activităților metabolice și fiziologice ridicate necesare pentru creșterea inițială [30, 5]. Temperatura joacă un rol crucial în germinarea și răsărirea răsadurilor culturii porumbului. Studiarea cerințelor de temperatură în această etapă a ciclului de viață al porumbului demonstrează capacitatea hibrizilor de a exploata eficient condițiile climatice tipice regiunilor în care se cultivă această plantă [8, 30].

Procesele fiziologice și biochimice implicate în germinarea semințelor și răsărirea plantulelor, atât în condiții normale, cât și în condiții de stres, sunt însoțite de formarea speciilor reactive de oxigen (ROS) [26]. S-a demonstrat, că formarea excesivă și necontrolată a ROS sub influența factorilor de stres, inclusiv al temperaturii ridicate în timpul germinării semințelor poate duce la leziuni oxidative și daune celulare, provocând deteriorarea calității semințelor și suprimând procesul de germinare și dezvoltarea răsadurilor în stadiile incipiente [17]. Stresul provocat de temperaturile ridicate, șocul hipertermic (ȘHT), este definit, ca fiind determinat de depășirea valorii temperaturii pozitive a pragului critic pentru o perioadă limitată de timp, suficientă de a provoca daune creșterii și dezvoltării plantelor [17]. Acțiunea adversă a ȘHT asupra plantelor este specifică în dependență atât de parametrii dozei ȘHT (intensitatea temperaturii și durata de expunere), cât și de specia plantelor, etapa de dezvoltare [2, 3].

Pentru a neutraliza rapid excesul de ROS în condiții de stres oxidativ și pentru a menține echilibrul și funcționarea eficientă a celulei, plantele pe parcursul evoluției au dezvoltat sisteme de apărare antioxidante complexe atât enzimatic, cât și non-enzimatic [19, 1, 32]. Ambele sisteme antioxidante interacționează pentru a forma un mecanism holistic care controlează concentrația speciilor reactive de oxigen din organism.

Acidul ascorbic (AcA) joacă un rol important în procesele fiziologice de creștere și dezvoltare a plantelor, inclusiv diviziunea și diferențierea celulară, precum și în răspunsurile plantelor la stresul abiotic [27, 29]. AcA este unul dintre antioxidanții non-enzimatici universali, având un potențial substanțial nu numai de a elimina SRO, ci și de a modula o serie de funcții fundamentale la plante, atât în condiții de stres, cât și fără stres [6]. Se menționează [29], că AcA, în răspunsul plantelor la stresul abiotic, poate juca rolul unui antioxidant care elimină SRO acumulate, al unui cofactor implicat în metabolismul plantelor, sau al unui regulator care coordonează acțiunea diferitelor căi de semnalizare sub stres abiotic.

După cum s-a menționat mai sus, în plante surplusul SRO poate fi anihilat și de antioxidanți enzimatici. Un sistem major de detoxifiere a SRO ca peroxidul de hidrogen în celulele vegetale este ciclul ascorbat-glutation, în care enzima ascorbat peroxidaza (APX) joacă un rol-cheie în catalizarea conversiei H_2O_2 în apă, utilizând ascorbatul ca donator specific de electroni [17, 11]. APX în plante poate să existe în mai multe izoforme distincte, care pot fi localizate în diferite compartimente celulare, inclusive în citosol, mitocondrii, peroxizomi, apoplast și cloroplaste, pentru a gestiona ROS în condiții de stres [16, 24]. Aceste izoforme, codificate de diferite gene prin modificări post-tranlaționale [13], oferă mecanisme de apărare antioxidante specifice compartimentului și joacă roluri critice în creșterea toleranței la stres [18].

Acidul ascorbic (AcA), care aparține sistemului neenzimatic, și ascorbat peroxidaza (APX), reprezentant al sistemului enzimatic, formează un complex antioxidant eficient pentru a elimina speciile reactive de oxigen, care se acumulează în condiții de stres [27, 6, 10, 26].

Scopul acestui studiu a fost de a investiga efectul șocului hipertermic asupra germinării semințelor,

creșterii răsadurilor, conținutului de acid ascorbic și activității ascorbat peroxidazei în stadiile incipiente ale ontogenezei la diverși hibrizi de porumb.

Materiale și metode de cercetare

În studiu au fost examinați trei hibrizi de porumb, cu toleranță diferită la temperaturi extreme, ca Porumbeni (P.) P. 374, rezistent la temperaturi ridicate, P. 427, sensibil la temperaturi ridicate și P. 180, rezistent la frig. Semințele hibrizilor respectivi au fost furnizate de Instituția Publică „Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor”, Pașcani, Republica Moldova.

Înainte de germinare, semințele hibrizilor de porumb luați în studiu atât a variantelor martor, cât și experimentale, au fost selectate pentru uniformitate și plasate pentru îmbibare în apă distilată la 5°C timp de 36 de ore. Apoi, semințele variantei experimentale au fost eliberate de apă și expuse acțiunii șocului hipertermic (ȘHT) de +50°C cu durata de 30 min, iar semințele variantei martor, de asemenea eliberate de apă, au fost imersate pe parcursul perioadei respective în apă cu temperatura de +26°C. Ulterior, semințele martor și experimentale au fost aranjate în cutii Petri pe hârtie de filtru, umectată cu apă distilată și plasate într-un termostat la întuneric, la temperatura de +26°C și umiditatea relativă a aerului de 70-80 %, pentru continuarea germinației și creșterii plantulelor. Plantulele cu vârsta de 5 zile au fost colectate și utilizate pentru aprecierea nivelului de restabilire a proceselor de creștere după ȘHT, fiind determinați indicii biometriei, inclusiv lungimea rădăcinii primare, înălțimea epicotilului, biomasa proaspătă a rădăcinilor și părții aeriene a plantulelor. De asemenea, o parte de material vegetal (rădăcini și partea aeriană) s-a utilizat pentru determinarea conținutului de acid ascorbic și al activității ascorbat peroxidazei.

Evaluarea germinației semințelor s-a efectuat la semințele cu lungimea radiclei de aproximativ 1 mm, care s-a înregistrat zilnic până când nu au mai apărut germenii o perioadă de 3 zile consecutive.

Proprietățile germinative s-au evaluat conform metodei expuse în lucrarea [15].

Conținutul acidului ascorbic s-a determinat spectrofotometric în conformitate cu metoda [33].

Obținerea extractelor proteice, destinate determinării activității ascorbat peroxidazei (APO). Extractele proteice pentru determinarea activității enzimactice au fost obținute prin macerarea rădăcinilor și lăstarilor variantelor martor și experimentale în soluția tampon de 0,05 M fosfat de sodiu, cu adaos de 1.5% (w/v) polivinilpolipirrolidon, 1mM EDTA și 0,5 mM fenilmetilsulfonilflorid, pH 6,8. Raportul dintre masa vegetală și volumul soluției de extracție a fost de 1:2. Proteinele solubile extrase au fost separate prin centrifugare la 4°C, 16 000 g pe parcursul a 15 min. Superatentele obținute au fost folosite pentru determinarea activității ascorbat peroxidazei (APO).

Activitatea ascorbat peroxidazei (APO; EC 1.11.1.11) s-a determinat spectrofotometric la 290 nm cu utilizarea acidului ascorbic și H₂O₂ [20].

Analiza statistică a datelor. Experimentele au fost efectuate în trei repetiții. În fiecare repetiție s-au folosit 50 de semințe. Fiecare experiment a fost repetat de cel puțin trei ori. Datele au fost prelucrate statistic prin determinarea valorii medii, iar abaterea standard a mediei a fost calculată folosind programul „Statistică 7”.

Rezultate obținute și discuții

Printre etapele ciclului de viață a porumbului, germinația semințelor și răsărirea sunt considerate cele mai sensibile stadii la acțiunea temperaturilor extreme [30]. Germinația reprezintă un proces fiziologic complex de trecere a semințelor din starea de repaus, în stare de viață activă, prin acumularea apei și creșterea embrionului, datorită utilizării substanțelor de rezervă depozitate în sămânță. Creșterea răsadului începe odată cu apariția radiclei și se termină atunci când rezervele de energie din endospermul seminței sunt epuizate.

Rezultatele acestui studiu, prezentate în figura 1 arată, că șocul hipertermic (ȘHT), aplicat semințelor îmbibate a avut un efect semnificativ asupra germinării hibrizilor de porumb luați în cercetare, ca P. 374, P. 427 și P. 180. După cum se poate observa din datele prezentate în figura, 1. ȘHT diminuează germinarea semințelor la toți hibrizii de porumb investigați. Evaluarea % de germinare a demonstrat, că valorile acestui indice este de la 86 până la 92 % în variantele martor. ȘHT de 50°C, cu durata de 30 min. aplicat semințelor

înainte de germinare a cauzat diminuarea germinării semințelor cu 27-28% pentru P. 180, rezistent la frig și respectiv pentru P. 374, rezistent la temperaturi ridicate, față de martor. Pe când pentru hibridul P. 427, sensibil la temperaturi ridicate, ȘHT a diminuat germinarea cu 36%, comparativ cu martorul. Impactul negativ al stresului cauzat de temperaturile ridicate asupra fazei inițiale de germinare și creștere a răsadurilor de porumb a fost demonstrat și în cercetările anterioare [3]. Așadar, șocul hipertermic (ȘHT) de 50 °C cu durata de 30 min. aplicat semințelor hibrizilor de porumb cu diferit nivel de rezistență la temperaturi ridicate și frig înainte de germinare a cauzat reducerea procentului de germinare la toți hibrizii investigați, cu evidențierea celui mai înalt nivel de reducere a germinării la hibridul P. 427, sensibil la temperaturi ridicate.

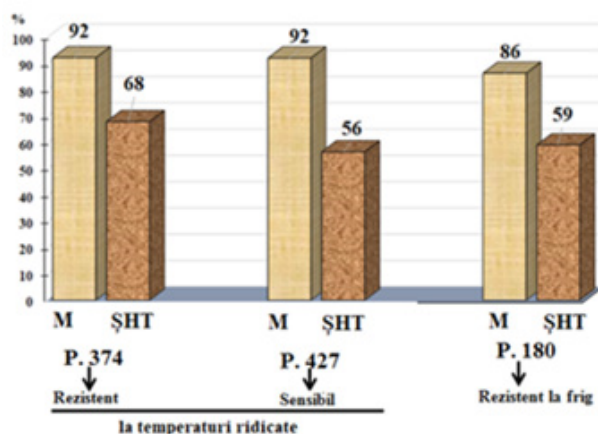


Figura 1. Evaluarea germinării semințelor hibrizilor de porumb cu diferit nivel de toleranță la temperaturi ridicate și frig în dependență de pre-tratarea semințelor înainte de germinare cu șoc hipertermic (ȘHT) de 50°C cu durata de 30 min.

ȘHT a afectat ulterior și comportamentul morfologic al plantulelor hibrizilor de porumb investigați (figura 2). În variantele experimentale, cu aplicarea ȘHT valorile lungimii rădăcinilor seminale (radiculelor) și înălțimii lăstarilor (părților aeriene) la plantulele P. 427 și P. 180 au fost semnificativ mai mici, comparativ cu valorile acestor indici la plantulele variantelor martor. Figura 2 arată că, ȘHT a afectat nesemnificativ creșterea rădăcinii seminale (radiculelor) și înălțimea răsadului (lăstarilor) la hibridul P. 374, care este atestat ca fiind rezistent la temperaturi ridicate.

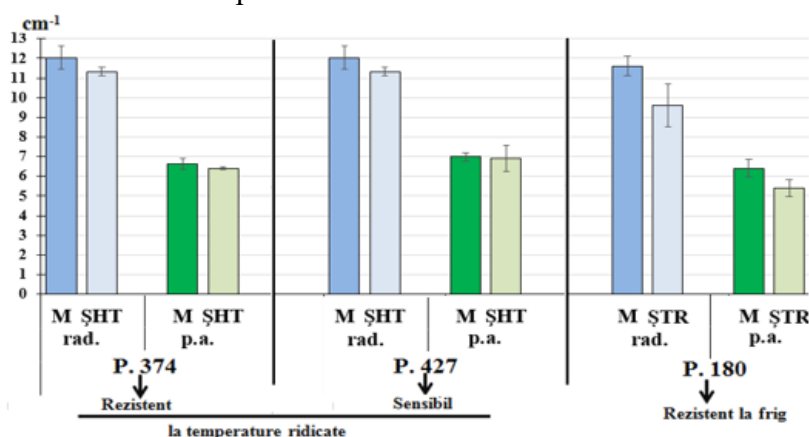


Figura 2. Influența șocului hipertermic (ȘHT) de 50°C cu durata de 30 min asupra creșterii radiclei (rad.) și părții aeriene (p. a.) plantulelor diferitor hibrizi de porumb cu diferit nivel de toleranță la temperaturi ridicate și frig.

ȘHT a afectat, de asemenea, și acumularea biomasei proaspete a răsadurilor (figura 3), inclusiv biomasa rădăcinilor și a lăstarilor (partea aeriană). Din datele prezentate în figura 3 observăm că ȘHT utilizat la pre-tratarea semințelor înainte de germinare a cauzat reducerea semnificativă a biomasei proaspete a plantulelor la toți hibrizii luați în studiu. La răsadurile tuturor hibrizilor în variantele experimentale, cu aplicarea ȘHT, a fost evidențiată reducerea semnificativă a biomasei plantulelor. Rezultatele obținute demonstrează, că cel

mai mare efect asupra parametrilor morfologici a fost observat la hibridul P. 427, sensibil la temperaturi ridicate și la hibridul P. 180, rezistent la frig. Lungimea rădăcinii seminale, înălțimea răsadului și biomasa proaspătă acumulată reprezintă indici importanți despre răspunsul plantelor la stresul cauzat de temperatura ridicată de $+50^{\circ}\text{C}$, cu durată de 30 min. aplicată semințelor înainte de germinare. Rezultatele obținute sunt în concordanță cu datele literaturii de specialitate [31], care demonstrează că expunerea răsadurilor de porumb acțiunii stresului provocat de secetă, temperaturi ridicate și o combinație a ambelor, a cauzat reducerea semnificativă cu 24,83%, 30,45% și, respectiv, 41,33% a rădăcinilor primare ale plantelor de porumb.

După cum s-a menționat mai sus, creșterea și dezvoltarea plantelor în condiții normale sunt însoțite de formare a speciilor reactive ale oxigenului (ROS), care au diverse funcții de reglare în metabolismul plantelor [26].

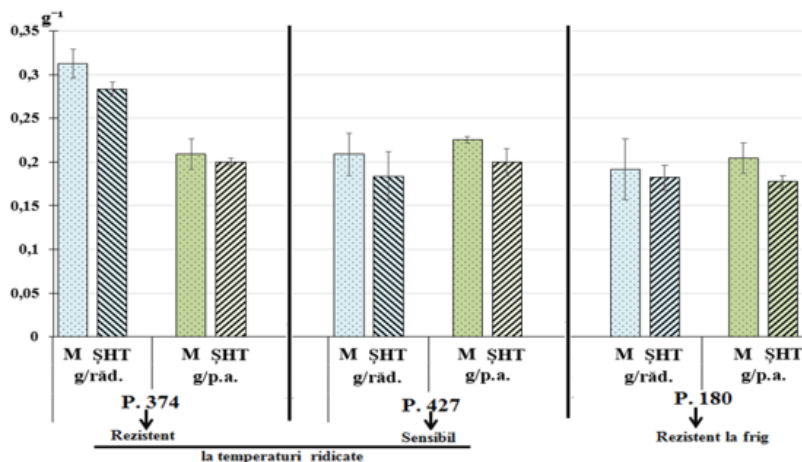


Figura 3. Acumularea biomasei proaspete a rădăcinilor (răd.) și părții aeriene (p.a.) la plantulele diferitor hibridi de porumb, crescute din semințe pre-tratate cu șoc hipertermic (ȘHT) de 50°C cu durată de 30 min.

Însă în condiții de stres, are loc producerea unor cantități excesive de ROS, inclusiv și al H_2O_2 , un fenomen comun la plantele stresate [17]. Controlul conținutului și metabolizarea rapidă a excesului de SRO, inclusiv a peroxidului de hidrogen (H_2O_2) este efectuat de un șir de compuși non enzimatici și enzime constitutive, inclusiv de ascorbat peroxidaze (APO) [6, 22].

Un rol important în controlul conținutului excesului de SRO este efectuat de acidul ascorbic (AcA), care prezintă unul dintre antioxidanții non-enzimatici universali, având un potențial substanțial nu numai de a elimina SRO, ci și de a modula o serie de funcții fundamentale la plante, atât în condiții de stres, cât și fără stres [28, 6, 22].

În prezenta lucrare, s-a studiat acumularea AcA în procesul de creștere a plantulelor de porumb crescute din semințe pre - tratate cu ȘHT. Din figura 3 se poate observa, ca ȘHT a modificat conținutul de AcA în rădăcini și în partea aeriană a plantulelor de porumb. ȘHT a condus la majorarea conținutului de AcA în rădăcinile hibridului P. 374, rezistent la temperaturi ridicate și P. 180, rezistent la frig, și la diminuarea acestuia în partea aeriană (în lăstari). Totodată, se observă că în rădăcinile plantulelor P. 374 conținutul AcA este la cel mai mic nivel, comparativ cu ceilalți hibridi. În plantulele hibridului P. 427, sensibil la temperaturi ridicate, ȘHT a cauzat diminuarea conținutului de AcA atât în rădăcini (cu $\approx 7\%$), cât și în partea aeriană (lăstari, cu $\approx 4\%$). Din rezultatele prezentate în figura 2 se poate observa, de asemenea, că în rădăcinile plantulelor hibridului P. 374 conținutul de acid ascorbic este la cel mai mic nivel (aproximativ de 2 ori mai mic) atât în varianta martor (M), cât și în varianta experimentală (ȘHT), comparativ cu ceilalți hibridi. Acest fenomen se poate datora acțiunii multifuncționale a AcA [6, 22], consumat în procesele de germinare, creștere și dezvoltare timpurie ale rădăcinilor plantulelor de porumb. Această presupunere este în concordanță cu datele prezentate în figurile 3, 4 și 5, care demonstrează cele mai mari valori ai indicilor morfologici pentru rădăcinile hibridului P. 374, rezistent la temperaturi ridicate. Rezultatele obținute evidențiază faptul că un conținut ridicat de acid ascorbic endogen este un factor important în toleranța porumbului la stresul șocului hipertermic (ȘHT) în timpul fazei juvenile. La hibridul P. 374, rezistent la

temperaturi ridicate și P. 180, rezistent la frig, ȘHT a indus majorarea conținutului de AcA în rădăcini, și a diminuat conținutul acestuia în partea aeriană (în lăstari), ceea ce demonstrează că în rădăcini AcA contracarează mai eficient efectele ȘHT prin îmbunătățirea proceselor morfologice atât în variantele martor (M), cât și experimentale (ȘHT). La plantulele hibridului P. 427, sensibil la temperaturi ridicate, ȘHT a cauzat diminuarea conținutului de AcA atât în rădăcini, cât și în partea aeriană (în lăstari). Acest fenomen poate fi asociat cu consumul AcA pentru protejarea celulelor de daunele stresului oxidativ la plantule [27]. Rezultatele investigațiilor cu utilizarea AcA exogen pentru tratarea semințelor a mutațiilor de Arabidosis au scos în evidență implicarea AcA în proliferarea celulară și interacțiunea dintre AcA și H_2O_2 asupra polarității celulare în meristemul apical radicular și, potențial, în meristemul apical al lăstarului [14]. Iar cercetările efectuate la nivel genetic pentru elucidarea rolului acidului ascorbic în toleranța răsadurilor de porumb cultivate în condiții de stres termic diferit (+10, +25 și +40°C) au constatat că, impunerea stresului termic a modificat conținutul de AcA, în principal, prin modularea expresiei genei ZmDHAR, a cărei enzimă codificată - dehidroascorbat reductază (DHAR) este esențială în calea de reciclare a AcA [28].

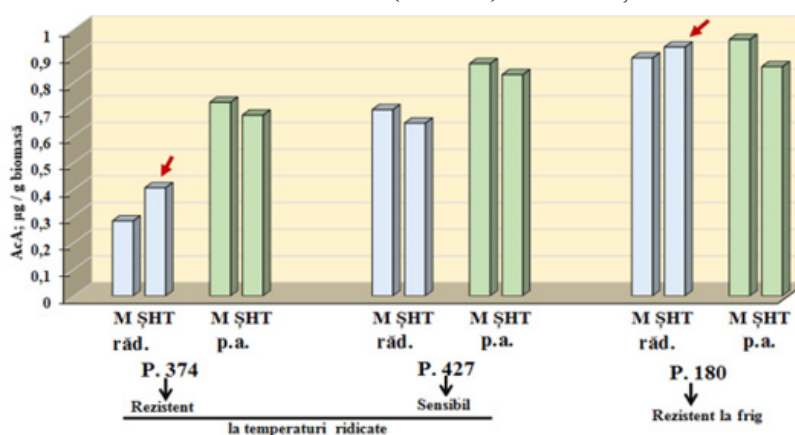


Figura 4. Influența șocului hipertermic (ȘHT) de 50°C cu durata de 30 min asupra conținutului de acid ascorbic (AcA) din rădăcini (răd.) și partea aeriană (p.a.) la plantulele diferitor hibrizi de porumb, cu diferit nivel de toleranță la temperaturi ridicate și frig.

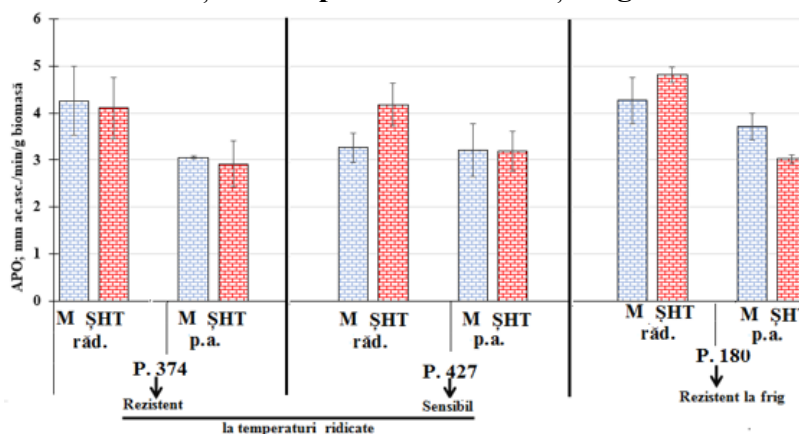


Figura 5. Influența șocului hipertermic (ȘHT) de 50°C cu durata de 30 min asupra activității ascorbatperoxidazei (APO) din rădăcini (răd.) și partea aeriană (p.a.) a plantulelor diferitor hibrizi de porumb, cu diferit nivel de toleranță la temperaturi ridicate și frig.

Ascorbat peroxidaza (APX) este o enzimă antioxidantă crucială depistată în plante, care protejează celulele de daunele oxidative prin reducerea peroxidului de hidrogen în apă, folosind ascorbatul (vitamina C) ca donor de electroni [16, 24]. Această reacție enzimatică este esențială pentru menținerea echilibrului redox celular, în special în condiții de stres.

Din datele prezentate în figura 5 se vede că efectele ȘHT au fost observate și în activitatea APO, enzimă cu numeroase funcții în procesele de creștere și dezvoltare a plantelor [28, 22]. Activitatea APO în rădăcini,

atât în varianta martor (M), cât și în varianta cu șoc hipertermic (ȘHT) este la un nivel mai înalt, decât în partea aeriană (în lăstari) la plantulele hibridului P.374, rezistent la temperaturi ridicate și P. 180, rezistent la frig. De asemenea, ȘHT induce semnificativ majorarea activității APO în rădăcinile plantelor P. 427, sensibil la temperaturi ridicate și P. 180, rezistent la frig, sau nu modifică activitatea acestora la plantulele P. 374. Cercetătorii [7], în experiențele cu studierea efectului secetei induse asupra activităților enzimelor antioxidante la porumb în timpul germinării, au demonstrat că activitatea APO a crescut de 4-5 ori, comparativ cu martorul. Studii recente [25] cu utilizarea a patru genotipuri de porumb, care se deosebeau prin sensibilitatea lor la temperaturi ridicate au arătat că expunerea plantelor la stres termic în stadiul mătășării porumbului s-a majorat concentrația H_2O_2 la toate genotipurile studiate, dar genotipurile tolerante au avut un conținut mai mic de H_2O_2 . Activitatea APX și a altor enzime antioxidante a diminuat sub stres termic în grupul genotipurilor sensibile. Analiza literaturii de specialitate demonstrează [4] că expresia genelor care codifică APX este modulată diferențiat de mai multe stresuri abiotice la diferite specii de plante. Toate izoformele APX joacă roluri importante și directe ca elemente de protecție împotriva condițiilor de mediu adverse. Diversele efecte ale inhibării sau eliminării diferitelor gene APX asupra creșterii, fiziologiei și metabolismului antioxidant al plantelor indică faptul că APX poate regla și căile de semnalizare redox implicate în dezvoltarea plantelor [4].

Concluzie

Cercetările au demonstrat că, pre-tratarea semințelor de porumb cu temperatura ridicată de $+50^{\circ}C$ cu durata de 30 min. cauzează diminuarea germinării semințelor și creșterea plantulelor de porumb, însă diferiți hibrizi reacționează la nivel diferit, în funcție de specificul genetic. Hibridul P.374, atestat ca hibrid rezistent la temperaturi ridicate, s-a remarcat prin rezistență înaltă și cu un sistem antioxidant bine reglat, în timp ce hibridul P.427, sensibil la temperaturi înalte, a manifestat rezistență redusă, determinată de diminuarea conținutului acidului ascorbic și activarea ascorbat peroxidazei. Interacțiunea dintre conținutul acidului ascorbic și al activității ascorbat peroxidazei s-a dovedit a fi esențială pentru protecția plantulelor la acțiunea temperaturilor ridicate.

Bibliografie:

1. ALAM, P., FAIZAN, M., ARIF, Y. et al. Reactive oxygen species: Balancing agents in plants. In: *Front. Plant Sci.* 2025. 16:1713590. Doi: 10.3389/fpls.2025.1713590.
2. CAUȘ, M., DASCALIUC, A. Influența biostimulatorului Reglalg asupra reacției plantelor de castravete (*Cucumis sativus* L.) la șocul termic. În: *Buletinul AȘM. Științele vieții*. 2019. nr. 2(338), p. 85-95. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/87221.
3. CAUȘ, M., DASCALIUC, A., BOROZAN, P. Identification of changes in the metabolic processes of germination and growth of maize seedlings under the influence of heat stress and the use of Reglalg. In: *Annals of the University of Craiova, Biology, Horticulture, Food products processing technology, Environmental engineering*. 2022. vol. 27, nr. 63, p. 119-124. Doi:10.52846/bihpt.v27i63.20.
4. CAVERZAN, A., PASSAIA, G., BARCELLOS ROSA, S. Plant responses to stresses: Role of ascorbate peroxidase in the antioxidant protection. In: *Gen. Mol. Biol.* 2012. vol. 35(4 Suppl): p. 1011–1019. Doi: 10.1590/s1415-47572012000600016
5. CHEN, C., LI, D., YAN, Y. et al. Facilitating maize seed germination under heat stress via exogenous melatonin. In: *Int. J. Mol. Sci.* 2025. vol. 26, 1608. Doi:10.3390/Ijms26041608.
6. CONKLIN, P., FOYER, C.H., HANCOCK, R.D. et al. Ascorbic acid metabolism and functions. In: *J. Exp. Bot.* 2024. vol. 75(9), p. 2599–2603. Doi:10.1093/Jxb/Erae143.
7. DANI, A.R.H. & SISWOYO, T. A. Impact of drought stress during germination on antioxidant capacities and antioxidant enzymes activities of madura local maize (*Zea mays*) seeds. In: *Agricultural Sci.* 2019. 10, 1506-1516. Doi:10.4236/as.2019.1011111.
8. DAVID, I. Cercetări privind cerințele termice pentru răsărire la unii hibrizi de porumb. In: *Lucrări științifice, seria Agronomie, UȘAMV, Iași*, 2008. vol. 51(3), p. 19-24. https://www.uaiasi.ro/revagrois/PDF/2008_3_19.pdf.

9. DIACIUC, N., MELECA, A., CRIUCICOV, O. Cultura de armurariu, adaptată la noile provocări a factorilor climatici. În: *Probleme științifice în domeniul culturilor de câmp – realizări și perspective*. Mat. Conf. științ. pract. cu part. intern., dedicată a 80 ani de la fondarea ICCC „Selecția”, Bălți 13-14 iunie, 2024. p. 247-252. ISBN 978-9975-180-84-9.
10. DJALOVIC, I., KUNDU, S., BAHUGUNA, R. N. et al. Maize and heat stress: Physiological, genetic, and molecular insights. In: *Plant Genome*. 2024. 17, 20378. Doi: 10.1002/tpg2.20378. Doi: 10.3389/fpls.2023.1110622.
11. FOYER, C.H., KUNERT, K. The ascorbate–glutathione cycle coming of age. In: *J. Exp. Bot.* 2024. vol. 75, p. 2682–2699. Doi: 10.1093/jxb/erae023. <https://www.incda-fundulea.ro/anale/75/75.23.pdf>.
12. JÄGERMEYR, J., MÜLLER, C., RUANE, A.C. et al. Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models. In: *Nature Food*. 2021. vol. 2, p. 873–885. Doi:10.1038/S43016-021-00400-Y.
13. KAUR, S., PRAKASH, P., BAK, D.-H. et al. Regulation of Dual Activity of Ascorbate Peroxidase 1 From *Arabidopsis thaliana* by Conformational Changes and Posttranslational Modifications. In: *Front. Plant Sci.* 2021. vol.12 : 12:678111. Doi: 10.3389/fpls.2021.678111.
14. KKAN., ROOKES J., CAHILL D. The influence of ascorbic acid on root growth and the root apical meristem in *Arabidopsis thaliana*. In: *Plant Phys. Bioch.* 2018. vol. 129, p. 323-330. Doi: 10.1016/j.plaphy.2018.05.031.
15. KŁOSIŃSKA U., KOZIK E.U., NOWICKI M., WEHNER T.C. Low temperature seed germination of cucumber: genetic basis of the tolerance trait. In: *J. Hort. Research*. 2013. vol. 21(2), p.125-130. Doi:10.2478/johr-2013-0031.
16. LI, S. Novel insight into functions of ascorbate peroxidase in higher plants: More than a simple antioxidant enzyme. In: *Redox Biol.* 2023. 64:102789. Doi: 10.1016/j.redox.2023.102789.
17. LI, W., NIU, Y., ZHENG, Y. & WANG, Z. Advances in the understanding of reactive oxygen species-dependent regulation on seed dormancy, germination, and deterioration in crops. In: *Front. Plant Sci.* 2022. 13:826809. Doi: 10.3389/fpls.2022.826809.
18. LONG, S., YUAN, B., HE, M. et al. Identification of ascorbate peroxidase family genes reveals expression of TkAPX250a confers heat stress tolerance in *Taraxacum kok-saghyz*. In: *Gene*. 2026. vol. 980, 149918. Doi: 10.1016/J.Gene.2025.149918.
19. MISHRA, N., JIANG, C., CHEN, L. et al. Achieving abiotic stress tolerance in plants through antioxidative defense mechanisms. In: *Front. Plant Sci.* 2023. 14, 1110622.
20. NAKANO, Y. & ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. In: *Plant Cell Physiology*. 1981. vol. 22, p. 867-880. <https://academic.oup.com/pcp/article-abstract/22/5/867/1835201>.
21. PETCU, E., ȚERBEA, L. C. Cercetări în domeniul fiziologiei plantelor de câmp la Fundulea. În: *An I.N.C.D.A. Fundulea*. 2007. vol. 75, p.431-458.
22. RAO, M. M., DUAN, M., ZHOU, C. et al. Antioxidant defense system in plants: Reactive oxygen species production, signaling, and scavenging during abiotic stress-induced oxidative damage. In: *Horticulture*. 2025. 11(5), 477; Doi: 10.3390/horticulturae11050477.
23. RENARD, D., MAHAUT, L., NOACK, F. Crop diversity buffers the impact of droughts and high temperatures on food production. In: *Environmental Research Letters*. 2023. 18: 045002. Doi: 10.1088/1748-9326/acc2d6.
24. RODRÍGUEZ-RUIZ, M., HOUMANI, H., MUÑOZ-VARGAS, M.A. et al. Detection of ascorbate peroxidase (APX) activity in plant tissues: Using non-denaturing PAGE and spectrophotometric assay. In: *Methods Mol. Biol.* 2024. 2798: p. 223-234. Doi:10.1007/978-1-0716-3826-2_16.
25. TIWARI, Y.K., YADAV, S. K. Effect of high-temperature stress on ascorbate–glutathione cycle in maize. In: *Agricul.Resear.* 2019. 9(2). Doi:10.1007/s40003-019-00421-x.
26. WANG, P.T., LIU, W.C., HAN, C. et al. Reactive oxygen species: Multidimensional regulators of plant adaptation to abiotic stress and development. In: *J. Integr. Plant Biol.* 2024. vol. 66, p. 330–367. Doi:10.1111/jipb.13601.
27. WU, S.Y., HOU, L.L., ZHU, J. et al. Ascorbic acid-mediated reactive oxygen species homeostasis modulates the switch from tapetal cell division to cell differentiation in *Arabidopsis*. In: *Plant Cell*. 2023. vol. 35, p. 1474–1495. Doi:10.1093/plcell/koad037.

28. XIANG, N., HU, J., WEN, T. et al. Effects of temperature stress on the accumulation of ascorbic acid and folates in sweet corn (*Zea mays* L.) seedlings. In: *J. Sci. Food and Agric.* 2020. vol.100, (4), p.1694-1701. Doi:10.1002/jsfa.10184.
29. XIAO, M., LI Z., ZHU, L., WANG, J. et al. The multiple roles of ascorbate in the abiotic stress response of plants: Antioxidant, cofactor, and regulator. In: *Front. Plant Sci.* 2021. 12:598173. DoI: 10.3389/fpls.2021.598173.
30. XUE, X., DU, S., JIAO, F. et al. The regulatory network behind maize seed germination: Effects of temperature, water, phytohormones and nutrients. In: *The Crop J.* 2021. p. 718–724. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.
31. YANG, X., ZHU, H., WEI J. et al. Primary root response to combined drought and heat stress is regulated via salicylic acid metabolism in maize. In: *BMC Plant Biology.* 2022. 22:417. Doi:10.1186/s12870-022-03805-4.
32. ZHENG, C., CHEN, J.-P., WANG, X.-W., Li, P. Reactive oxygen species in plants: Metabolism, signaling, and oxidative modifications. In: *Antioxidants.* 2025. 14, 617. Doi:10.3390/Antiox14060617.
33. Сибгатуллина Г. В., Хаертдинова Л. Р., Гумерова Е. А. и др. *Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений.* Казань: Казанский Федеральный университет, 2011. 61 с. <https://k.twirpx.link/file/1363679>.

N. B.: Cercetările au fost realizate în cadrul subprogramului 011101 „Abordări genetice și biotehnologice de management al agroecosistemelor în condițiile schimbărilor climatice”, finanțat de către Ministerul Educației și Cercetării al RM.

Date despre autori:

Maria CAUȘ, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator, Laboratorul Biochimia Plantelor, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-7914-3482

E-mail: mcaus2021@yahoo.com

Nicolai PLATOVSCII, doctor în științe biologice, cercetător științific, Laboratorul Biochimia Plantelor, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001- 6747-8226

E-mail: nik.plat@hotmail.com

Pantelimon BOROZAN, doctor în științe agricole, director adjunct pe probleme științifice, Instituția Publică „Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor”, Pașcani, Republica Moldova.

ORCID: 0000-0002-4142-2918

E-mail: pantelimon.borozan@yahoo.com

Prezentat: 01.03.2026

Recenzat: 12.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 582.929.4:581.9(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_26](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_26)

THYMUS LONGICAULIS C. PRESL - A PROMISING AROMATIC SPECIES INTRODUCED AND RESEARCHED IN THE BOTANICAL GARDEN

**Maricica COLȚUN,
Alina BOGDAN,**

Moldova State University

This paper investigates the biological development characteristics of *Thymus longicaulis* C. Presl, introduced to the pedoclimatic conditions of the Republic of Moldova. The study focuses on the ability of this species to adapt to these new environmental conditions, as well as the primary techniques of mobilization and propagation. *Thymus longicaulis* is evaluated as a promising aromatic species due to its high essential oil content, present in all aerial parts of the plant, which is characterized by a strong, pleasant aroma with distinctive notes. The chemical composition of the oil and its pronounced fragrance provide significant biological properties, including antiseptic, antioxidant and anti-inflammatory effects. Furthermore, the oil is widely used in gastronomy to enhance the flavour and aroma of culinary preparations. The species also shows potential in the cosmetic and aromatherapy industries. In addition to its aromatic and therapeutic value, *Thymus longicaulis* is recognized for its high potential as a nectar-producing plant and ornamental species. Based on these attributes, the species is recommended for the expansion of the range of promising aromatic plants.

Keywords: introduction, adaptation, biology, aromatic plants, aromatherapy, phytotherapy, cultivation, essential oil.

THYMUS LONGICAULIS C. PRESL - SPECIE AROMATICĂ DE PERSPECTIVĂ INTRODUSĂ ȘI CERCETATĂ ÎN GRĂDINA BOTANICĂ

Prezenta lucrare este consacrată cercetării particularităților biologice de dezvoltare ale speciei *Thymus longicaulis* C. Presl, introdusă în condițiile pedoclimatice ale Republicii Moldova. Sunt reliefate capacitatea de adaptare a speciei la noile condiții de mediu, precum și principalele modalități de mobilizare și înmulțire. *T. longicaulis* este evaluată ca specie aromatică promițătoare, datorită conținutului ridicat de ulei volatil prezent în toate organele aeriene, ulei caracterizat printr-un miros intens, plăcut, cu note distincte. Compoziția chimică valoroasă și aroma pronunțată conferă uleiului volatil proprietăți biologice importante, în special acțiuni antiseptice, antioxidante și antiinflamatorii, fiind totodată utilizat pe scară largă în gastronomie pentru îmbogățirea gustului și aromei preparatelor alimentare. De asemenea, specia prezintă interes pentru industria cosmetică și aromaterapie. Pe lângă valoarea sa aromatică și terapeutică, *T. longicaulis* se remarcă printr-un potențial melifer și ornamental ridicat. În acest context, specia poate fi recomandată pentru extinderea sortimentului de plante aromatice de perspectivă.

Cuvinte-cheie: introducere, adaptare, biologie, plante aromatice, aromaterapie, fitoterapie, cultură, ulei volatil.

Introduction

The growing global interest in natural medicine, with aromatherapy and phytotherapy playing a prominent role, is likely to place significant pressure on the conservation of certain plant species from the wild flora. In this context, the cultivation of new aromatic species with therapeutic properties, along with the scientific development of primary cultivation techniques, represents a critical approach for the protection and sustainable utilization of these plant resources. By introducing therapeutic species into cultivation, it is possible to mitigate the negative impact on wild populations and help preserve plant biodiversity [5]. Natural substances derived from plants, particularly medicinal and aromatic species, have been utilized for therapeutic purposes since ancient times. Aromatic and medicinal plants have played a foundational role in traditional medicine, with historical evidence tracing their use for over 5,000 years across Indian, Chinese, Egyptian, Greek, Roman and Persian civilizations. Additionally, plant-based traditional medicine has been integral to the medical practices of American, Arabic and Japanese cultures [11].

Due to its potential applications in various fields, including medicine, the cosmetic industry, and as food additives, the *Thymus* L. genus has garnered significant attention. Recent floristic research conducted on the flora of Bessarabia has confirmed the presence of six species of the *Thymus* L. genus: *T. moldavicus* Klokov & Des.-Shost, *T. coldei* Pinzaru, *T. pannonicus* All., *T. marschallianus* Willd., *T. glabrescens* Willd. and *T. pulegioides* L. [8].

Species of the *Thymus* L. genus are widely distributed worldwide [6, 7] and have been utilized in traditional medicine for centuries due to their antiseptic, carminative, antiviral and antioxidant properties [13]. Additionally, they are of interest as a source of pentacyclic triterpenoids, which exhibit a range of biological activities, including anti-inflammatory, hepatoprotective, antimicrobial, anti-HIV-1, anti-ulcer, gastroprotective, hypoglycemic, antihyperlipidemic and cytotoxic effects against various tumour cell lines [4]. One notable species introduced into the aromatic plant collection for investigation is *Thymus longicaulis* C. Presl. This species was obtained through collaboration with the coordinating researcher, Dr. Pavel Pânzaru, who brought it from Italy and introduced it to the collection in 2022 for further study.

Thymus longicaulis C. Presl. is native to southern Central and Southeastern Europe, extending to Sicily, Turkey, France and North Africa. It thrives in open habitats such as meadows, rocky areas, mountain pastures and clearings within European beech forests. The species is widely cultivated around the world for its medicinal and culinary applications [9]. According to literature data, the GC analysis of the essential oil has revealed the presence of 34 well-separated components, which account for 98.86% of the total oil. The primary constituents are α -terpineol acetate (67.52%), thymol (4.47%), limonene (3.58%), α -terpineol (3.43%) and γ -terpinene (2.07%). The essential oil of *T. longicaulis* consists of monoterpene hydrocarbons (11.20%), oxygenated monoterpenes (80.07%), sesquiterpenes (2.94%), oxygenated sesquiterpenes (0.79%) and 4.86% of other compounds. The oil is low in sesquiterpene hydrocarbons (3.66%), with only trace amounts of β -caryophyllene (1.54%), β -bisabolene (0.70%) and germacrene D (0.50%) [3].

The essential oil demonstrates antioxidant activity in the β -carotene/linoleic acid system, as observed in the conducted experiments. Additionally, the reducing power of the water extract was found to be superior to that of synthetic antioxidants [10].

Research has shown that the essential oil of *Th. longicaulis*, obtained from plants grown in Croatia, exhibits antimicrobial activity against common respiratory pathogens. The yield of essential oil, extracted by hydrodistillation from the aerial parts of the plant, was 1.2%. The analysis revealed a total of 41 compounds (99% of the oil's composition). The main constituents were thymol (46.3%), γ -terpinene (16.2%), methylthymol ether (11.4%) and p-cymene (9.4%). The essential oil demonstrated antimicrobial activity against all tested respiratory pathogens. The most sensitive strains were *Haemophilus influenzae* and *Streptococcus pneumoniae*, while *Staphylococcus aureus* showed the greatest resistance. These results suggest that the essential oil of *Th. longicaulis* is effective against clinically relevant respiratory pathogens that may develop resistance to conventional antimicrobial drugs [14]. *Th. longicaulis* C. Presl. is a small, perennial aromatic plant typical of the Illyrian-Mediterranean flora, traditionally used as a remedy for colds, flu, cough, nephritis and abdominal pain. The essential oil extracted from the plant is utilized in aromatherapy for its calming and relaxing effects. Additionally, it serves as a nectar-producing and ornamental plant, with high ground-covering potential, making it suitable for landscaping and gardening due to its attractive appearance [5].

Material and Methods Applied

The research conducted spanned from 2023 to 2025, with experiments carried out in the experimental field of the Plant Resources Laboratory. The plants were obtained from Italy in 2022 and are part of the aromatic plant collection of the Botanical Garden. They were cultivated in a partially shaded area with a southern exposure, following a general agro-technical background. Phenological observations and biometric measurements were performed throughout the growing season [12]. The essential oil content was determined based on the plant organ and its developmental stage [2]. Various methods of vegetative propagation were investigated, including division at the beginning of the growing season, layering, and generative propagation through seedling production from seeds and direct sowing in open fields.

Obtained Results and Discussions

The experimental results of the study demonstrated that *Thymus longicaulis* C. Presl., introduced from Italy and cultivated under local pedoclimatic conditions, behaves as a perennial plant, adapting favourably to its environment. The plants reach a height of 5 to 25 cm and exhibit the biological form of a chamaephyte, characterized by regeneration buds located 2 to 10 cm above the ground, which are protected by the snow layer during winter. The herbaceous parts of the plant die back annually, while the lignified basal portions remain dormant but viable. The stem is creeping, partially lignified, and has a tetragonal cross-section, determined by collenchyma bundles located at the four edges. The stem surface is covered with simple, deformed hairs, oriented downward, reaching a length of approximately 0.3 mm (Fig. 1.1).



1



2



3

Figure 1. The species *Thymus longicaulis* C. Presl.: 1. General aspect; 2. Inflorescence; 3. Essential oil extraction

The leaves are subsessile and arranged oppositely, with each pair oriented perpendicularly to the preceding one. The leaf blade varies in shape from narrowly elliptical to linear-spatulate. The upper surface is glabrous, while the lower surface shows weakly pronounced venation, with slightly anastomosing veins. Basal leaves are clustered at the base of the stems, typically consisting of 4 to 6 pairs per cluster, while the upper leaves progressively broaden toward the tips of the shoots. Stipules are absent.

The inflorescences consist of flowers grouped in erect whorls, with a variable shape ranging from spherical to ovoid. These inflorescences may be terminal or axillary and are distributed along the stem at irregular intervals. The bracts of the inflorescence are morphologically similar to the leaves. The flowers are hermaphroditic, zygomorphic and predominantly tetramerous or pentamerous, measuring 4 to 6 mm in length. The calyx is gamosepalous, distinctly bilabiate, campanulate, with five unequal sharp teeth – three corresponding to the upper lip and two to the lower lip. The surface of the calyx is pubescent and traversed by approximately 10 to 12 longitudinal veins. Its length ranges from 3 to 5 mm. The corolla is gamopetalous, bilabiate, and symmetric, with petals fused into a cylindrical-campanulate tube, partially enclosed by the calyx. The upper lip is elevated and slightly folded, while the lower lip is trilobate with oblong lobes. The colour of the corolla varies from light pink to violet and it reaches a length of 5 to 6 mm. Flowering occurs from May to August (Fig. 1.2). The bilabiate corolla represents a morpho-functional adaptation specific to entomophilous pollination. The upper lip protects the stamens and stigma, while the lower lip, through its colour and striations, attracts pollinating insects and serves as a landing platform while they visit the flowers. The fruit is a schizocarp composed of four dry, ovoid to oblong nutlets. The seeds fall to the ground by gravitational drop, and secondary dispersal predominantly occurs through insects, particularly ants (myrmecochory).

The perennial plants of *Th. longicaulis* entered the phase of vegetative regrowth in 2025 due to the high temperatures recorded in March, when daily average temperatures reached 8-9 °C, and the maximum air temperature on March 7 rose to +20 °C. Under these favorable thermal conditions, the growing season began between April 5 and 10. The last atmospheric frosts, with temperatures ranging from -1 to -3 °C, were recorded between April 27 and 29, affecting only a small percentage of the plants. In 2023 and 2024, the plants had already reached the budding phase by this time. Consequently, peak flowering occurred at the beginning of May and lasted for approximately 60 days. The fruits reached physiological maturity by mid-July.

The underground part of the plant consists of fasciculate roots and secondary adventitious roots, which develop from the nodes. Lignified taproots with a twisted appearance are also present. Numerous thin adventitious roots of variable length form along the underground portions of the aerial shoots. Together, these structures form a well-developed, robust fascicular root system, providing strong plant anchorage and high efficiency in the absorption of water and nutrients.

A distinctive feature of the species is the early resumption of vegetative growth, which is associated with a slow growth rate and compact size of the aerial shoots. During the first growing season, the plants complete the entire preparatory phase, with the immature phase lasting approximately 80 to 95 days.

At the end of the peak flowering phase, coinciding with the elongation of the main shoot, the formation of lateral shoots becomes more pronounced. The main shoot exhibits monopodial branching, a characteristic not maintained by the lateral shoots. Toward the end of the growing season, the plants enter the virginal age stage. By the beginning of winter, first-order lateral shoots become fully lignified, while second-order lateral shoots continue to grow, with internode length progressively decreasing from base to tip. Due to their compact arrangement and increased leaf density in the terminal area, the plants achieve full ground cover.

Th. longicaulis is a low-growing species with a compact habit and slow growth, valued for both its ornamental qualities and the aromatic properties of its leaves. Its small size makes it particularly suitable for use as a ground cover in ornamental or functional plantings. The leaves are small, narrow, dark green and highly aromatic due to the high essential oil content. During the summer, the plants produce abundant, small pink-lilac flowers arranged in dense inflorescences, playing a significant role in nectar production by attracting bees and other beneficial pollinating insects. *Th. longicaulis* thrives best under full sunlight, which enhances both flowering and the accumulation of aromatic compounds in the leaves.

For the first time, under the pedoclimatic conditions of the Republic of Moldova, the essential oil content in *Th. longicaulis* plants was determined at different phenological stages. In 2025, the highest essential oil content was observed during the peak flowering phase, with values ranging from 0.22-0.25% in fresh mass and 1.10-1.23% relative to dry mass. The maximum content in plant organs was recorded in the inflorescences, with 0.66-0.68% in fresh mass and 2.30-2.33% relative to dry mass (Fig. 1.3). Therefore, the optimal time for harvesting raw material is during the peak flowering phase, when essential oil concentration reaches its highest values.

Th. longicaulis prefers well-drained soils but demonstrates high ecological plasticity, thriving on a variety of soil types, including sandy and stony soils. Effective drainage is crucial to prevent water stagnation around the root system. Once fully established, the plant exhibits good drought tolerance, requiring irrigation only during prolonged heat periods or severe water shortages. The species develops optimally under intense light, with direct sun exposure promoting both enhanced flowering and the accumulation of aromatic compounds in the leaves. The plant's low water requirements and minimal maintenance needs make *Thymus longicaulis* an ideal choice for resource-efficient gardens and a viable option for cultivation in the context of climate change. Due to its high drought resistance, it can be cultivated on south-facing slopes. Pruning after the flowering period helps maintain a compact habit and stimulates the growth of new shoots. Removing aged or discolored parts is recommended to preserve plant vigor and health. With its dense ground cover, the species is ideal for filling spaces between stones or decorative slabs. Additionally, the aromatic leaves can be used as a culinary herb in gastronomy.

Propagation of *Th. longicaulis* can be achieved through direct sowing in the field, with the optimal sowing period being late autumn or early spring. Seeds should be sown approximately 50 cm apart in rows, at a depth of up to 1.0 cm. High yields can also be obtained by first growing seedlings in protected environments and then transplanting them into the field in May. Vegetative propagation is also effective, particularly by dividing mature clumps when their productivity becomes unprofitable. A section of the clump is removed, and the well-rooted outer parts are collected and replanted. Each clump can be divided into 7-12 vegetative units, each with a substantial number of well-developed adventitious roots at the base, ensuring a high success rate. *Thymus* can easily regenerate through stolons, providing an efficient, simple and cost-effective propagation method. The layering technique involves securing a creeping stem to the ground and covering it with a small amount of soil. After 6-8 weeks, roots will form, and the rooted portion can be cut and

transplanted. Additionally, propagation by cuttings was investigated. From June to August, shoot tips of 5-7 cm were collected, with the lower leaves removed, and planted in trays containing a sand-perlite mixture. Placed in light shade and kept slightly moist, rooting occurred in 3-5 weeks, with a high rooting success rate of 75-85%. The vegetative material is then planted in late autumn or early spring, depending on local pedoclimatic conditions.

Conclusions

The pedoclimatic conditions of the Republic of Moldova are favourable to the growth and development of *Thymus longicaulis* C. Presl., introduced as a promising aromatic species.

It completes its entire ontogenetic cycle, demonstrating a high adaptive potential. The plants are notable for their exceptional drought resistance, making them a viable alternative in the context of climate change.

The species propagates efficiently both vegetatively – through division of perennial clumps, layering and cuttings, as well as generatively, through direct sowing in the field or by using seedlings grown in a greenhouse. Flowering and fruiting occur in the first year of growth and continue for 5-6 years, with plants being monitored for long-term sustainability and productivity. The maximum essential oil content is produced during the peak flowering phase, beginning in the second year of vegetation, with values ranging from 0.22 to 0.25% in fresh mass and 1.10-1.23% in dry mass.

The main therapeutic activities of *Thymus longicaulis* include antiseptic, expectorant and spasmolytic effects, which are attributed to its essential oils and flavonoids. The major component of the essential oil is α -terpineol acetate, followed by thymol and limonene. *Th. longicaulis* stands out as a sustainable, attractive and cost-effective solution for garden landscaping in dry areas. This creeping species forms dense, low, aromatic carpets, making it an excellent alternative to traditional lawns, particularly in areas with intense sun exposure, such as rock gardens. The species is well-suited for cultivation under local pedoclimatic conditions and offers multiple uses as an aromatic, medicinal, melliferous and ornamental plant. However, *Th. longicaulis* requires further studies to optimize cultivation techniques, ensure the sustainable use of its resources and identify the key components of its essential oil.

Bibliography:

1. CAMPOLO, O., ZAPPALÀ, L., MALACRINÒ, A., LAUDANI, F., & PALMERI, V. Visiting flowers of *Thymus longicaulis* (Lamiaceae). *Plant Biosystems - An International Journal Dealing*.
2. CLEVENGER, J. F. *Apparatus for Volatile Oil Determination, Description of New Type*. *The Journal of the American Pharmaceutical Association*, 1928, 17, p. 345–349.
3. GRUJIC JOVANOVIĆ, S., MARIN, P. D., DZAMIC, A., & RISTIC, M. (2009). Essential oil composition of *Thymus longicaulis* from Serbia. *Chemistry of Natural Compounds*, 45, 265–266. <https://link.springer.com/journal/10600>
4. HUANG, M. T., HO, C. T., WANG, Z. Y., FERRARO, T., LOU, Y. R., STAUBER, K., ET AL. (1994). Inhibition of skin tumorigenesis by rosemary and its constituents carnosol and ursolic acid. *Cancer Research*, 54(3), 701–708.
5. MÁTHÉ, Á., NEFFATI, M., & NAJJAA, H. (2017). Introduction to medicinal and aromatic plants in Africa. In M. Neffati, H. Najjaa, & Á. Máthé (Eds.), *Medicinal and Aromatic Plants of the World - Africa* (Vol. 3). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1120-1_1
6. MORALES, R. (2002). The history, botany and taxonomy of the genus *Thymus*. In E. Stahl-Biskup & F. Sáez (Eds.), *Thyme: The Genus Thymus* (pp. 1–43). London: CRC Press Taylor & Francis Group. ISBN 0203216857
7. OZUDOGRU, E. A., KAYA, E., & KIRDOK, E. (2011). Development of protocols for short-, medium- and long-term conservation of thyme. *Acta Horticulturae*, 918, 43–50. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.918.3>
8. PÎNZARU, P. (2022). Genul *Thymus* L. (Lamiaceae) în flora Basarabiei. *Journal of Botany*, XIV(1(24)), 34–43. [https://doi.org/10.52240/1857-2367.2022.1\(24\).06](https://doi.org/10.52240/1857-2367.2022.1(24).06)
9. SANDRO, P. *Flora of Italy*. Volume 2, Bologna, Edagricole, 1982, ISBN 88-506-11. Conti, F., Abbate, G., Alessandrini, A., & Blasi, C. (2005). An annotated checklist of the Italian Vascular Flora. Rome: Palombi Editore. ISBN 88-7621-458-52449-2.

10. SARIKURKCU, C., OZER, M. S., ESKICI, M., TEPE, B., CAN, S., & METE, E. (2010). Essential oil composition and antioxidant activity of *Thymus longicaulis* C. Presl subsp. *longicaulis* var. *longicaulis*. *Food and Chemical Toxicology*, 48(7), 1801–1805. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.04.009>
11. SEN, S., CHAKRABORTY, R., & DE, B. (2011). Challenges and opportunities in the advancement of herbal medicine: India's position and role in a global context. *Journal of Herbal Medicine*, 1(3–4), 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2011.11.0>
12. SPARKS T. H., MENZEL A., STENSETH N.C. European Cooperation in Plant Phenology. *Climate Research*. (2009), vol. 39, 12 p.
13. STAHL-BISKUP, E. (2002). Thyme as a herbal drug: pharmacopoeias and other product characteristics. In E. Stahl-Biskup & F. Sáez (Eds.), *Thyme: The Genus Thymus* (pp. 293–316). London: CRC Press Taylor & Francis Group. ISBN 0203216857
14. VLADIMIR-KNEŽEVIĆ, S., KOSALEC, I., BABAC, M. ET AL. Antimicrobial activity of *Thymus longicaulis* C. Presl essential oil against respiratory pathogens. *cent.eur.j.biol.* 7, 1109–1115 (2012). <https://doi.org/10.2478/s11535-012-0088-2>

N. B.: The research was carried out with the support of the research Subprogram 010101 “Research and ex situ and in situ conservation of plant diversity in the Republic of Moldova”.

Data about authors:

Maricica COLȚUN, PhD in biological sciences, head of the “Plant Resources” Laboratory, “Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University.

ORCID: 0000-0001-8470-3616

Email: maricica.coltun@gb.us; maricicacoltun@gmail.com

Alina BOGDAN, researcher, “Plant Resources” Laboratory, “Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University.

ORCID: 0000-0002-2069-0454

Email: alinkabog90@gmail.com

Presented: 01.01.2026

Reviewed: 30.01.2026

Accepted for publication: 20.05.2026

CZU: 632.112(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_27](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_27)

EVALUAREA IMPACTULUI CONDIȚIILOR CLIMATICE EXTREME DIN ANUL 2025 ASUPRA TERITORIULUI REPUBLICII MOLDOVA

Maxim CORĂBIERU,

Universitatea de Stat din Moldova

Igor CODREANU,

Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”

Valeriu CAZAC,

Universitatea Tehnică a Moldovei

În ultimii 30 de ani teritoriul Republicii Moldova este expus în diferite perioade ale anului unui deficit de precipitații atmosferice, ceea ce duce la fenomenul natural de secetă.

În acest articol sunt expuse rezultatele cercetării unui studiu de caz cu privire la impactul acestui fenomen climatic, în care sunt analizate particularitățile sinoptice privind geneza secetei din vara anului 2025, raioanele administrative ale Republicii Moldova afectate de secetă, tipologia acesteia, impactul asupra economiei naționale și mediului.

Seceta în anul 2025 denotă faptul că în ultimele trei decenii fenomenul de secetă are o tendință constantă de manifestare în partea de Sud și Sud-Est a Republicii Moldova, fenomenul fiind determinat atât de încălzirea globală, cât și de presiunea antropică exercitată asupra mediului.

Cuvinte-cheie: *secetă, impact, culturi agricole, pagube, Republica Moldova, SPEI.*

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF EXTREME CLIMATE CONDITIONS IN 2025 ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Over the past 30 years, the territory of the Republic of Moldova has been exposed to a deficit of atmospheric precipitation at various times of the year, leading to the natural phenomenon of drought.

This article presents the results of a case study on the impact of this climatic phenomenon, analyzing the synoptic characteristics of the drought in the summer of 2025, the administrative districts of the Republic of Moldova affected by drought, its typology, and its impact on the national economy and the environment.

The drought in 2025 shows that, over the last three decades, drought has been a constant phenomenon in the south and southeast of the Republic of Moldova, caused by both global warming and anthropogenic pressure on the environment.

Keywords: *drought, impact, agricultural crops, damage, Republic of Moldova, SPEI.*

Introducere

În ultimii ani seceta este unul dintre cele mai frecvente și severe riscuri meteo-climatice care afectează în mare parte tot teritoriul Republicii Moldova, îndeosebi partea centrală și sud-est, cu consecințe directe asupra agriculturii, asupra resurselor de apă, asupra solurilor, ecosistemelor, cu larg impact economic și social.

Studiul de caz privind fenomenul de secetă din anul 2025 este esențial atât pentru evaluarea pierderilor economice, cât și pentru înțelegerea tendințelor meteo-climatice, care pot influența stabilitatea economică și de mediu a Republicii Moldova în următoarele decenii. Analiza acestui fenomen ne va permite identificarea lacunelor în sistemele de monitorizare, adaptare și gestionare a resurselor, contribuind la formularea unor strategii eficiente de reziliență la secetă a sectorului agricol, deoarece ramura agricolă și sectoarele conexe asigură securitatea alimentară națională.

Ce este seceta de fapt și cum se manifestă? În acest articol vom încerca să răspundem la această întrebare începând chiar cu o explicație a termenului de *secetă*.

Conform glosarului de termeni prezentat de către Serviciul Hidrometeorologic de Stat *Secetă este un fenomen natural ce se manifestă într-o perioadă îndelungată de primăvară sau vară cu temperaturi înalte ale aerului, umiditate relativă scăzută și evaporare intensă. Face parte din fenomenele climatice extreme, care pot fi descrise prin intermediul unor indicatori meteorologici extremi. Unul dintre acești indicatori este temperatura aerului, în particular, anomalia ei pozitivă, care în timpul secetelor poate atinge 5-10°C. În aceste condiții rezervele de apă din sol se micșorează mult, ceea ce creează premise nefavorabile dezvoltării normale a plantelor. Se deosebesc: seceta atmosferică (cu precipitații foarte reduse, temperaturi ridicate și umiditate scăzută a aerului) și seceta pedologică (survine atunci când rezervele de apă din sol sunt epuizate). Seceta pedologică depinde în mare măsură de structura solului [17].*

Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 779 din 04.10.2013 cu privire la aprobarea Regulamentului cu privire la planificarea gestionării secetei are drept scop reglementarea aspectelor referitoare la monitorizarea și prognozarea fenomenelor hidrometeorologice care au ca efect producerea secetei, starea de secetă, consecințele secetei, unde este specificat ce reprezintă, cine și cum trebuie să acționeze, menționându-se cele mai importante noțiuni:

- *seceta meteorologică* reprezintă reducerea semnificativă a precipitațiilor comparativ cu nivelurile normale pe termen lung care se înregistrează pe parcursul unei perioade definite de timp, însă care nu neapărat cauzează efecte adverse;

- *seceta hidrologică* reprezintă reducerea semnificativă a nivelului apei în râuri, lacuri de acumulare sau a nivelului apelor subterane comparativ cu nivelul normal care se înregistrează pe parcursul unei perioade de timp specifică pentru fiecare bazin hidrografic;

- *impact al secetei* este efectul specific asupra economiei și societății, care este o consecință a vulnerabilității;

- *indici ai secetei* sunt reprezentări numerice calculate ale severității secetei evaluate, folosind intrări climatice sau hidrometeorologice care urmăresc să măsoare starea calitativă a secetei pentru o anumită perioadă de timp, de exemplu SPI, SPEI etc.

Pentru a evalua severitatea unei secete, variabilele fizice (precipitații, temperaturi, debite etc.) sunt de obicei traduse în indici de secetă, diferența dintre valorile acestora și pragul utilizat pentru a definirea nivelului de uscăciune este considerată ca descriere a severității unei secete.

În scopul analizei secetei, o serie de indicatori și indici consacrați se utilizează pe scară largă la nivel internațional. În majoritatea studiilor cu referire la secetă, precipitațiile și temperatura sunt criteriile dominante utilizate pentru a raporta apariția secetei. O astfel de abordare este de așteptat din cauza ușurinței de utilizare a indicilor de secetă meteorologică.

Indicele de evapotranspirație standardizat al precipitațiilor (SPEI), utilizat pe scară largă, a fost dezvoltat ca o extensie a indicelui standardizat al precipitațiilor (SPI). SPEI se calculează ca un bilanț al apei (Precipitații Evapotranspirație Potențială) pentru diferite perioade de timp.

Valorile pozitive ale SPEI indică perioade umede, în timp ce valorile negative indică seceta. Valorile cuprinse între -0,99 și 0,99 indică condiții normale de umezire (tabelul 1) [7, 8, 11].

Tabelul 1. Clasificarea Indicelui Standardizat al Precipitațiilor și Evapotranspirației

VALOAREA SPEI	CLASA DE SEVERITATE A SECETEI
> 2,0	Extrem de umed
1,5 – 2,0	Sever umed
1,0 – 1,5	Moderat umed
0,5 – 1,0	Ușor umed
0,5 – - 0,5	Normal
- 0,5 – - 1,0	Ușor Uscat
- 1,0 – - 1,5	Secetă moderată
- 1,5 – - 2,0	Secetă severă
< - 2,0	Secetă extremă

Indicii de secetă hidrologică sunt utilizați mai puțin frecvent în comparație cu celelalte două categorii: meteorologică și agro-climatică.

SDI (Streamflow Drought Index) este un indice modern și robust utilizat pentru evaluarea secetei hidrologice. A fost dezvoltat folosind metodologia de calcul utilizată pentru indicii SPI (Indicele Standardizat al Precipitațiilor), pornind de la valorile lunare ale debitului și metodele de normalizare asociate cu SPI.

Pe baza SDI se definesc stări de secetă hidrologică care sunt identice cu cele utilizate în indicii de secetă meteorologică SPI și SPEI, unde sunt luate în considerare 5 stări, care sunt notate printr-un număr întreg care variază de la 0 – 4 (tabelul 2).

Tabelul 2. Clasificarea secetelor hidrologice după SDI

STAREA	CLASA DE SEVERITATE A SECETEI	VALOAREA SPEI
0	Fără secetă	< 0
1	Secetă ușoară	- 1,0 – 0
2	Secetă moderată	- 1,5 – - 1,0
3	Secetă severă	- 2,0 – - 1,5
4	Secetă extremă	< - 2

Conform valorilor înregistrate în rețeaua de observații agrometeorologice, amplasate pe teritoriul Republicii Moldova, autoritățile și factorii de decizie au făcut deducții și au luat decizii în temeiul indiciilor de ariditate (SPEI – Standardized Precipitation Evapotranspiration Index care caracterizează gradul de umiditate al teritoriului), care reprezintă gradul de corespundere a clasei de severitate a secetei pentru fiecare unitate administrativă (tabelul 3).

Indicele SPEI este calculat în baza Metodologiei privind evaluarea stării de secetă, aprobată prin Ordinul nr. 44 din 27 martie 2025 de către Ministerul Mediului al Republicii Moldova în conformitate cu HG nr. 779/2013.

Secetă agro-pedologică este considerată atunci când valoarea SPEI este de -1,0 (minus 1,0) și mai scăzută într-o perioadă de minim 3 luni [9, 10, 14, 15].

Tabelul 3. Valorile SPEI și clasa de severitate înregistrată în raioanele afectate în vara anului 2025

RAIONUL AFECTAT	VALOAREA SPEI	CLASA DE SEVERITATE
ANENII NOI	-1,1	2 (SECETĂ MODERATĂ)
CAHUL	-1,6	3 (SECETA SEVERĂ)
CĂUȘENI	-1	2 (SECETA MODERATĂ)
CRIULENI	-1,9	3 (SECETA SEVERĂ)
ȘTEFAN VODĂ	-1,8	3 (SECETĂ SEVERĂ)
TARACLIA	-1,9	2 (SECETA SEVERĂ)
UTA GĂGĂUZIA	-1,8	3 (SECETA SEVERĂ)

În tabelul de mai sus au fost acumulate valorile SPEI din toate raioanele care au fost afectate de secetă și le-au fost atribuite clasele de severitate conform valorii SPEI.

Putem menționa că în raioanele Anenii Noi și Căușeni conform clasei de severitate a fost înregistrată *secetă moderată*, dar în Cahul, Criuleni, Stefan Vodă, Taraclia și UTA Găgăuzia valoarea SPEI este una între -1,6 și -1,9, ceea ce definește clasa de severitate drept *secetă severă* [12, 13].

În hartă (figura 1) sunt indicate raioanele și localitățile unde seceta din vara anului 2025 a provocat pagube estimate de comisiile pentru situații excepționale.

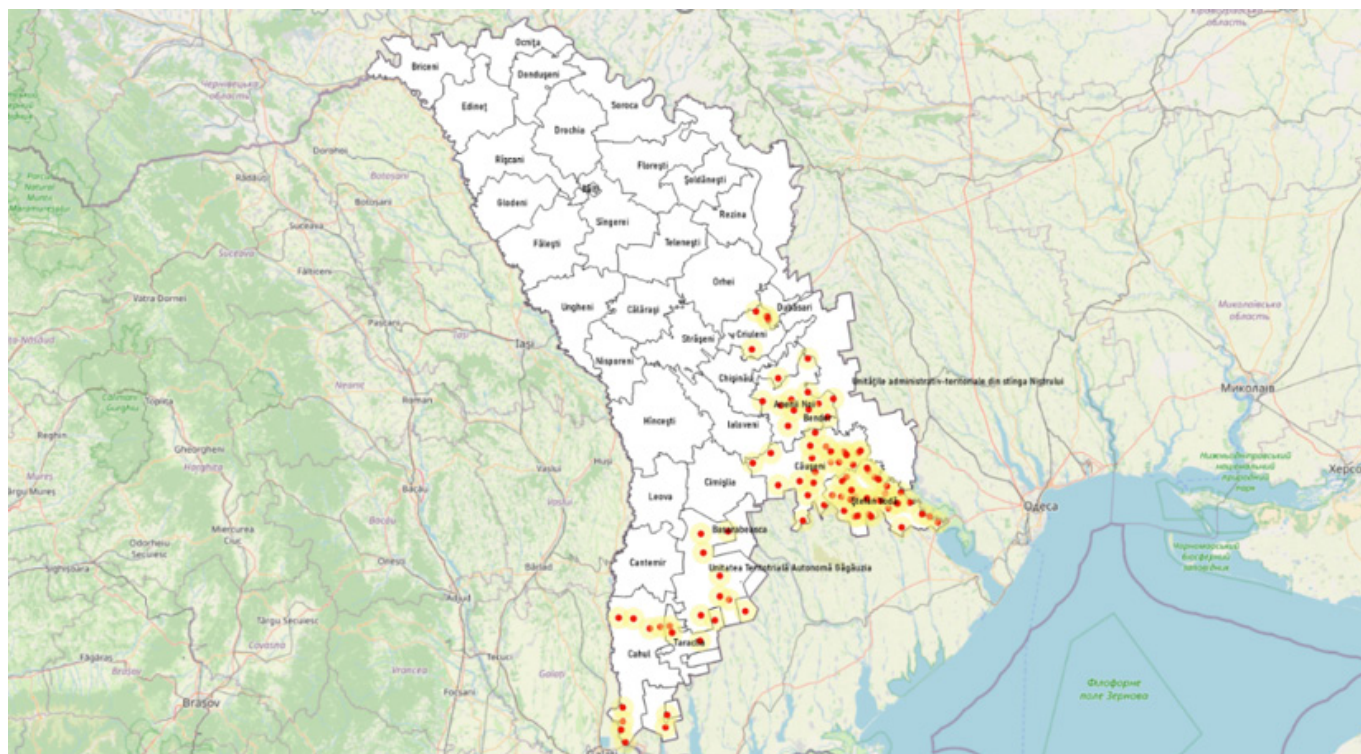


Figura 1. Harta Moldovei cu toate raioanele afectate de secetă în anul 2025

Materiale și metode

În scopul cercetării impactului secetei din anul 2025 au fost utilizate atât datele statistice acumulate de către Serviciul Hidrometeorologic de Stat, cât și rapoartele cu privire la prejudiciile materiale aduse agricultorilor de acest fenomen, cu întocmirea tuturor actelor de constatare de către comisiile pentru situații excepționale din raioanele administrative și prezentate IGSU [12, 13].

În acest studiu au fost utilizate metode și mijloace de lucru moderne, precum: metoda de observare în teren, metoda de colectare și prelucrare matematică a datelor statistice, istorică și comparativă, s-au utilizat instrumentele puse la dispoziție de sistemele informaționale geografice, de prelucrare și reprezentare grafică (hărți și diagrame) a informației [2].

Metoda geografică reprezintă ansamblul de procedee sistematice prin care este analizat un fenomen în funcție de localizarea sa. În articol au fost utilizate preponderent metode geografice aplicate în birou, pe baza datelor și observațiilor colectate pe teren.

Pentru evaluarea impactului secetei din vara anului 2025 în raioanele afectate ale Republicii Moldova au fost folosite mai multe metode de cercetare:

Metoda observației a permis identificarea directă a consecințelor vizibile ale secetei în zonele din Centru și Sud-Est ale Moldovei.

Metoda cartografică a fost utilizată pentru elaborarea și interpretarea hărților la scară mică, care au evidențiat distribuția spațială a fenomenului și impactul acestuia pe raioane.

Metoda inductivă a facilitat trecerea de la date particulare la concluzii generale privind manifestarea secetei și trăsăturile ei esențiale.

Metoda analizei a permis structurarea și interpretarea seriilor de date referitoare la pagube, culturile afectate și suprafețele calamitate.

Metoda statistică a oferit șiruri de date anterioare și actuale, necesare pentru cuantificarea exactă a suprafețelor afectate și a prejudiciilor.

Metoda comparativă, care a constatat în evaluarea și compararea datelor statistice pe parcursul anilor 2010 – 2025, incluzând numărul de situații excepționale de secete, cât și impactul asupra economiei naționale, prin pagubă materială estimată în mln. lei.

Metoda istorică a fost mereu aplicată în majoritatea lucrărilor științifice încă din cele mai vechi timpuri, odată cu dezvoltarea concepției evoluționiste în știință. Metoda istorică a stat la baza cercetării fenomenelor meteo-climatice de risc în orice perioadă de timp. Bazele de date ale Serviciului Hidrometeorologic de Stat și Inspectoratului General pentru Situații de Urgență au reprezentat o valoare în orice cercetare. În articolul nostru valoarea istorică a datelor reprezentate în grafice arată evoluția modificărilor climatice pe teritoriul Republicii Moldova.

Aceste metode combinate au permis descrierea clară a desfășurării spațiale și a impactului secetei asupra teritoriului Republicii Moldova [1, 3, 4, 5, 6].

Rezultate obținute și discuții

Conform datelor prezentate de Serviciul Hidrometeorologic de Stat, vara anului 2025 în Republica Moldova a fost una caniculară, cu un deficit de precipitații, temperatura medie a aerului în sezonul de vară a variat între **+20,5 - +23,9°C**, fiind cu **1,2-2,7°C** mai ridicată față de normă. Cercetările demonstrează că aceste temperaturi se atestă în medie o dată în 5-15 ani din toată perioada de observații, iar în ultimii 20 de ani – în medie o dată în 2-5 ani.

Temperatura maximă a aerului pe parcursul verii a urcat până la **+39°C** (august, SM Dubăsari, Tiraspol, Comrat, Ceadâr-Lunga, Cahul), ce se atestă în medie o dată în 3-5 ani în ultimii 20 de ani. Temperatura minimă a aerului a scăzut până la **+5°C** (august, SM Bravicea, Bălțați).

Vreme caniculară s-a stabilit în luna iulie, temperatură medie lunară a aerului fiind între **+21,8 și +25,8°C** și depășind norma cu **2,0-3,5°C**, ceea ce se semnalează în medie o dată în 7-15 ani. Numărul zilelor cu temperatura maximă a aerului $\geq 35^{\circ}\text{C}$ în luna iulie pe o mare parte a teritoriului țării a constituit 1-10 zile (norma fiind 1 zi), situație ce se semnalează în medie o dată la 5-15 ani.

Izolată, în jumătatea de sud a țării, numărul acestora a atins 11-14 zile, ceea ce se atestă în medie o dată la 20 ani. Cantitatea de precipitații pe parcursul verii pe 80% din teritoriu a constituit **60-160 mm (35-70% din normă)**. În unele raioane (15% din teritoriu) suma acestora nu a depășit **30-50 mm (20-25% din normă)**, ceea ce în perioada de vară se atestă în medie o dată la 20-30 ani. Doar izolat (SM Briceni, PAM Edineț) au căzut 210-215 mm (90-95% din normă).

Cantitatea precipitațiilor *căzute în Republica Moldova, pe regiuni* a constituit:

- în partea de nord – în fond 85-160 mm (45-70% din normă), doar izolat – 210-215 mm (90-95% din normă);
- în partea de centru – în fond 75-145 mm (40-70% din normă), pe alocuri – 30-50 mm (20-25% din normă);
- în partea de sud – 45-75 mm (25-50% din normă).

Un deficit semnificativ de precipitații, aproape pretutindeni pe teritoriu, s-a observat în lunile iunie și august. Comparativ cu vara din anul 2024, temperatura medie a aerului în acest sezon a fost cu 1,5-2,5°C mai scăzută. Sezon analog după regimul termic a fost anul 2023.

În arhiva bazei de date a IGSU pentru anii 2010-2025 s-a constatat că, în această perioadă, cele mai semnificative pagube provocate de secetă, raportate de către comisiile pentru situații excepționale, au fost în anii 2012, 2015, 2019, 2020, 2022, 2023, 2024 și 2025. Această informație statistică denotă faptul că 8 ani din cei menționați în cercetare au fost secetoși, iar începând cu anul 2022, seceta se înregistrează consecutiv practic în fiecare an.

Totodată, analiza frecvenței cu care se repetă fenomenul de secetă în centrul și sudul Republicii Moldova arată că iar fiecare al 2-lea an este secetos, în comparație cu concluziile expuse în cercetările anterioare potrivit cărora fiecare al 3-lea an era secetos.

Aplicând metoda comparativă, am evaluat ponderea pagubelor raportate de comisiile pentru situații excepționale pentru fiecare an din ultimii 15 studiați, anul 2020 fiind în top cu pagube estimate la 5 mlrd. 986 mln 500 mii lei (*figura 2*).

Analiza pagubelor provocate de fenomenul de secetă din anul 2025 și a pagubelor provocate de seceta din ultimii 15 ani confirmă afirmațiile, că fenomenul de uscăciune și secetă provoacă cele mai mari pagube materiale economiei Republicii Moldova, până la 62%, din toate pagubele provocate de fenomenele meteo-climatice [3, 12, 13, 14, 16].

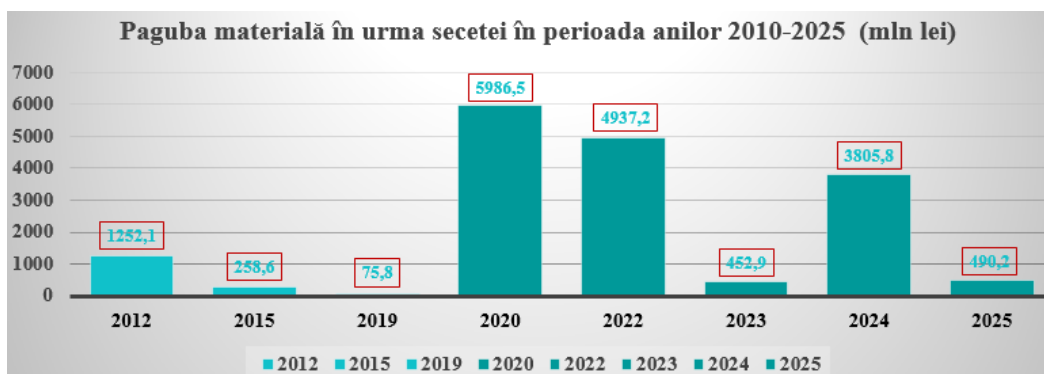


Figura 2. Impactul secetei asupra culturilor agricole ce a fost înregistrat în ani 2010-2025

Efectuând o analiză detaliată a informațiilor statistice documentate din baza de date a IGSU, în urma situației excepționale de *secetă* înregistrată în vara anului 2025, putem menționa că au fost afectate mai multe suprafețe de culturi și semănături agricole (*porumb, floarea soarelui, grâu, orz, rapiță, legume și altele*), inclusiv și suprafețe de livezi și vii, cele mai afectate de secetă fiind (*figura 3 și 8*): *floarea soarelui, porumbul și grâul*, alte culturi agricole, în total fiind afectate 49 mii 924 ha [12, 13].

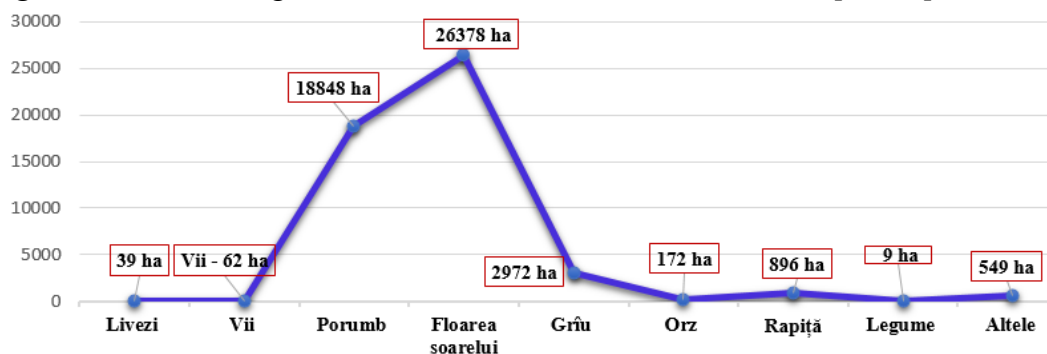


Figura 3. Suprafețele de culturi agricole afectate de secetă în 2025



Fig. 4 și 5. Lanuri de floarea soarelui puternic afectate de secetă în vara anului 2025, raionul Căușeni



Fig. 6 și 7. Lanuri de floarea-soarelui și porumb afectate puternic de secetă în vara anului 2025, r. Taraclia

În urma secetei din anul 2025 au fost calculate pentru fiecare raion administrativ afectat (figura 6) pagubele materiale suportate, exprimate în mln. lei [12, 13].

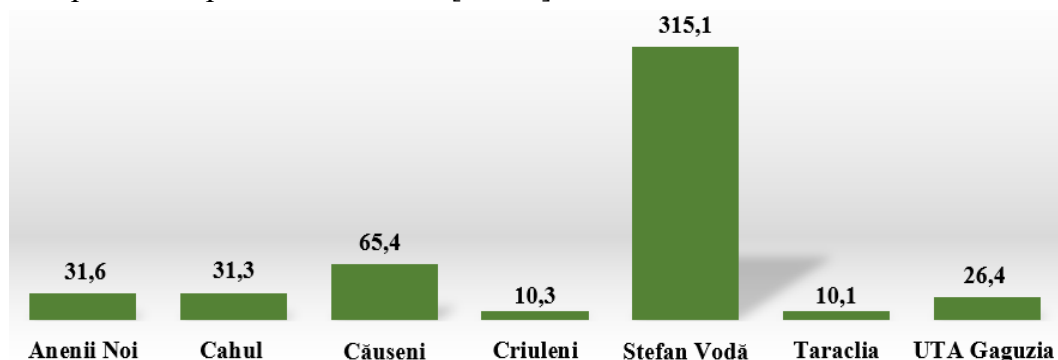


Figura 8. Raioanele afectate și paguba înregistrată în urma secetei din vara anului 2025 (mln. lei)

Concluzii și recomandări

Seceta este unul dintre fenomenele meteo-climatice ce provoacă pagube majore economiei și mediului, 62% din ponderea pagubelor fiind atribuite uscăciunii și secetei.

Fenomenul de secetă se manifestă tot mai frecvent pe teritoriul Republicii Moldova, unde 8 ani din ultimii 15 au fost secetoși, iar începând cu anul 2022 seceta este înregistrată consecutiv în fiecare an.

Seceta severă și moderată din anul 2025, care a fost înregistrată în raioanele preponderent amplasate în sud și sud-estul Republicii Moldova, a reprezentat unul dintre cele mai puternice șocuri meteo-climatice asupra economiei și mediului, accentuând vulnerabilitatea structurală a sectorului agricol și a comunităților rurale.

Sectorul guvernamental, academic și societatea civilă sunt indisponibile să evalueze pagubele provocate de valurile de căldură, uscăciune și secetă asupra mediului, lipsesc metodici și persoane abilitate și instruite pentru a evalua impactul atât asupra florei, faunei, resurselor de sol și apă, cât și asupra serviciilor ecosistemice.

Seceta din 2025 a scos în evidență capacitățile insuficiente ale infrastructurii de irigație, dependența agriculturii de precipitații naturale, procesele de degradare a solului și lipsa unui sistem consolidat de management al riscurilor climatice.

Pentru adaptarea sectorului agricol la condiții tot mai aride și pentru a atenua impactul fenomenului de secetă, autorii propun unele recomandări, ce conțin mai multe măsuri pro-active în scopul consolidării rezilienței sectorului agricol și rural la fenomenul de secetă:

- consolidarea infrastructurii de irigație și implementarea unor strategii regionale în acest domeniu;
- utilizarea soiurilor și hibrizilor rezistenți la secetă, adaptarea calendarului de semănat și diversificarea culturilor agricole;
- împădurirea terenurilor degradate, reabilitarea și plantarea de noi fâșii forestiere de protecție pentru combaterea eroziunii, deșertificării și reducerea pierderii de apă;
- dezvoltarea și subvenționarea asigurărilor agricole împotriva secetei pentru toate categoriile de fermieri;
- crearea unor platforme digitale de alertă timpurie pentru fermieri, cu recomandări aplicate pe localitate (momentul optim al lucrărilor agricole, riscuri de ariditate etc.);
- consolidarea cooperării cu instituțiile internaționale pentru acces la date climatice avansate;
- instruirea fermierilor în practici de agricultură climat-inteligentă, managementul apei și adaptare la condițiile climatice.
- instruirea persoanelor și elaborarea metodicilor de evaluare a pagubelor provocate de uscăciune și secetă mediului.

Bibliografie:

1. Armaș Iuliana. Teorie și metodologie geografică. Ed. Fundația România de mâine, București, 2006.
2. Bojariu R., Bîrsan, M., Cică R., Velea L., Burcea S., Dumitrescu Al., Dascălu S., Gothard M., Dobrinescu A., Cărbunaru F., Marin L. Schimbările climatice – de la bazele fizice la riscuri și adaptare. Administrația Națională de Meteorologie, Edit. Pinteș, București, 2015, 214 p.

3. Cazac Valeriu, Mihail Daradur. Planul Național privind Seceta în Republica Moldova. ISBN 978-9975-3323-0-9. Chișinău, Estetini, 2019.
4. Cazac Valeriu. Impactul fenomenelor meteo-climatice de risc din perioada caldă a anului de pe teritoriul Republicii Moldova la începutul secolului XXI și posibilități de atenuare C.Z.U: 551.583:574(478) „20”(0432). Chișinău-2023.
5. Coteș Petre V., Nedelcu Eugen. Principii, metode și tehnici moderne de lucru în geografie, editura Didactica și pedagogia, București, 1976.
6. Morariu T., Velcea Valeria. Principii și metode de cercetare în geografia fizică. Ediția Academiei R.S.R., București, 1971.
7. EC (2010) Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management. EUROPEAN COMMISSION, Brussels.
8. KNUTSON, C., HAYES, M., and PHILLIPS, T.: How to reduce drought risk, Drought Mitigation Center Faculty Publications, 168, available at: <https://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/168>, 1998.
9. LLOYD-HUGHES, B.: The impracticality of a universal drought definition, *Theor. Appl. Climatol.*, 117, 607–611, 2014.
10. MISHRA, A. K. and SINGH, V. P.: A review of drought concepts, *J. Hydrol.*, 391, 202–216, 2010 6.
11. VICENTE-SERRANO, S. M., S. BEGUERÍA, and J. I. LÓPEZ-MORENO, 2010: A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *J. Climate*, 23, 1696–1718, <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>
12. https://igsu.gov.md/sites/default/files/media/documents/2026-02/6.Analiza_SE%2009%20Luni%202025.pdf
13. <https://igsu.gov.md/sites/default/files/media/documents/2026-01/Analiza%20SE%202010-2025.pdf>
14. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/54-64_14.pdf
15. https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=141830&lang=ro#
16. <https://www.meteo.md/images/uploads/clima/2025/vara2025>
17. <https://www.meteo.md/index.php/clima/terminologie-si-unitati-de-masura/glosar-de-termeni/s/>

Date despre autori:

Maxim CORĂBIERU, student doctorand, anul II, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0004-7459-6246

E-mail: corabierumaxim@gmail.com

Igor CODREANU, doctor, conferențiar universitar, Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”.

ORCID: 0000-0001-5410-2086

E-mail: igorcodr@gmail.com

Valeriu CAZAC, doctor în științe ale mediului, Universitatea Tehnică a Moldovei.

ORCID: 0009-0009-1153-399X

E-mail: valeriucazac06@gmail.com

Prezentat: 27.02.2026

Recenzat: 23.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 582.572.7:581.9(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_28](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_28)

SPATIAL ECOLOGICAL NICHES MODELLING FOR REINTRODUCTION OF *IRIS PONTICA* ZAPAŁ. (MAGNOLIOPHYTA) IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

**Olga CRIVOVA,
Ghenadii SÎRODOEV,
Tatiana IZVERSCAIA,
Veaceslav GHENDOV,**

Moldova State University

This paper presents the results of a study on spatial ecological niche modeling of a rare spontaneous vascular plant species from the Iridaceae family – *Iris pontica* Zapał. The species is protected by law and is included in the Red Book of the Republic of Moldova (2nd and 3rd editions). The aim of the study was to identify suitable habitats for subsequent reintroduction using current data on the species' distribution and stationary occurrence in the Republic of Moldova. A model generated by the MaxEnt program was used. Six final bioclimatic indexes had been used to generate the probabilistic map of spatial ecological niches for *Iris Pontica*. Several zones with a high probability of the presence of these ecological niches were identified. The species were reintroduced in a steppe habitat based on spatial ecological niche modeling.

Keywords: *spatial modeling, Iris pontica, Republic of Moldova, bioclimatic indexes, spatial distribution models, maximum entropy model, receiver operating characteristic, training sensitivity plus specificity.*

MODELAREA NIȘELOR ECOLOGICE SPAȚIALE PENTRU REINTRODUCEREA *IRIS PONTICA* ZAPAŁ. (MAGNOLIOPHYTA) ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Această lucrare prezintă rezultatele unui studiu privind modelarea nișei ecologice spațiale a unei specii rare de plante vasculare spontane din familia Iridaceae – *Iris pontica* Zapał. Specia este protejată prin lege și este inclusă în Cartea Roșie a Republicii Moldova (edițiile a II-a și a III-a). Scopul studiului a fost identificarea habitatelor potrivite pentru reintroducerea ulterioară, utilizând date actuale privind distribuția și exigențele staționale a speciei în Republica Moldova. A fost utilizat un model generat de programul MaxEnt. Pentru generarea hartei probabilistice a nișelor ecologice spațiale pentru *Iris Pontica* au fost utilizați șase indici bioclimatici finali. Au fost identificate mai multe zone cu o probabilitate mare de prezență a acestor nișe ecologice. Speciile au fost reintroduse într-un habitat de stepă pe baza modelării nișei ecologice spațiale.

Cuvinte-cheie: *modelare spațială, Iris pontica, Republica Moldova, indici bioclimatici, modele de distribuții spațiale, modelul entropiei maxime, caracteristica de funcționare a receptorului, sensibilitatea de antrenament plus specificitatea.*

Introduction

The flora of the Republic of Moldova is characterized by the presence of a large number of rare and endangered species of vascular plants of various rarity categories. Rare species of various rarity categories currently constitute approximately 30% of the total flora [3, 11, 18, 21, 35]. The rarest taxa are included in the Lists of State Protected Species [38] and in the Red Data Book of the Republic of Moldova [4]. The conservation status of plants is one of the most widely used indicators for assessing the extent of their possible extinction in the wild. It also provides an important tool in establishing priorities for species conservation.

Vascular plants are subject to the same threats as any other wild species, which, fundamentally, are caused by the conflict between supply and demand for natural resources [28]. The species assessed are therefore mainly affected by loss, degradation and/ or increased fragmentation of their habitats that result from unsustainable human mismanagement of the environment. However, the scale of destruction of biocenoses in many regions often leaves no opportunity to preserve plants in natural conditions.

In this regard, the reintroduction of the rarest species into surviving natural areas, and in the future the restoration and reconstruction of entire communities, should be considered as promising measures to save endangered plants [34]. Reintroduction is the restoration of a species in habitats or areas that were once part of its historical range, and where it was destroyed or disappeared [5, 16, 17].

The efforts in effective in-situ conservation of rare and endangered plants require knowledge of the relationships between species habitat and the environmental factors that shapes it, in other words, their spatial ecological niche. The maximum entropy method used in MaxEnt software allows modeling the spatial distributions models of species (SDMs) based on their occurrence data and environmental variables by finding the geographic range which is closest to geographically uniform while still subjected to the constraints imposed by abiotic factors at presence locations [22]. The principle of maximum entropy states that the most characteristic probability distributions of states of an uncertain environment are those distributions that maximize the chosen measure of uncertainty given the information about the “behavior” of the environment. It uses correlational machine-learning and has a wide application in ecology, in the correlated fields of species distributions and environmental niche modelling [2, 33].

The aim of this study was to model the habitat of a rare and endangered species, *Iris pontica* Zapal. for reintroduction into the wild with the aim of increasing the number of habitats and increasing the size of local populations.

Materials and Methods

MaxEnt takes as input a list of species presence locations, often referred to as presence-only data (PO), and a set of predictors of environmental “behavior” (e.g., precipitation, temperature) in a user-specified landscape that is divided into grid cells. The presence of a species at background locations is unknown. From this landscape, MaxEnt extracts a sample of background locations, which it compares to the presence locations. Since the total population size is unknown when modeling the ecological niches of biological species, the model generated by MaxEnt predicts a relative occurrence rate (ROR) for each grid cell, which is calculated as the relative probability that a cell in the background location sample is contained in the presence location sample. The maximum entropy model also yields species distribution models (SDMs), in which case the assumption is that we take a random sample of cells in the landscape to determine the presence of a species in them. MaxEnt then predicts the probability of the species being present in each individual cell by transforming the relative frequency of the species using a logistic function, and produces so-called logistic output for each cell in the landscape. This type of output transformation estimates the probability of the species being present between 0 and 1, with the default probability of the species being present at a “typical” presence point being 0.5. This assumption works well in the absence of so-called sampling bias, where, for example, sampling of a species is done closer to populated areas or roads because it is more convenient, and not because the species is most common in these areas.

Although there were several authors who had analyzed the Spatial Distribution Models (SDMs) for Genus *Iris*, either from the point of view of studying the expansion of invasive species [13, 24] or conservation of the rare ones [1, 22, 30, 31], there were no previous works analyzing the ecological niches of *Iris pontica* using the maximum entropy method. The synphytoindication method, which uses 12 factors characterizing soil and climate, and grades the species according to their tolerance amplitude to each of them and their occurrence in the survey, was used on *Iris pontica*, among the other species, in the works of Didukh, who is building up on the methodology of Tsyganov [29]. However, only the scales that reflect how the species are limited by the above-mentioned factors are studied there (similar to Ellenberg’s scales [8, 9]).

Iris pontica EUNIS habitat type [6] was classified as continental dry grassland (true steppe) in Ukraine, although the data from the National Botanical Garden (Institute) from Republic of Moldova was not used in the research [7, 10].

It was noted that the MaxEnt software at its default cloglog transform output produces the exact same model that can also be obtained if one maximizes the likelihood of an exponential model obtained from an inhomogeneous Poisson process. In general, the cloglog output is often used both as habitat suitability index and in order to estimate the probability of occurrence [27].

The data used were 20 bioclimatic indexes recalculated for Republic of Moldova area, on the basis of raw data from State Hydrometeorological service's meteorological stations, which allowed us to increase the resolution of the predictors from 1 km (30 arc seconds) in BIOCLIM to 200 meters (9 arc seconds) (WGS 84 datum) for the author predictors. The starting raw data that we used were the monthly means of daily minimum and maximum temperatures, the monthly average temperatures and total monthly precipitation for 18 meteorological stations: (Bălțata, Bălți, Bravicea, Briceni, Cahul, Camenca, Ceadir-Lunga, Chișinău, Codrii, Comrat, Cornești, Dubăsari, Fălești, Leova, Rîbnița, Sorocea, Ștefan-Vodă, Tiraspol) for the period of 1991-2020.

We were using the USGS methodology [19] that had been building up on the Hijman's BIOCLIM set of predictors with some minor additions [15] (Table 1).

Table 1. List of bioclimatic predictors and their formulas used in the study

Code	Brief description	Code	Brief description
BIO1	Annual mean temperature	BIO10	Mean temperature of warmest quarter
BIO2	Annual mean diurnal range	BIO11	Mean temperature of coldest quarter
BIO3	Isothermality	BIO12	Annual precipitation
BIO4	Temperature seasonality (Standard deviation)	BIO13	Precipitation of wettest month
BIO4a	Temperature seasonality (Coefficient of variation)	BIO14	Precipitation of driest month
BIO5	Max temperature of warmest month	BIO15	Precipitation seasonality (Coefficient of variation)
BIO6	Min temperature of coldest month	BIO16	Precipitation of wettest quarter
BIO7	Annual temperature range	BIO17	Precipitation of driest quarter
BIO8	Mean temperature of wettest quarter	BIO18	Precipitation of warmest quarter
BIO9	Mean temperature of driest quarter	BIO19	Precipitation of coldest quarter

Once we obtained the database for the 20 predictors, we had run the Shapiro-Wilk test. Since only 78% of the time series were normally distributed according to it was decided not to use linear regression as a method for recalculating climatic parameters from topographic and geographical parameters of the area. Using ArcGIS 10.2, environmental variables were obtained, calculated using Spline with barriers for the territory of the Republic of Moldova. We had added to the bioclimatic indexes a set of predictors for physico-geographical attributes (continuous variables, such as DEM and its derivatives) and data on the topological position (categorical variables, Topographic Positions Index (TPI) [32]). Focal statistics with a sliding window of 3000 meters was used on the DEM then the flat slope and middle slope were identified (Table 1) using the MATH->Logical->Test and EqualTo toolkit. The classification of the landforms was executed using SD (Standard Deviation), -SD, -0.5 and 0.5SD as class boundaries, which allowed identifying the basic landforms: valleys, the lower, middle and upper parts of the slope, as well as the ridges and midslopes areas with inclination values approaching zero degrees, or Flat slope (Table 2).

In order to exclude multicollinearity and model over-fitting, we had employed the following steps. First, the list of predictors was subjected to multivariate analysis in Statgraphics Centurion. All the predictors with $R \geq 0.64$ were excluded. Then the list of remaining 12 predictors were further thinned out by excluding all of the predictors with Variance inflation Factors $VIF > 5$ (table 4), using the General Linear Models procedure. The main means for estimating the accuracy of the resulting model were the AUC, or the area under the receiver operating characteristic (ROC) curve, and TSS, or Training Sensitivity Plus Specificity criterion [14]. We had used the cloglog transform as our interpretation as it would fit better with our goal, which was to obtain the new potential sites for reintroduction of *Iris pontica* endemic species.

Table 2. Landform classification using TPI

TPI new class	TPI classification breaks	Morphometric elements of relief
1	$TPI < -SD$	Valley
2	$-SD < TPI < -0.5SD$	Lower slope
3	$-0.5SD < TPI < 0.5SD$, if slope ≤ 5 degrees	Flat slope
4	$-0.5SD < TPI < 0.5SD$, if slope > 5 degrees	Middle slope
5	$0.5SD < TPI < SD$	Upper slope
6	$TPI > SD$	Ridge

Points of presence of *Iris pontica* were taken on the base of known Herbaria data, as well as our recent (2024-2025) field findings. The herbarium material of *Iris pontica* stored in the Herbarium of the National Botanical Garden (Institute) of the Republic of Moldova and the Herbarium of the Moldova State University (Chisinau) were studied to determine its distribution in the region. During field research, the identified habitats of the species were examined and new local populations were registered in previously unknown locations and the coordinates of the growing areas were recorded (Table 3). The obtained information was used to compile a map of the species distribution in the Republic of Moldova. The following symbols are used to denote the spread: ● – locality, where the species grows in the present time (from 1971 to 2021) ◆ – new locality, discovered in 2025 and ★ – locality, where the first reintroduction of the species was carried out, taking into account spatial ecological niches modeling. The general range is indicated according to literature data [11].

According to IUCN Standards and criteria for rare species, taking into account updated data on local distribution, as well as population abundance and status, the category of rarity in the region was established. The current conservation status is shown (inclusion in the Environmental Legislation [38] of the Republic of Moldova, the 3rd edition of the Red Data Book of the Republic of Moldova [4], the 2nd edition of the Red Data Book of the Transnistria [35]), the Red Data Book of Romania [3], and the Red Data Book of Ukraine [36]). The nomenclature is indicated in accordance with the literature [12, 23, 37].

Table 3. Coordinates of confirmed locations of *Iris pontica* Zapal

Locality (district)	Coordinates		Exposition	Slope part	Abs. altitude (m)
	N	E			
Vrănești (Sîngerei)	47°36'50.16	28°5'51.76	W	middle	163
	47°36'47.79	28°5'52.13	W	middle	165
	47°36'49.00»	28°5'51.22	W	middle	154
	47°36'48.97	28°5'52.80»	W	middle	163
Sărăței (Rîbnița, UATSN)	47°49'45.35»	29°1'41.59»	SW	upper	93
Lunga Nouă (Dubăsari, UATSN)	46°9'31.55»	29°10'8.91»	SW	upper	93
Chirca (Anenii Noi)	46°55'52.61»	29°6'31.45»	W	middle	62
Ciumai (Taraclia)	45°47'20.12»	28°33'14.76»	W	upper	64

The general pattern of the distribution of species' probability presence is traced to the boundaries of the main elements of Moldova's geomorphologic zoning [26] with the main elements of the largest river basins [25].

Results and discussion

Iris pontica Zapal. (= *Iris humilis* M.Bieb., *I. marschalliana* Bobrov, *Xyridion ponticum* (Zapal.) Rodion., *Chamaeiris pontica* (Zapal.) M.B.Crespo) – Black Sea Iris, belongs to the Iridaceae Family. It is an Endangered species [Endangered (EN)] – A4cde; B2ab(iii); D2.

Species is protected by law in the Republic of Moldova – category II. As a threatened species, it is included in the Red Book of the Republic of Moldova, as critically endangered – in the Red Book of the Transnistria [35] and Romania [3], and as a vulnerable species in the Red Book of Ukraine [36].

Perennial rhizomatous plant (Figure 1). Blooms in May-June. Propagated by seeds and vegetatively by rhizomes. It has medicinal and ornamental properties. A steppe, xeromesophilous plant. It grows as part of the steppe's grassland on slopes (Figure 2) with western exposition and forms groups or clusters of 10-30 (40) cm in diameter.

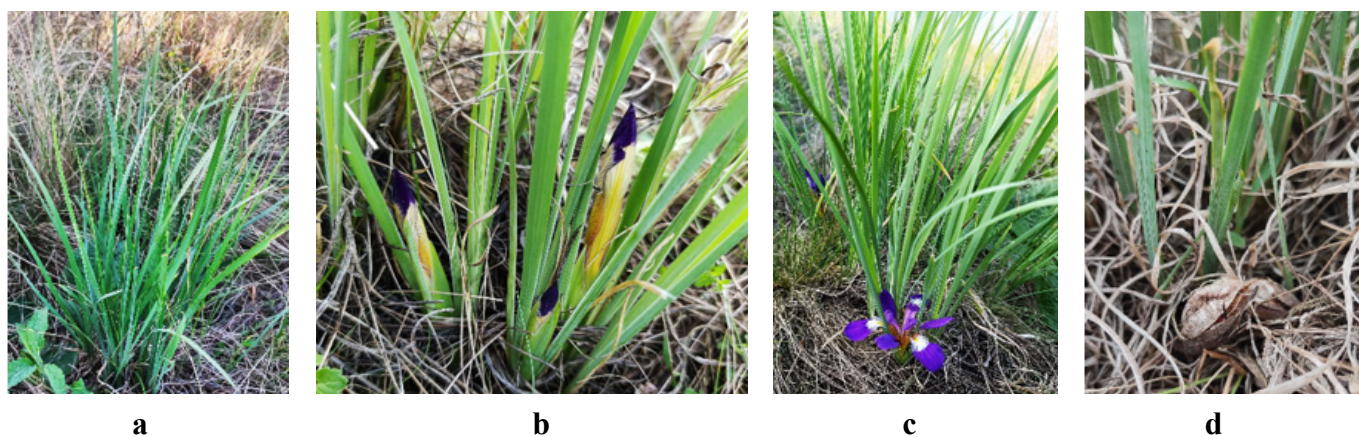


Figure 1. *Iris pontica* Zapal. at different stages of development: a – vegetation, b – budding, c – flowering, d – fruiting

Pontic species. Its general range covers Central (Romania) and Eastern (Republic of Moldova, Ukraine) Europe and the North Caucasus [12] (Figure 3a). In the Republic of Moldova it is found sporadically. Until now it was reliably known (based on herbarium specimens) in the districts of Sîngerei (Vrănești), Ungheni (Bumbăta), Rîbnița (Sărăței, Pîrlova), Dubăsari (Goian, Colosova), Anenii Noi (Delacău); Taraclia (Ciumai). In 2025 it was discovered in the vicinity of the village of Chirca Anenii Noi district and the village of Lunga Noua in Dubasari district (Figure 3).

The resulting model for identifying ecological niches for reintroduction of *Iris pontica* had demonstrated a robust accuracy and performance, having the AUC=0.955 and TSS=0.852. 25% of the existing points of presence were randomly selected as test points and 75% – as training ones. We had applied the jackknife test, the permutation importance and percent of contribution to the resulting set of predictors, and had eliminated another three. The final set of predictors is shown in table 4.

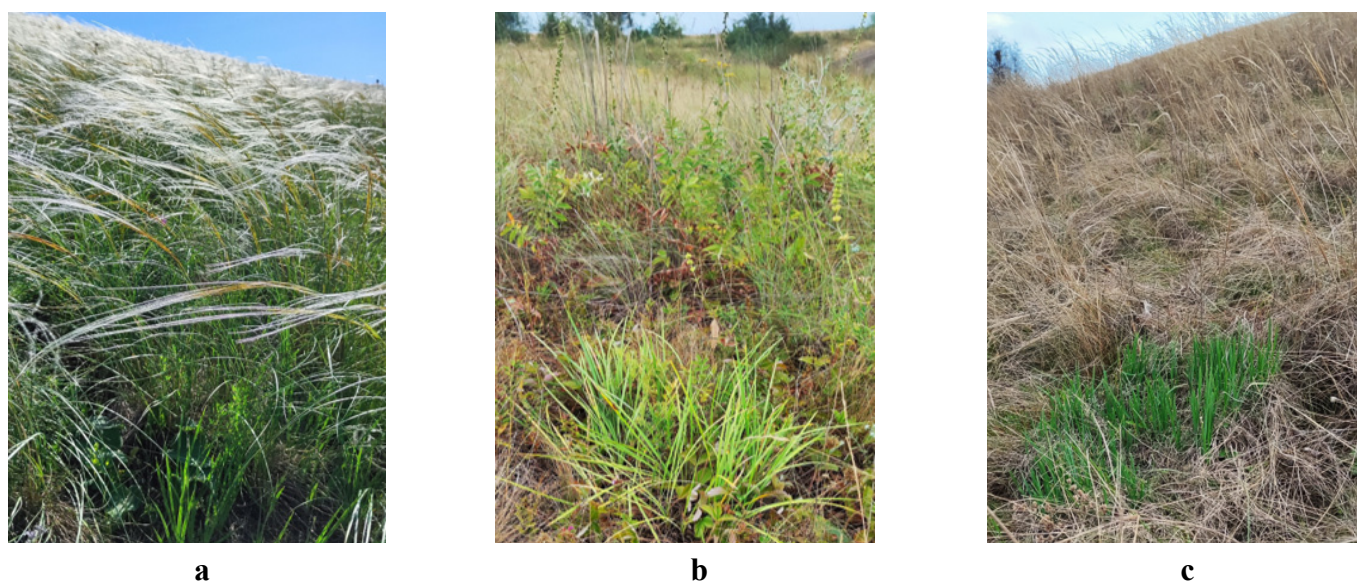


Figure 2. Steppe slopes with *Iris pontica* Zapal.: a – Vrănești, b – Lunga Nouă, c – Chirca

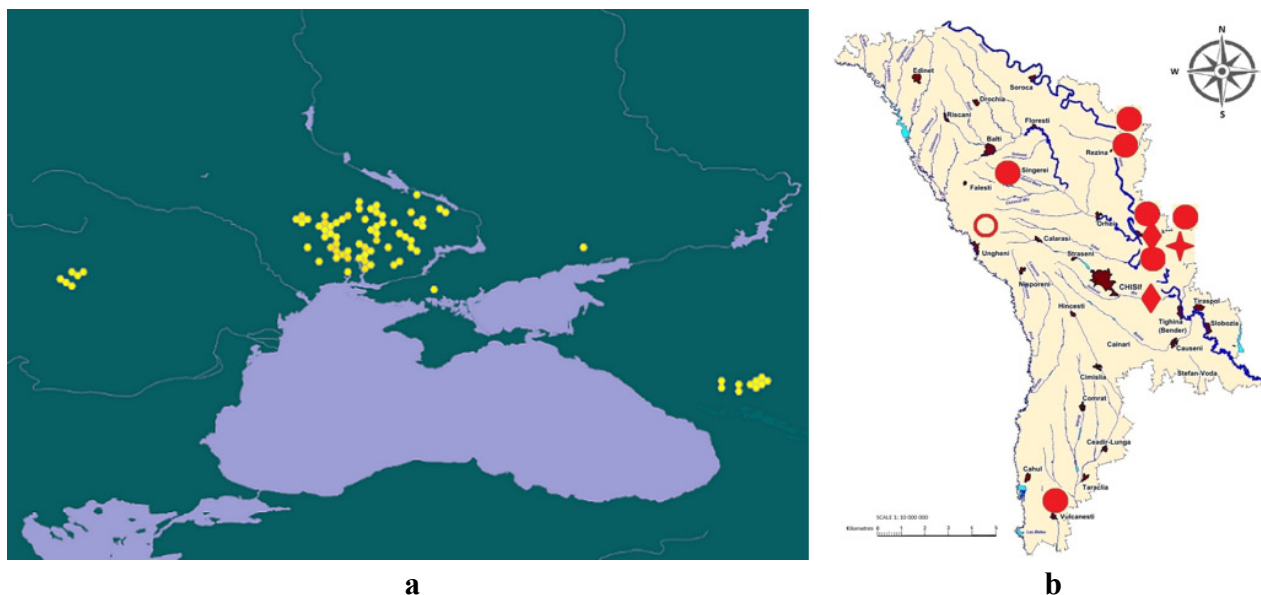


Figure 3. Distribution of *Iris pontica* Zapal.: a – worldwide, b – in the Republic of Moldova

Table 4. Selected predictors that explain the potential distribution of *Iris pontica* Zapal in Republic of Moldova

Code	Predictor	VIF
BIO2	Annual Mean diurnal range	1.8
BIO4	Temperature seasonality (Standard deviation)	2.3
BIO8	Mean temperature of the wettest quarter	2.4
BIO19	Precipitation of coldest quarter	1.5
TPI	Topographic positions index	2.8
Aspect	Slope's orientation	2.3

The highest contribution in the model is from aspect predictor (48.5%), followed, in the descending order, by topological positions index (39.4%), diurnal range (BIO2, 8%), and precipitation of the coldest quarter (3.5%). Although BIO8 and BIO4 are showing a low percentage of contribution (0.4 and 0.3%, respectively) and relatively low permutation importance (3 and 0.2%), we kept those predictors in the model, because those predictors have a high input for jackknife test (Figure 4).

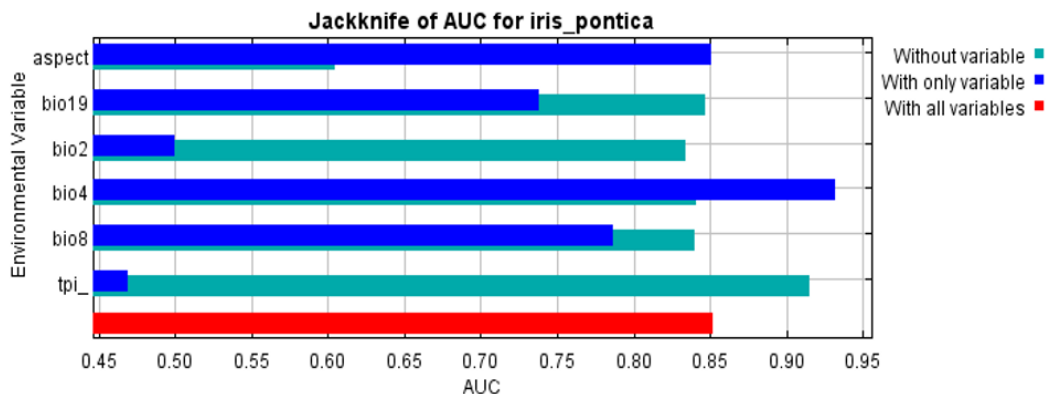


Figure 4. Specific predictors' contributions to the regularized training gain (AUC).

The response curves had demonstrated that probability of presence increases with the increase of the aspect predictor, in other words, the object of the study clearly prefers western and Southwestern parts of the slope, as the response curve is showing the most rapid increase while aspect is within the range of 200-300 degrees.

Most bioclimatic predictors, on the contrary, have a limiting effect on the distribution of the species, which is evident from the inverse relationship between the increase in the values of the bio4, bio8 and bio19 and the response of the probabilistic distribution model of the species. The only exception is the bioclimatic predictor bio2 (annual average daily temperature variation), which also increases with the probability of the species' presence; the comfortable range of values, according to the model, fluctuates between 9 and 10 degrees Celsius. The topographic position index shows that according to the SDM, *Iris pontica* prefers the middle and upper slope, while avoiding valleys, ridges, lower parts of the slope and the so called flat slope (Figure 5).

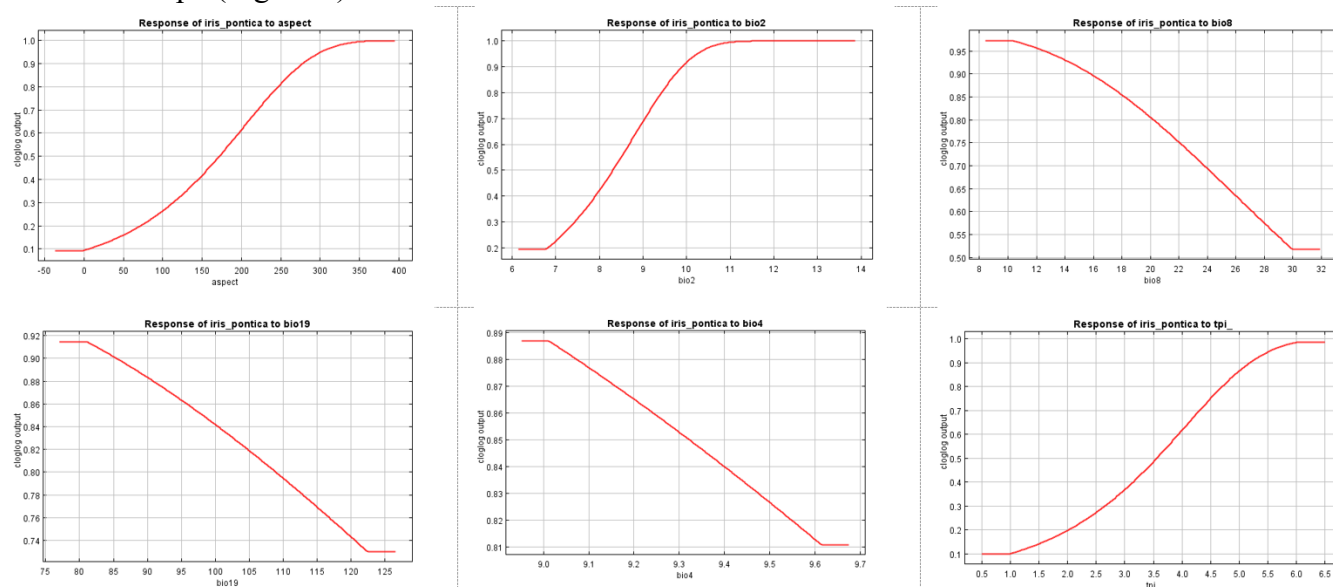


Figure 5. Response curves of the final set of predictor variables

On figure 6 is demonstrated the spatial distribution of the potential ecological niches for *Iris pontica*, the probability of presence is marked by colors, using the blue and green hues marking the low probability (less than 0.54), yellow ones- the medium probability (from 0.62-0.77) and the orange and red ones – the highly suitable areas, the potential zones for re-introduction of the species (>0.85).

The general pattern of the distribution of species' probability presence is traced by the main elements of Moldova's geomorphologic zoning [26], which is well-controlled by the main elements of the largest river basins [25]. The highest probability values are associated with watershed areas, the upper and middle parts of slopes (the formation of which is determined by the intensity of erosion processes) of southern points (which is determined by the direction of the hydrographic network). On gentle slopes, in river floodplains, and in the bottoms of gullies, the probability decreases significantly.

The identified patterns allowed us to identify several zones with a high probability of the presence of these ecological niches with steppe vegetation (Figure 6):

I. The Prut zone, which is in turn divided into the Middle Prut (I.1), small Nirnova (I.2), and Lower Prut (I.3) subzones.

II. The zone of the Danube small rivers, which consists of the Cahul (II.1) and Lower Ialpuh subzones (II.2).

III. The zone of the Black Sea small rivers.

IV. The zone of the Dniester right tributaries, consisting of the Lower Bîc (IV.1), Lower Botna (IV.2), and Știubei (IV.3) subzones.

V. The Răut zone, including the Upper Răut (V.1), Middle-Lower Răut (V.2) subzones, as well as the subzone of the left tributaries of the middle and lower Răut (V.3). The zone of the Dniester small right tributaries, consisting of the Northern (VI.1), Central (VI.2), and Southern (VI.3) subzones.

VI. The Left Transnistria zone, which includes the Rîbnița (VII.1) and Lower Dniester (VII.2) subzones.

Below we provide a brief description of the identified zones (Figure 7).

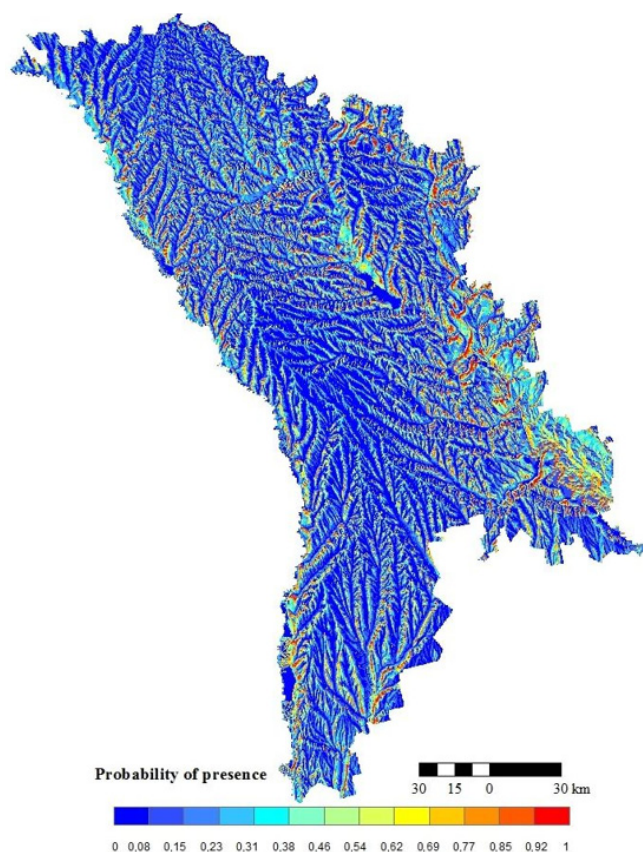


Figure 6. Potential ecological niches for *Iris pontica* Zapal under current (1991-2020) climate conditions for Republic of Moldova (probability of presence score (0-1.00) is given for each 200-m pixel)

Prut zone. This zone is characterized by river channels flowing from north or northeast to south or southwest. The left slopes (southeastern) of the left tributaries of the Prut River are steeper, the right slopes are gentler and longer, and in the northwestern areas, habitats with significant probability values are virtually absent or small. Habitats with a high probability of the presence of the studied species (0.85-1.0) are confined to the upper parts of the southern and southeastern slopes, as well as the watersheds of the left gullies on the eastern slopes of small Prut rivers. Less frequently, they are located directly on the southeastern slopes of the rivers. South of the Camenca River, the frequency of occurrence of such habitats increases.

In the Nîrnova subzone, areas with a high probability are characteristic of the watershed between the Prut and the Nîrnova rivers, as well as the southeastern slope of the Nîrnova in its lower reaches.

Within the Lower Prut subzone, the main river channel direction has shifted eastward, and high-probability areas are confined to the southeastern slopes of rivers and gullies.

The zone of the Danube small rivers. Within this zone, the probability has decreased somewhat (0.85-0.91). Such areas are typical of river slopes and rarely of gullies.

Zone of the Black Sea small rivers. This zone is represented by their headwaters. The main river channel direction is from north to south. Therefore, high-probability areas are confined to the southeastern slopes of gullies on the left slopes of rivers. There are slightly more areas with a probability of up to 1 here than in the previous zone.

The zone of the Dniester right tributaries. A distinctive feature of this zone is the presence of numerous tributaries and gullies extending from north to south, the southeastern slopes of which have numerous small areas with a probability of 0.77-0.85, rarely higher. An exception is the slopes of the Botna and Bîc rivers, after their flow shifted to a northwesterly direction. Here, the number of areas with probability values greater than 0.85 has increased. Within the Știubei subzone, the southeastern slopes of gullies also have high probability values.

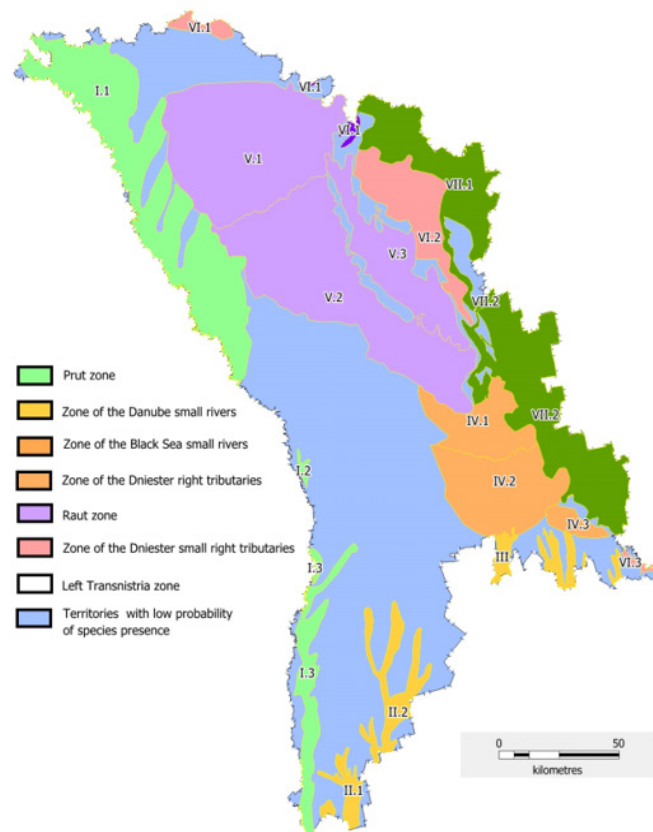


Figure 7. Zoning of the Moldova territory according to the species presence probability. Subzones are shown in Roman numerals (see text)

Răut Zone. This zone is divided into three subzones based on the flow characteristics of the Răut tributaries: Upper Răut (the main flow direction of the tributaries is northwest-southeast), Middle-Lower Răut (the main flow direction of the tributaries is almost west to east), and the Left Tributaries of the Middle and Lower Răut (the main flow direction of the tributaries is north to south).

Upper Răut Subzone. Strong valley-ravine dissection has led to the formation of a large number of small ravines with slopes where the probability of occurrence of habitats for the studied species rarely exceeds 0.85. However, these habitats are numerous and widespread throughout the subzone.

Middle-Lower Răut Subzone. High-probability habitats (greater than 0.85) are confined to the southern and southeastern slopes of ravines of the Răut tributaries, and to a lesser extent to higher-order rivers. Left Tributaries of the Middle and Lower Răut Subzone. High-probability habitats (0.85-1.0) are confined to the southeastern slopes of the Răut tributaries and the watersheds between them, and to a lesser extent to ravines.

Zone of the Dniester small right tributaries. Most of the relatively small habitats with high probability values in the central subzone are confined to gullies on the southern slopes of rivers such as the Rezina, Ciorna, Cusmirca and Jidauca. Similar habitats are absent on the northern slopes. In the northern and southern subzones, habitats with high probability values are confined to the watersheds of small Dniester tributaries up to 15 km long.

Left Transnistria Zone. The northern, Rîbnița subzone is characterized by habitats located on the eastern and southeastern slopes of Dniester tributaries and their gullies, forming fairly large territories. Of particular note are the slopes of the Dniester valley, with probability values of 0.92-1.0. A strip with similar values connects the Rîbnița subzone with the Lower Dniester subzone (from the Rîbnița River valley to the Iagorlîc River valley). The distribution pattern of habitats within the Lower Dniester subzone is similar to that of the Rîbnița subzone. However, it should be noted that the area of habitats with a probability of 0.62-0.79 is significantly larger here.



Figure 8. *Iris pontica* Zapal. on the experimental plot in the National Botanical Garden (Institute)

For propagation purposes, including for subsequent introduction and restoration of small populations, several specimens were planted and successfully multiplied in the rare plant sector of the National Botanical Garden (Figure 8). The plants were taken from a locality near the village of Lunga Nouă (Dubăsari district).

Pilot reintroduction efforts for *Iris pontica* (Figure 9b) into suitable steppe habitats were carried out on October 16, 2025, when 15 specimens from the rare plant sector of the National Botanical Garden were planted on a steppe slope near the village of Hlinaia in the Grigoriopol district (Figure 9a). The habitat was selected based on spatial ecological niche modeling. Long-term monitoring of the planted samples and the formation of a new local population has begun. Reintroduction efforts will continue in the selected areas using spatial ecological niche modeling in 2025.



a



b

Figure 9. Reintroduction of *Iris pontica* Zapal.: a – a sector of steppe vegetation near the village of Hlinaia in Grigoriopol district; b – planted samples

Conclusions

1. The distribution patterns of habitats with a high probability of *Iris pontica* Zapal. presence are determined by the geomorphologic conditions of the area and the structure of the hydrographic network.
2. Habitats with a high probability of *Iris pontica* presence are confined to watershed areas and the upper parts of southern slopes.
3. Depending on the main direction of river flow, such slopes may be confined to slopes and watersheds of erosion forms of varying order.
4. River floodplains, gulch bottoms, and areas with low dissection have a low probability of *Iris pontica* presence.
5. The spatial ecological niches modeling method allows us to identify the most suitable habitats for the reintroduction and expansion of the geographic distribution of the rarest plant species protected at the national and international levels throughout the territory of the Republic of Moldova.

Bibliography:

1. BAIKOV, K.; DORONKIN, V. Towards on the conservation of rare species *Iris glaucescens* (Iridaceae) in Novosibirsk oblast: ecoinformative multimodal analysis of the area //International Conferences “Plant Diversity: Status, Trends, Conservation Concept”. BIO Web of Conferences, 2020. Vol. 24, 00007. Downloadable from https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/pdf/2020/08/bioconf_pd2020_00007.pdf

2. BUCKLEY, L. B.; URBAN, M. C.; ANGILLET, M. J. et al. Can mechanism inform species' distribution models? // *Ecological Letters*, 2010. Vol. 13. P. 1041-1054.
3. *Cartea Roșie a plantelor vasculare din România* /Gheorghe Dihoru, Gavril Negrean. București: "Editura Academiei Române", 2009. 630 p.
4. *Cartea Roșie a Republicii Moldova*. Ed. 3. Chișinău: "Știința", 2015. 492 p.
5. CHUSOVA, O. O.; SHYRIAIEVA, D. V.; BUDZHAK, V. V. et al. Protected species in grassland habitats of Ukraine // *Ukr. Bot. J.*, 2022. Vol. 79 (5). P. 290-307. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.05.290>
6. CHYTRÝ, M.; TICHÝ, L.; HENNEKENS, S.M. et al. EUNIS Habitat Classification: Expert system, characteristic species combinations and distribution maps of European habitats // *Appl. Veg. Sci.*, 2020. Vol. 23. P. 648-675. <https://doi.org/10.1111/avsc.12519>
7. DIDUKH, Ya.P. *The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication*. Kyiv: Phytosociocentre, 2011. 176 p.
8. ELLENBERG, H.; WEBER, H.E.; DÜLL, R. et al. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa // *Scripta Geobotanica*, 1991. Vol. 18. P. 1-248.
9. ELLENBERG, H.; LEUSCHNER, C. Zeigerwerte der Pflanzen Mitteleuropas. In: Ellenberg H. & Leuschner, C. *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer. 2010.
10. GERVAZONI, P.; MINUTI, G.; FUENTES-RODRÍGUEZ, D. et al. Citizen Science Improves the Known and Potential Distribution of a Strong Wetland Invader: Implications for Niche Modeling and Invasion Management // *Environmental Management*, 2023. Vol. 71. P. 1-12. <https://doi.org/10.1007/s00267-023-01802-3>
11. GHENDOV, V.; IZVERSCAIA, T.; SHABANOVA, G. Pre-identified Red List of vascular plants in the flora of Republic of Moldova // *Journal of Botany*, 2012. Vol. IV, № 1 (5). P. 41-52.
12. *Global Biodiversity Information Facility*. <https://www.gbif.org/>
13. GERVAZONI, P.; FUENTES-RODRÍGUEZ, D.; MINUTI, G. et al. Citizen Science Improves the Known and Potential Distribution of a Strong Wetland Invader: Implications for Niche Modeling and Invasion Management // *Environmental Management*, 2023. Vol. 71 (6). P. 1-12.
14. GUIAN, A.; THUILLER, W.; ZIMMERMANN, N.E. Measuring Model Accuracy: Which Metrics to Use? In: *Habitat Suitability and Distribution Models: With Applications in R. Ecology, Biodiversity and Conservation*. Cambridge University Press, 2017. P. 241-269.
15. HIJMAN, Robert J. *Arc Macro Language (AML®) version 2.1 for calculating 19 bioclimatic predictors*: Berkeley, Calif, Museum of Vertebrate Zoology, University of California at Berkeley. 2004. <http://www.worldclim.org/bioclim>.
16. IUCN *Guidelines for Re-introductions*. Prepared by the IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group. IUCN, Garland, Switzerland and Cambridge, UK, 1998. 10 p.
17. IUCN *Standards and Petitions Subcommittee. 2010. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 8.1*. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee in March 2010. <http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>
18. IZVERSCAIA, T.; GHENDOV, V. Threatened with regional extinction vascular plants recommended for state protection in the Republic of Moldova // *Mediul ambiant*, 2014. № 4 (76). P. 1-3.
19. O'DONNELL, M. S.; IGNIZIO, D. A. Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States. U.S. *Geological Survey Data Series* 691. 2012. 10 p. <http://pubs.usgs.gov/ds/691>
20. OSMOLOVSKY, I.; SHIFRIN, M.; GAMLIEL, I. et al. Eco-Geography and Phenology. Are the Major Drivers of Reproductive Isolation in the Royal Irises, a Species Complex in the Course of Speciation // *Plants*, 2022. Vol. 11. 17 p. <https://doi.org/10.3390/plants11233306>
21. PÂNZARU, P.; NEGRU, A.; IZVERSCII, T. *Taxoni rari din flora Republicii Moldova*. Chișinău, 2002. 148 p.
22. PHILLIPS, S.J.; DUDIK, M. Modelling of species distributions with MAXENT: new extensions and a comprehensive evaluation // *Ecography*, 2008. Vol. 31, issue 2, p. 161-175. <https://doi.org/10.1111/j.0906.7590.2008.5203.x>
23. *Plants of the World Online*. <https://powo.science.kew.org/>
24. SANDENBERGH, E.; GERVAZONI, P.; GREWELL, B. et al. Biology of Invasive Plants 7. *Iris pseudacorus* L. (Iridaceae) // *Invasive Plant Science and Management*, 18(e6), Cambridge University Press, 2024. P. 1-22. <https://doi.org/10.1017/inp.2024.35>

25. SÎRODOEV, Gh. Ierarhizarea rețelei hidrografice (harta). In: *Atlas: Factorii abiotice de mediu și securitatea ecologică*. Chișinău, 2023, P. 37. ISBN 978-9975-3586-8-2.
26. SÎRODOEV, Gh.; MIȚUL, E.; GHERASI, Al. și alt. Factorii Geomorfologici. In: *Atlas. Republica Moldova: Factorii naturali și antropici de risc*. Chișinău, 2019. P. 9-40.
27. STEVEN, J. P.; ANDERSON, R. P.; DUDIK, M. et al. Opening the black box: an open-source release of Maxent // *Ecography*, 2017. Vol. 40. P. 887-893. <http://dx.doi.org/10.1111/ecog.03049>
28. STUART, S. N.; ADAMS, R. J.; MARTIN, J. *Biodiversity in Sub-Saharan Africa and Its Islands: Conservation, Management, and Sustainable Use*. Biodiversity Conservation Strategy Programme, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Species Survival Commission, IUCN, 1990. 242 p.
29. TSYGANOV, D. N. *Phytoindication of ecological regimes in the mixed coniferous-broad-leaved forest subzone*. Moskva: Nauka, 1983 198 p. (in Russian).
30. VOLIS, S.; YONG-HONG, Zh.; DORMAN, M.; ABBOTT, R. J. Incipient speciation in *Oncocylus* irises: Eco-geographic isolation and genetic divergence with no reproductive isolation // *Flora*, 2021. 275, 151746. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151746>
31. VOLIS, S.; YONG-HONG, Zh.; TAO, D.; YUSUPOV, Z. Israeli *Oncocylus* irises: Phylogenetic relationships and evolutionary history // *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 2023. 69(03-04). <http://dx.doi.org/10.1163/22244662-bja10057>
32. WEISS, A. Topographic Position and Landforms Analysis. In *Proceedings of the Conference Poster, ESRI International User Conference*, San Diego, CA, USA, 9-13 July 2001.
33. WISZ, M. S.; HIJMANS, R. J.; LI, J. et al. NCEAS Predicting Species Distributions Working Group. Effects of sample size on the performance of species distribution models // *Divers. Distrib.* 2008. Vol. 14. P. 763-773.
34. ГОРБУНОВ, Ю. Н.; ДЗЫБОВ, Д. С.; КУЗЬМИН, З. Е. и др. *Методические рекомендации по реинтродукции редких и исчезающих видов растений (для ботанических садов)*. Тула, 2008. 56 с., ил.
35. *Красная книга Приднестровской Молдавской Республики /Мин-во с/х-ва и природных ресурсов ПМР, 2-е изд., Тирасполь: 2020 (ГУИПП «Бендерская типография «Полиграфист»)). 560 с.*
36. *Червона Книга України. Рослинний світ /Ред. Я. П. Дідуха. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.*
37. ЧЕРЕПАНОВ С. К. *Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР)*. Санкт-Петербург, 1995. 990 с.
38. *Экологическое законодательство Республики Молдовы (1996-1998)*. Кишинев, 1999. 259 с.

N. B.: The study was carried out within the research projects: 1). Subprogramme entitled: “Increasing ecological security and resilience of geo-ecosystems to current environmental changes” (subprogramme code – 010801), funded by the Ministry of Education and Research of the Republic of Moldova; 2). Subprogramme entitled: “Research and ex situ, in situ conservation of the plant diversity of the Republic of Moldova” (subprogramme code – 010101), funded by the Ministry of Education and Research of the Republic of Moldova.

Data about authors:

Olga CRIVOVA, scientific researcher, Institute of Ecology and Geography, Moldova State University.

ORCID: 0000-0003-3061-7100

E-mail: olga.crivova@sti.usm.md

Tatiana IZVERSCAIA, PhD in Biology, leading scientific researcher, “Al. Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University.

ORCID: 0009-0003-8530-0140

E-mail: t_izverskaya@mail.ru

Veaceslav GHENDOV, PhD in Biology, leading scientific researcher, “Al. Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University.

ORCID: 0000-0001-6405-3935

E-mail: veaceslav.ghendov@gb.usm.md

Ghenadii SÎRODOEV, PhD in Geology, leading scientific researcher, Institute of Ecology and Geography, Moldova State University.

ORCID: 0000-0003-3266-7048.

E-mail: syrodoev_g@rambler.ru

Presented: 03.02.2026

Reviewed: 19.03.2026

Accepted for publication: 20.05.2026

PAȘAPORTUL ECOLOGIC AL SPAȚIILOR VERZI: CONTEXT, STRUCTURĂ ȘI VALORI ÎNTRU DEZVOLTARE SUSTENABILĂ

Ala DONICA,

Universitatea de Stat din Moldova

Spațiile verzi prezintă componente definitorii ale echilibrului ecologic, conservării biodiversității, atenuării schimbărilor climatice, atractivității și calității vieții. În elaborarea unor instrumente care să poată maximiza potențialul spațiilor verzi, încadrate în peisajul antropizat al comunităților umane, sub impactul presiunilor și amenințărilor, a fost analizat cadrul conceptual privind conservarea resurselor naturale, biodiversitatea și dezvoltarea sustenabilă; modalitățile de evidență, monitorizare și gestionare a componentelor de mediu; registre, ghiduri, îndrumare și alte instrumente de evidență și management al spațiilor verzi. Se accentuează importanța cercetărilor științifice în evaluarea ecologică complexă, evidența, cadastrul și monitoringul spațiilor verzi, întru propunerea măsurilor sustenabile de dezvoltare și extindere a carcasei verzi în urbe. Ca finalitate, se propune un instrument-model de evidență, evaluare complexă și gestiune sustenabilă, numit *pașaportul ecologic al spațiului verde*, conturându-se definiția, scopul, obiectivele, structura și destinatarii acestui instrument, cu accente pe integrarea obiectivelor de dezvoltare durabilă și a angajamentelor regionale/naționale de mediu, asumate de Republica Moldova.

Cuvinte-cheie: spații verzi, pașaport ecologic, evaluarea stării ecologice, evidența, management sustenabil, beneficii de mediu.

THE ECOLOGICAL PASSPORT OF GREEN SPACES: CONTEXT, STRUCTURE AND VALUES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Green spaces are defining components of ecological balance, biodiversity conservation, climate change mitigation, attractiveness and quality of life. In developing tools that can maximize the potential of green spaces, embedded in the landscape of human communities, under the impact of pressures and threats, the conceptual framework regarding the conservation of natural resources, biodiversity and sustainable development was analyzed; methods for recording, monitoring and managing environmental components; registers, guides and other tools for recording and managing green spaces. The importance of scientific research in the complex ecological assessment, recording, cadastral and monitoring of green spaces is emphasized, in order to propose sustainable measures for the development and expansion of the green area. As a result, a model instrument for recording, complex evaluation and sustainable management is proposed, called *the ecological passport of green space*, outlining the definition, purpose, objectives, structure and recipients of this instrument (environmental commitments assumed by the country).

Keywords: green spaces, ecological passport, assessment of ecological status, recording, sustainable management, environmental benefits.

Introducere

Subiectul spațiilor verzi, îndeosebi a spațiilor verzi din mediul urban, împreună cu beneficiile prestate pentru mediu și societate, dar și impactul modificărilor de mediu asupra spațiilor verzi sunt, tot mai des, abordate în rapoartele de specialitate [48, 53, 55]. Dacă în 1950, nivelul de urbanizare global era foarte redus, doar 20% din cei 2,5 miliarde de locuitori ai lumii locuiau în orașe (cu cel puțin 50.000 de locuitori și o densitate de cel puțin 1.500 de persoane pe km²), apoi în 2025, orașele găzduiau 45% din cei 8,2 miliarde de locuitori ai lumii [45]. În același timp, datele produse de UN-Habitat indică că, între 1990 și 2020, ponderea medie globală a spațiilor verzi în zonele urbane a scăzut de la 19,5% în 1990, la 13,9% în 2020, iar corelată cu creșterea populației urbane, s-a tradus printr-o scădere de 54% a suprafeței verzi medii pe cap de locuitor la nivel global: de la 66,9 metri pătrați pe persoană în 1990, la 30,6 metri pătrați pe persoană în 2020 [7]. Extinderea suprafețelor construite în detrimentul celor naturale și seminaturale, accentuează puternic riscurile ecologice urbane și au impact negativ, imediat, asupra calității vieții și stării de sănătate a populației [24]. Din perspectivă ecologică, spațiile verzi urbane sunt un adevărat moderator al impactului activităților umane

asupra mediului înconjurător (contribuție importantă la epurarea chimică, fizică și bacteriologică a atmosferei; moderarea climatului urban; atenuarea poluării fonice; protecția vegetației naturale autohtone etc.). În același timp, spațiile verzi, ca spații publice, prestează un șir de beneficii sociale: contribuie la creșterea incluziunii sociale; promovează un stil de viață mai activ, susținând sănătatea populației; răspund nevoilor de recreere și petrecere a timpului liber etc. [5]. Astfel, apare necesitatea planificării strategice a unei rețele de zone naturale și semi-naturale, menite să furnizeze servicii ecosistemice — adică beneficii directe pentru oameni: aer curat, apă filtrată, răcire climatică, recreere, biodiversitate (sau preluarea conceptului de infrastructură verde-albastră). Prin componentele sale: infrastructura verde (vegetație, arbori, păduri urbane, parcuri, grădini, zone umede) și infrastructura albastră (râuri, lacuri, canale, bazine de retenție și coridoare acvatic), spre deosebire de infrastructura „gri” tradițională (beton, asfalt), oferă soluții bazate pe natură (Nature-Based Solutions – NBS), cu multiple beneficii [9].

Atingerea unor standarde de cantitate și calitate a spațiilor verzi, propuse de entități internaționale [9, 10] constituie premise pentru elaborarea unor instrumente de evaluare și a unor strategii de gestionare sustenabilă a spațiilor verzi, îndeosebi în contextul modificărilor de mediu actuale, a riscurilor asociate și a tendințelor prognozate [48]. La nivel național, cadrul legislativ-normativ de reglementare a subiectelor relaționate spațiilor verzi, este destul de restrâns, cuprinzând *Legea Nr. 591/1999 cu privire la spațiile verzi ale localităților urbane și rurale*, care reglementează relațiile în domeniul dezvoltării și protecției spațiilor verzi [29]. Aspecte conexe spațiilor verzi sunt abordate și prin dispoziții din legislația de urbanism și amenajare a teritoriului, prin care spațiile verzi, elemente esențiale ale structurilor urbane, sunt parte a planurilor urbanistice generale și zonale [8, 32]. Prin *Hotărârea Guvernului nr. 676/2000*, sunt indicate unele proceduri de evidență și gestionare a spațiilor verzi, reguli de inventariere și raportare a acestora [23]. Iar la nivel local, autoritățile municipale pot adopta regulamente și strategii specifice pentru administrarea spațiilor verzi, în dependență de contextul urban și necesitățile comunității [10]. Totuși, cadrul legislativ indicat mai sus, dispune de lacune și necesită aportul cercetărilor științifice, îndeosebi la capitolul privind evidența, cadastrul și monitoringul spațiilor verzi. Spre exemplu: cadastrul spațiilor verzi, care ar trebui să cuprindă datele evidenței spațiilor verzi conform *indicilor de calitate și cantitate, funcționalității, precum și datele folosirii și evaluării sub aspect economic, social, decorativ și ecologic* (în baza amenajamentelor, inventarierilor și cercetărilor, conform unui sistem unic și coordonat), cu siguranță necesită aportul mediului academic. De asemenea, prin cercetări științifice complexe trebuie să fie *evaluată starea ecologică a spațiilor verzi, sub impactul modificărilor de mediu* (poluare, degradare, schimbări climatice, specii invazive etc.) întru propunerea măsurilor sustenabile de dezvoltare și extindere a carcasei verzi în urbe — obiective prioritare în planificările urbane și revitalizarea orașelor din Republica Moldova [17].

În contextul celor expuse, scopul studiului constă în propunerea unui instrument de evidență, evaluare complexă și gestiune sustenabilă a spațiului verde, numit *pașaportul ecologic al spațiului verde*, care ar aborda o serie de aspecte, cum ar fi: starea ecologică actuală, sursele de impact asupra spațiilor verzi, calitatea componentelor de mediu, funcționalitatea spațiului verde, inter-conectivitatea habitatelor; viabilitatea; adaptarea la condițiile biogeografice locale; accesibilitatea publicului; furnizarea de beneficii ecologice/ecosistemice etc., aspecte necesare unei dezvoltări sustenabile a mediului.

Metode și materiale aplicate

În elaborarea unor instrumente care să poată maximiza potențialul spațiilor verzi, sub impactul presiunilor și amenințărilor induse de impactul antropic intens, au fost analizate următoarele materiale: a) cadrul conceptual privind conservarea resurselor naturale, biodiversității și dezvoltării sustenabile; b) cadrul național de evidență, monitorizare și gestionare a componentelor de mediu, cu accente pe subiectul abordat; c) registre, ghiduri, îndrumare și alte instrumente de evidență și management al spațiilor verzi (redate mai jos).

Cele mai utilizate metode în acest studiu țin de cercetările în Ecologie [2, 3] — *metoda cercetării bibliografice*, selectarea surselor de informare, utilizând instrumente bibliografice: cataloage electronice și tradiționale, bibliografii, baze de date, site-uri etc.; *documentarea științifică*, analiza comparativă și sinteza, cu identificarea surselor relevante, citirea selectivă, sistematizarea informațiilor și citarea corectă pentru a facilita înțelegerea gradului de cercetare a temei; *analiza descriptivă* pentru sintetizarea datelor; *evaluarea*

pertinenței, cu analiza relevanței datelor raportate în comparație cu obiectivele stabilite; *comparația* în analiza actelor normative prin prisma reglementărilor anterioare sau internaționale, etc. [13]. În mediul urban, metodologia cercetărilor include un cadru de indicatori pentru evaluarea stării ecologice a ecosistemelor urbane, cartografierea acestora pentru a ajuta la proiectarea sau implementarea politicilor privind infrastructura verde urbană, biodiversitatea, precum și pentru a măsura progresul către obiectivele internaționale, naționale, regionale sau locale în ceea ce privește stabilitatea și durabilitatea ecosistemelor urbane [12, 25, 33, 44].

Conținut (procese descrise și rezultate obținute)

A. Cadrul conceptual pentru conservarea resurselor naturale, biodiversității și dezvoltarea urbană sustenabilă (cu aplicabilitate subiectului abordat):

1. La nivel european

În contextul actual, caracterizat de urbanizare rapidă, schimbări climatice, presiuni asupra infrastructurii verzi, creșterea inegalităților urbane și degradarea mediului la nivel global [46] și european [51], dezvoltarea sustenabilă se regăsește în multiple strategii, decizii, instrumente normative și de guvernare, dintre care enumerăm:

1.1. Agenda 2030 pentru Dezvoltare Durabilă (ONU) – prin urbanizarea accelerată și presiunile exercitate asupra mediului, dimensiunea urbană a Agendei 2030 capătă o importanță strategică [52]. *Obiectivul de Dezvoltare Durabilă 11* – „Orașe și comunități durabile” ocupă un loc central, promovând transformarea zonelor urbane în spații sigure, reziliente, incluzive și verzi. Țintele aferente acestui obiectiv urmăresc, printre altele, îmbunătățirea planificării urbane participative, reducerea impactului negativ asupra mediului și garantarea accesului universal la spații publice și verzi, de calitate. În același timp, *SDG 13* – „Acțiune climatică” și *SDG 15* – „Viața terestră” consolidează legătura dintre dezvoltarea urbană și conservarea mediului natural. Ele subliniază nevoia de adaptare la schimbările climatice și de protejare a ecosistemelor, prin măsuri care reduc efectele „insulei de căldură”, cresc retenția apei pluviale și promovează biodiversitatea locală. În completare, *SDG 4* – „Educație de calitate” pune accent pe formarea unei culturi a sustenabilității, iar *SDG 17* – „Parteneriate pentru obiective” promovează cooperarea internațională, regională și transfrontalieră ca mijloc de atingere a acestor ținte.

Raportul de progres privind implementarea Agendei 2030 pentru Dezvoltare Durabilă în Republica Moldova (2024) indică faptul că, pe fondul unei urbanizări rapide și al dezvoltării infrastructurii, orașele se confruntă cu o reducere a suprafețelor de spații verzi, esențiale pentru calitatea vieții urbane, subliniind necesitatea întăririi politicilor de protecție și extindere a spațiilor verzi [42].

1.2. Pactul Verde European, pe lângă obiective-cheie cum ar fi: reducerea netă a emisiilor de gaze cu efect de seră cu cel puțin 55% până în 2030, în comparație cu nivelurile din 1990 („Fit for 55 Package”); neutralitatea climatică a Uniunii Europene până în 2050, consacrată juridic prin Legea europeană a climei (Regulamentul (UE) 2021/1119); crearea unui sistem economic circular, care maximizează reutilizarea, repararea și reciclarea resurselor; se enumeră și *protejarea biodiversității și refacerea ecosistemelor naturale degradate*; precum și integrarea principiului „Do No Significant Harm” (DNSH), prin care nicio investiție publică sau privată nu trebuie să afecteze negativ mediul [50].

1.3. Strategia UE pentru biodiversitate și infrastructura verde-albastră – un element central al Pactului verde european – stabilește direcții strategice de acțiune: Protejarea a cel puțin 30% din suprafața terestră și maritimă a UE, cu un minimum de 10% din fiecare categorie sub protecție strictă; Refacerea ecosistemelor degradate, prin crearea de coridoare ecologice și infrastructuri verzi-albastre interconectate; Replantarea a cel puțin 3 miliarde de arbori până în 2030, folosind principii ecologice și vegetație autohtonă; Reducerea cu 50% a utilizării pesticidelor chimice și a pierderii de nutrienți, pentru protejarea solului și apei; *Integrarea biodiversității în planificarea urbană*, infrastructură și politici economice, inclusiv prin mecanismele de investiții verzi [47]. Prin aceste măsuri, se urmărește asigurarea „reconectării între oameni și natură”, prin extinderea spațiilor verzi urbane, refacerea habitatelor naturale și consolidarea infrastructurii verzi-albastre la scară continentală.

1.4. Agenda Urbană a Uniunii Europene – caută soluții la problemele cu care se confruntă orașele, prioritățile agendei urbane, definite în *Pactul de la Amsterdam 2016* – [37], implică mai multe activități,

dintre care enumerăm: calitatea aerului (reducerea poluării atmosferice în zonele urbane prin măsuri precum *extinderea spațiilor verzi*, reducerea traficului auto); adaptarea la schimbările climatice (creșterea rezilienței urbane la fenomene meteo extreme, inclusiv valuri de căldură și inundații); tranziția energetică (creșterea eficienței energetice și utilizarea energiei regenerabile); utilizarea durabilă a terenurilor și soluțiile bazate pe natură (regenerarea urbană și reabilitarea terenurilor degradate prin soluții ecologice); mobilitatea urbană (promovează transportul public sustenabil, rutele pietonale și ciclismul) etc. [16].

1.5. New European Bauhaus (NEB), inițiativă lansată de Comisia Europeană (2020), reprezintă un pilon cultural și societal al Pactului Verde European, propunând *o viziune integrată asupra modului în care spațiile în care trăim pot deveni simultan sustenabile, frumoase și incluzive* [34]. Inițiativa se bazează pe trei valori fundamentale, privite interdependent: Frumusețe – în sensul armoniei dintre funcționalitate, natură și emoție, nu ca ornament, ci ca expresie a echilibrului și calității vieții; Sustenabilitate – promovată prin materiale naturale, eficiență energetică, soluții bazate pe natură și o economie circulară a resurselor; Incluziune – prin design universal, accesibilitate, participare civică și respect pentru diversitatea culturală.

2. La nivel național (Republica Moldova)

Politicile și cadrul normativ de mediu național vin să protejeze habitatele naturale, să reducă poluarea componentelor de mediu și să adopte conceptele de dezvoltare sustenabilă și tranziția spre o economie durabilă, prin:

- **Strategia națională de dezvoltare „Moldova Europeană 2030”** – adaptează prioritățile, obiectivele, indicatorii și țintele angajamentelor internaționale, asumate de Republica Moldova, la contextul național, în special *Acordul de Asociere* [30] și Agenda 2030. Prin *Obiectivul general 10. Asigurarea unui mediu sănătos și sigur*, sunt preconizate acțiuni de îmbunătățire tangibilă a calității componentelor mediului (apei, aerului, solului, pădurilor, ariilor protejate, altor resurse naturale). Până în anul 2030 vor fi implementate și alte ținte strategice, relevante mediului antropizat, ca: asigurarea rezistenței la schimbările climatice; reducerea poluării apelor; combaterea degradării solurilor; integrarea valorilor biodiversității în politici; implementarea managementului durabil al pădurilor și creșterea (re)împăduririi etc.

2.1. Strategia de mediu 2024-2030, aprobată prin Hotărârea Guvernului nr. 409/2024, prin *Obiectivul general 5. Protejarea, restaurarea și promovarea utilizării durabile a biodiversității și a ecosistemelor naturale*, include, spre implementare, acțiuni de managementul durabil al spațiilor verzi, a suprafețelor acestora și delimitarea clară a hotarelor; cât și evaluarea complexă și adoptarea soluțiilor bazate pe natură în spațiile verzi urbane/ infrastructura verde urbană, pentru utilizarea durabilă a biodiversității și bunăstării umane [21].

2.2. Programul Național de Adaptare la Schimbările Climatice până în anul 2030 subliniază importanța *spațiilor verzi, pădurilor, plantațiilor silvo-pastorale* în menținerea echilibrului ecologic, conservarea biodiversității, atenuarea schimbărilor climatice, susținerea bunăstării umane etc., recomandând evaluări complexe, promovarea speciilor native, adaptate condițiilor pedo-climatice actuale și de viitor și încorporarea datelor în politici sectoriale [18].

2.3. Inițiativa – Proiectul „Programul privind biodiversitatea pentru 2026-2030”, recunoaște importanța *spațiilor verzi urbane ca elemente esențiale ale infrastructurii ecologice naționale*, cu rol strategic în conservarea biodiversității, menținerea serviciilor ecosistemice și creșterea rezilienței socio-ecologice a localităților [41], precum și îmbunătățirea calității vieții populației, consolidând abordarea de tip „O singură sănătate” (One Health) și tranziția către orașe verzi, reziliente și sustenabile [36]. În contextul procesului de integrare europeană, Republica Moldova urmează să transpună „Regulamentul (UE) 2024/1991 privind restaurarea naturii”, care stabilește refacerea ecosistemelor degradate, inclusiv a spațiilor verzi urbane, ca parte integrantă a strategiilor de adaptare la schimbările climatice și de conservare a biodiversității [43].

B. Cadrul național de evidență, monitorizare și gestionare a componentelor de mediu (cu accente pe subiectul abordat)

La nivel național sunt cunoscute puține sisteme de evidență, cadastru și monitoring al patrimoniului natural din ecosisteme naturale și antropizate, realizate o dată la 10 ani, printre acestea conturându-se:

1. Cadastrul obiectelor și complexelor în fondul ariilor naturale protejate de stat (Hotărârea de Guvern Nr. 414/2000; Legea Nr. 1538 din 25-02-1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat) cu-

prinde următoarea informație: a) denumirea și statutul juridic al obiectului protejat; b) deținătorul funciar al obiectului sau terenului; c) amplasamentul terenurilor; d) parametrii cantitativi și calitativi ai obiectelor și complexelor; e) valoarea ecologică și regimul de protecție ale obiectelor și complexelor; f) importanța științifică, cognitivă și recreativă a obiectelor și complexelor; g) restricții privind folosirea terenurilor [22, 26]. Banca de date a cadastrului se formează și se ține în cadrul Institutului de Ecologie și Geografie. În acest context, definiția de „*pașaport ecologic al unei arii protejate*”, apărută în numeroasele cercetări ale Institutului de Ecologie și Geografie [4], și o serie de monografii în domeniu [14, 38, 39, 40] reprezintă un document tehnic și științific esențial, elaborat pentru inventarierea și evaluarea complexă a stării ecosistemelor.

2. Cadastrul obiectelor regnului vegetal (Hotărârea de Guvern Nr. 211/2009; Legea Nr. 239 din 08-11-2007 regnului vegetal) indică următoarele elemente de bază: 1) modul de folosință a obiectelor regnului vegetal: a) importanța economică; b) importanța științifică, educațională, estetică și culturală; c) importanța locală, națională, regională sau internațională; 2) starea ecologică: a) proprietăți de protecție a mediului; b) importanța genetică; c) proprietăți de autoreproducere; d) necesitatea de conservare a ecosistemelor și a diversității biologice; e) proprietăți recreative, utilizare pentru turism și ameliorarea sănătății, sportive; 3) informația juridică: a) deținătorul funciar al terenului pe care sunt amplasate obiecte ale regnului vegetal; b) forma de proprietate a utilizatorului obiectelor regnului vegetal; c) modul de utilizare a obiectelor regnului vegetal și a terenurilor pe care sunt amplasate acestea [20, 27].

3. Cadastrul de stat al regnului animal (Hotărârea de Guvern Nr. 1005/2004; Legea Nr. 439 din 27-04-1995 regnului animal) se bazează pe date privind caracteristicile principale ale speciilor de animale: denumirea speciei; statutul speciei; răspândirea; habitatul; structura demografică; densitatea și dinamica numerică; reglarea numerică; rolul în natură și pentru om; protecția speciei; evaluarea economică [19, 28].

C. Instrumente de evidență și management al spațiilor verzi

Studiile din domeniu, focusate pe infrastructura verde urbană, au demonstrat că criteriile precum conservarea biodiversității, reglementarea schimbărilor climatice, îmbunătățirea calității aerului, prestarea de beneficii ecosistemice trebuie adoptate la planificarea și gestionarea spațiilor verzi urbane [6, 15].

În România, conform Legii nr. 24/2007 privind reglementarea și administrarea spațiilor verzi din intravilanul localităților [31], evidența spațiilor verzi se realizează de administrațiile publice locale, prin *Registrul local al spațiilor verzi*. În elaborarea acestui Registru, *datele și informațiile necesare sunt*: a) amplasament; b) suprafață; c) categoria de folosință; d) regimul juridic; e) reglementare urbanistică; f) specii de arbori existenți, pentru care se va detalia numărul unic de identificare și se va determina amplasamentul, specia, diametrul, înălțimea, evaluarea stării de viabilitate, a gradului de întreținere [35]. Aceste activități sunt menite să asigure o evidență clară, actualizată și integrată a spațiilor verzi, facilitând astfel protecția, gestionarea și extinderea acestora.

Subiectul spațiilor verzi, în legislația din **Ucraina**, este abordat prin prisma mai multor acte legislative-normative [58, 59, 60]. În Art. 28 (punctul 5) al Legii „Privind amenajarea zonelor populate”, se indică că: administrațiile locale ale orașelor țin *Registrul spațiilor verzi*, un rezumat al datelor privind tipurile, compoziția speciilor, vârsta, calitatea și cantitatea spațiilor verzi de pe teritoriul unei așezări [57]. Inventarul spațiilor verzi se efectuează o dată la cinci ani și implică: determinarea suprafeței totale ocupate de spațiile verzi, inclusiv copaci, arbuști, ronduri de flori, peluze, alei etc.; determinarea numărului de copaci și arbuști după tipul de plantare, specie, vârstă, diametrul și starea de întreținere a acestora; determinarea valorii spațiului verde în ansamblu și a secțiunilor sale individuale etc. [56]. Pe baza materialelor inventariate, se întocmește un *pașaport al obiectului*, aprobat de către titularul / proprietarul sau utilizatorul parcelelor de teren pe care sunt amplasate spații verzi și semnat de către executantul lucrărilor de inventariere.

Implementarea unor „fișe personale” spațiilor verzi din orașe, în baza cărora sunt întreprinse măsuri de conservare, protecție, instruire și educație a populației privind calitatea componentelor de mediu, precum și importanța lor, sunt abordate în „*pașaportul ecologic al zonelor de recreație*” [11]. Argumentarea necesității unui astfel de pașaport se bazează pe faptul că spațiul verde este situat geografic într-un mediu urban supus zilnic presingului recreațional, iar o dezvoltare durabilă a spațiului verde impune menținerea condițiilor și resurselor naturale la nivelul echilibrului ecologic.

În alte studii, dintre *indicatorii de monitorizare a stării spațiilor verzi*, se enumeră: asigurarea cu spații verzi;

accesibilitatea; calitatea spațiului verde; biodiversitatea; securitatea; întreținerea; numărul de vizitatori în zonă; atractivitatea și adecvarea pentru utilizare; satisfacția clienților; resursele financiare prevăzute și efectiv alocate pentru gestionarea, operarea și întreținerea spațiului verde etc. [1].

Prin analiza informațiilor de mai sus au fost identificate aspectele-cheie utilizate în evaluările ecologice, de evidență, monitorizare și gestionare a componentelor de mediu, cu accente pe conservarea resurselor naturale, a ecosistemelor, biodiversității și management sustenabil. Spațiile verzi din urbe, supuse, tot mai intens, presiunilor de natură abiotică, biotică și antropică, în scopul asigurării beneficiilor de mediu și drept suport pentru bunăstarea umană, necesită a fi cercetate/evaluate complex *întru propunerea măsurilor sustenabile de conservare a patrimoniului natural și istorico-cultural, dezvoltarea și extinderea carcusei verzi*, gestionare adecvată, conștientizarea/educația populației etc. – aspecte ce pot fi integrate în următorul instrument: *Pașaportul ecologic al spațiilor verzi* (conform modelului de mai jos).

D. Propunere – PAȘAPORTUL ECOLOGIC AL SPAȚIULUI VERDE

Definiție: pașaport ecologic al spațiului verde – document tehnico-științific elaborat pentru inventarierea și evaluarea ecologică complexă a spațiului verde sub impactul modificărilor de mediu (evidență, evaluare complexă și gestiune sustenabilă a spațiului verde) – Tabelul 1.

Scop: înregistrarea și evaluarea complexă a stării componentelor de mediu și calitatea spațiului verde pentru identificarea riscurilor (presiunilor și amenințărilor) și fundamentarea măsurilor de protecție, conservare, monitorizare și gestionare durabilă a spațiului verde.

Obiective:

- **Inventarierea patrimoniului natural /componentelor naturale:** înregistrarea detaliată a particularităților fizico-geografice și biologice (speciile edificatoare și habitatele) specific spațiului verde.
- **Inventarierea elementelor de suport în managementul spațiului verde: înregistrarea prezenței/absenței atributelor necesare accesibilității, funcționării și calității spațiului verde.**
- **Evaluarea stării actuale:** analiza stării ecologice a componentelor de mediu și identificarea factorilor de risc sau a degradărilor din spațiul verde.
- **Evidențierea valorii socio-ecologice:** identificarea beneficiilor de mediu și în sprijinul calității vieții, prestate de spațiul verde.
- **Fundamentarea măsurilor de protecție:** stabilirea acțiunilor necesare pentru conservarea, utilizarea durabilă a resurselor naturale și management eficient.
- **Monitorizarea în timp:** urmărirea schimbărilor care apar în cadrul spațiului verde (periodic, o dată la 10 ani) pentru evidențierea și cuantificarea impactului, și ajustarea strategiilor de management.
- **Documentare științifică:** oferirea unei baze de date concrete pentru cercetări viitoare și luarea deciziilor bazate pe dovezi.
- **Destinatari:** autoritățile publice locale, autoritatea centrală de mediu prin subdiviziunile sale respective, întreprinderi responsabile de gestionarea spațiului verde și alte părți interesate.

Tabelul 1. Structura Pașaportului ecologic al spațiului verde

Nr.	Indicatorul	Note de îndrumare
	Denumirea și statutul juridic al spațiului verde	
1.1.	Denumirea spațiului verde	Conform actelor normative din domeniu (exemplu: registrul local al spațiilor verzi).
1.2.	Numărul cadastral	Numărul cadastral, conform Cadastrului bunurilor imobile sau „ <i>nede-limitat</i> ” în cazul absenței numărului cadastral.
1.3.	Categoria spațiului verde în dependență de: a) amplasament	Articolul 15. Clasificarea spațiilor verzi conform amplasamentului, din Legea Nr. 591 din 23-09-1999 cu privire la spațiile verzi ale localităților urbane și rurale.
	b) funcțiile și modul de folosință	Articolul 16. Clasificarea spațiilor verzi conform funcționalității, din Legea Nr. 591/1999.

1.4.	Anul înființării	Informații incluse în surse oficiale, date ale entităților responsabile de gestionarea spațiului verde.
1.5.	Baza juridică de funcționare	Legea Nr. 591 din 23-09-1999 cu privire la spațiile verzi ale localităților urbane și rurale. Regulamente locale (după caz).
Deținătorul funciar al spațiului verde		
2.1.	Deținătorul funciar	Primărie, întreprindere municipală, organizație etc.
2.2.	Adresa juridică a deținătorului funciar	Denumirea satului, comunei, orașului, municipiului etc., cu datele de contact
2.3.	Subordonare administrativă și instituțională	Ministerul Mediului – autoritatea centrală responsabilă de politicile și coordonarea în domeniul mediului; Agențiile relevante – Agenția de Mediu, Inspectoratul pentru Protecția Mediului etc. Autoritățile locale – municipiu, oraș, raion, U.T.A. Găgăuzia, comună etc.
Amplasamentul spațiului verde		
3.1.	Amplasarea geografică	O mică descriere a localizării spațiului verde (față de așezările umane și principalele repere fizico-geografice).
3.2.	Coordonatele geografice	Coordonate geografice în format grade, minute, secunde (DMS), reprezentat prin latitudine și longitudine, folosind simbolurile grade (°), minute (′) și secunde (″), urmate de direcția cardinală (N/S, E/V).
3.3.	Suprafața, ha	Conform Cadastrului bunurilor imobile.
3.4.	Schema/schița spațiului verde	Identificarea localizării în cadrul Republicii Moldova (harta generală), reprezentarea schematică a încadrării spațiului verde în limitele localității, în perimetrul străzilor etc. (schema-plan a spațiului verde).
4.	Mediul abiotic al spațiului verde/ Particularități fizico-geografice ale teritoriului	
4.1.	Particularități litologice	Indicarea complexelor litologice specifice regiunii.
4.2.	Particularitățile reliefului	Încadrarea în regiuni fizico-geografice; altitudinea, panta, expoziția versanților.
4.3.	Particularități edafice/pedologice	Încadrarea în unități pedogeografice; tipuri de sol prezente în regiune.
4.4.	Particularități hidrologice	Rețeaua hidrografică/ râuri și lacuri prezente pe teritoriul spațiului verde. Încadrarea în bazine/sub-bazine hidrografice (după caz).
4.5.	Particularități climatice	Încadrarea în zona climatică; regimul temperaturii aerului; regimul precipitațiilor atmosferice; regimul eolian.
5.	Mediul biotic al spațiului verde /Elemente biotice ale spațiului verde	
5.1.	Habitate	Încadrarea în regiuni biogeografice, geobotanice (după caz); enumerarea tipurilor de habitate.
5.2.	Vegetația:	Denumirea în limba română și latină a speciilor edificatoare de arbori, vârsta lor, compoziția actuală. Specii rare, rolul bioindicator al arborilor – după caz.
	a) Arbori	
	b) Arbuști	
	c) Plante ierboase	
	d) Specii invazive de plante	Denumirea în limba română și latină a speciilor identificate, aspecte cantitative și de repartitie în spațiul verde – după caz.

5.3	Lumea animală: a) Descrierea faunei prezente în spațiul verde	Mamifere, păsări, reptile, amfibieni, pești, nevertebrate identificate în spațiul verde, cu denumirea în limba română și latină a speciilor, aspecte cantitative și de repartitie în spațiul verde – după caz.
	b) Specii invazive de animale	Denumirea în limba română și latină a speciilor identificate, efectele negative ce le provoacă, aspecte cantitative și de repartitie în spațiul verde – după caz.
6.	Patrimoniul natural și istorico-cultural conex spațiului verde (după caz)	
6.1.	Elemente ale patrimoniului natural	Obiecte naturale protejate de stat (conform Legii Nr. 1538 din 25-02-1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat), încadrate în spațiul verde; o scurtă descriere, cu indicarea regimului de protecție, valorii ecologice, științifice, recreative, cognitive.
6.2.	Elemente ale patrimoniului istorico-cultural	Bunuri imobile de patrimoniu cultural (monumente), aflate sub protecția statului (conform Registrului monumentelor Republicii Moldova ocrotite de stat, Hotărârea Parlamentului Nr. 1531 din 22-06-1993 pentru punerea în aplicare a Legii privind ocrotirea monumentelor), încadrate în hotarele spațiului verde, cu o scurtă descriere a lor: cronologie, tip, fondator, valoare turistică, educativă și de promovare a spațiului.
7.	Particularități ale infrastructurii și de management al spațiului verde	
7.1.	Asigurarea cu atribute necesare funcționalității și recreației	Asigurarea cu panouri, standuri, scheme, inscripții care conțin obligațiuni, restricții și acces permis; cărări, poteci, drumuri, piste pentru ciclism, cros; bănci, coșuri/pubele pentru gunoi; surse de apă potabilă; structuri alimentare; stații cu utilaje sportive sau recreative, terenuri sportive, plaje, scene etc. Pentru această categorie propunem o scală cu 4 nivele, unde spațiile verzi sunt amenajate în conformitate cu funcția și utilizarea fiecărui.*
7.2.	Întreținerea spațiului verde	Indicarea întreprinderii responsabile de întreținerea spațiului verde și a activităților prestate (tipul de activități și frecvența). <i>Exemplu:</i> întreținerea elementelor și echipamentelor; întreținerea și tunderea gazonului; tăierea gardurilor vii; îngrijirea copacilor, arbuștilor și covoarelor floristice; curățarea zonelor, golirea pubelelor etc.
7.3.	Elemente de accesibilitate ale spațiului verde	Distanța maximă de mers pe jos față de zonele rezidențiale; egalitatea de accesibilitate și utilizare pentru persoanele cu dizabilități; capacitatea/ numărul de locuri; sezonul, zilele, intervalul orelor de activitate; prețuri orientative; accesul cu automobilul, transportul urban în comun, bicicleta, pe jos etc.
	Starea ecologică a spațiului verde	
8.1.	Calitatea aerului	Emisii/ depuneri de poluanți atmosferici: SO ₂ , NO _x , PM10, PM2.5, inclusiv prin biomonitoring (bioacumularea, toxitolanța speciilor edificatoare din spațiul verde sub impactul presiunilor de mediu); poluarea fonică (niveluri de zgomot, în dB(A) și comparare cu nivelurile admisibile – după caz).
8.2.	Poluarea cu metale grele a mediului (biota, solul)	Conținutul metalelor grele în componentele de mediu (mg/kg s.u.), compararea conținutului metalelor grele cu datele de referință (prag de alertă, prag de intervenție, prag de toxitolanță).
8.3.	Calitatea apei (după caz)	Componenta fizico-chimică a apei, compararea cu date de referință în domeniu; concentrația nutrienților și consumul biologic de oxigen în apele de suprafață (mg/l).

8.4	Impactul speciilor invazive asupra ecosistemelor locale și asupra sănătății populației	Numărul speciilor invazive; descrierea efectelor negative induse de speciile alohtone invazive asupra ecosistemelor locale, speciilor native, alterarea serviciilor ecosistemice, provocarea alergiilor, transmiterea agenților patogeni etc.
8.5	Impactul schimbărilor climatice asupra spațiului verde	Determinarea vulnerabilității ecosistemelor locale sub impactul schimbărilor climatice, prin indici eco-climatici (Indicele De Martonne, Indicele de ariditate UNEP, Indicele Aridității Forestiere etc.); scenarii climatice (după caz). După caz – identificarea numărului combinat de nopți tropicale (peste 20 °C) și zilelor fierbinți (peste 35°C) (număr/an).
8.6.	Alte surse de impact/presiuni și amenințări	Alte surse de impact/presiuni și amenințări, nemenționate mai sus, dar prezente nemijlocit în spațiul verde sau în imediata vecinătate.
9.	Beneficii de mediu și în sprijinul calității vieții, prestate de spațiul verde	
9.1.	Aspecte generale	Aspecte generale privind beneficiile prestate de spațiile verzi (noțiune, clasificare beneficii) și indicarea standardelor privind spațiile verzi, conform cerințelor Uniunii Internaționale de Conservare a Naturii (IUCN) – „Regula 3-30-300”, Organizației Mondiale a Sănătății (WMO) - un minim de 9 m ² de spațiu verde urban pe cap de locuitor, cu o țintă ideală de 50 m ² pentru orașe sustenabile și sănătoase sau alte clasificări (după caz).
9.2.	Beneficii prestate de spațiul verde	Indicarea importanței ecologice, socio-culturale, estetice a spațiului verde. După caz – o descriere detaliată, cu date, privind beneficiile ecologice (purificarea aerului și producerea de oxigen; reglarea temperaturii; bariere fonice; conservarea biodiversității; coridoare ecologice etc.); beneficiile sociale (spațiu de interacțiune și participare la evenimentele comunității; menținerea stării de sănătate prin activități de sport, relaxare, joacă, recreere etc.).
9.3.	Autenticitatea/originalitatea spațiului verde	Elemente abiotice sau biotice reprezentative, valoroase, simbolice, specifice doar spațiului verde studiat, prin care acesta se evidențiază, este recunoscut sau prezintă identitate (exemplu: o alee de specii valoroase de arbori; un sector de plante medicinale; un obiect acvatic valoros; o alee a poieților; sectoare de cascade artificiale pe cursul râului care traversează spațiul verde etc.)
10.	Recomandări de menținere și îmbunătățire a stării ecologice din spațiul verde	
10.1.	Recomandări de ordin general	Recomandări de întreținere și managementul sustenabil al spațiului verde.
10.2	Recomandări specifice	Recomandări specifice, de perspectivă, rezultate din analiza stării ecologice, a presiunilor și amenințărilor identificate (exemplu: recomandări de reconstrucție ecologică; de conservare a biodiversității specifice; de reziliență la schimbările climatice; combaterea efectelor negative ale speciilor invazive; diversificarea spectrului de vegetație pentru echilibrul fiziologic și psihic uman etc.)
Date de identificare: Pașaport realizat de către – autorii, instituția, data.		
Anexe: Fotografii din teren		

Legendă: * Scală cu 4 nivele, privind amenajarea spațiilor verzi cu attribute necesare funcționalității și recreației:

Nivel ridicat de dotări (Nivelul I) – acoperă zone cu utilizare intensivă și număr mare de persoane, spații verzi publice centrale, parcuri, grădini publice, grădini dendrologice etc., și înseamnă asigurarea

generoasă cu atribute necesare funcționării și recreării (bănci, coșuri de gunoi, suporturi pentru biciclete, fântâni arteziene, elemente pentru iluminare), echipamente informaționale, locuri de joacă, de practicare a sportului, structuri de umbră, echipamente specifice tematice etc.

Nivel mediu de dotări (Nivelul II) – acoperă spațiile verzi publice cu importanță locală (parcurile locale, scuarle, spații verzi din interiorul cartierelor, cu suprafețe reduse, utilizate ca zone de recreere, zone de recreere aferente bazinelor acvatice), unde sunt prezente mai puține elemente de infrastructură (bănci, coșuri de gunoi, suporturi pentru biciclete, fântâni arteziene, elemente de iluminat, echipamente informaționale și alte echipamente la scară mică).

Nivel scăzut de echipare (Nivelul III) – acoperă zone a căror utilizare este mai puțin intensivă (spațiile verzi de-a lungul arterelor (*aliniamente*) de circulație, cele adiacente zonelor industriale) sau zone predominant naturale, dar situate la periferia așezărilor umane (de exemplu pădurea-parc urbană), unde sunt prezente doar câteva elemente de infrastructură (bănci, coșuri de gunoi, suporturi pentru biciclete, echipamente informaționale și, în mod excepțional, elemente de iluminat).

Nivelul minim de echipare (Nivelul IV) – acoperă zonele care sunt puțin vizitate, minimal implicate în recreere, din cauza funcțiilor predominante, de exemplu, zonele importante din punct de vedere ecologic (spații verzi de consolidare a malurilor), asigurate, eventual, doar cu unele elemente individuale – bănci, coșuri de gunoi și facilități de informare.

Concluzii

Studiul propune și descrie, pentru prima dată, instrumentul științific de evidență, evaluare complexă ecologică și de gestiune sustenabilă al spațiului verde – *Pașaportul ecologic*. Cercetările științifice din cadrul spațiilor verzi vin să susțină evaluarea stării actuale și a impactului factorilor abiotici, biotici și antropici asupra calității mediului, prognozarea riscurilor și tendințelor viitoare în contextul modificărilor de mediu, inclusiv a schimbărilor climatice, valorificarea sustenabilă a patrimoniului natural-istoric din spațiile verzi, identificarea beneficiilor și valorilor specifice infrastructurii verzi etc., acțiuni necesare fundamentării măsurilor de protecție, conservare, monitorizare și gestionare durabilă a spațiului verde. Propunem acest instrument în îmbunătățirea cadrului legislativ-normativ actual, în aspirațiile Republicii Moldova de integrare europeană, restaurare a naturii, implementare a obiectivelor de dezvoltare durabilă și a cadrului regional/național de mediu.

Bibliografie:

1. *A green system in settlements: driving the development of green spaces: handbook*. Ljubljana: Ministry of the Environment and Spatial Planning, Construction and Housing Directorate, 2023. 96p. (Spatial order of Slovenia). ISBN 978-961-6276-57-3. Disponibil: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MNVP/Dokumenti/Prostorski-red/DPR_Zeleni_sistem_ANG.pdf [Accesat: 25.02.2026].
2. AGAFIȚEI, A. *Lucrări la Ecologie. Facultatea de Hidrotehnie, Geodezie și Ingineria Mediului*. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi”, Iași. 2022, 79 p. Disponibil: <https://hgim.tuiasi.ro/wp-content/uploads/2022/09/Lucrari-Ecologie-1-6.pdf> [Accesat: 25.02.2026].
3. AGAFIȚEI, A-M. *Ecologie*. Facultatea de Hidrotehnie, Geodezie și Ingineria Mediului. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi”, Iași. 2022, 220 p. Disponibil: <https://hgim.tuiasi.ro/wp-content/uploads/2022/09/Curs-Ecologie.pdf> [Accesat: 25.02.2026].
4. *Cadastrul Obiectelor și Complexelor din Fondul Ariilor Protejate de Stat*. Ministerul Educației, Culturii și Cercetării. Institutul de Ecologie și Geografie. Laboratorul Ecosisteme Naturale și Antropizate. Disponibil: <https://drive.google.com/file/d/1tsSA7aGNsCGQSuqlgDL-22F-gcMPnkWI/view?usp=sharing> [Accesat: 25.02.2026].
5. CHIRIAC, D., HUMĂ, C., STANCIU, M. Spațiile verzi – o problemă a urbanizării actuale. În: *Calitatea Vieții*, XX, nr. 3–4, 2009, p. 249–270. ISSN Print: 1018-0389.
6. CIORNEI, L., GAVRILIDIS, A.-AL., GAVRILIDIS, A.-M., MUNTEANU, P. *Ghid pentru managementul spațiilor verzi*. Editura Economică, București, 2022. 132 p. ISBN: 978-606-093-013-6
7. *Cities and Climate Actions. World Cities Report*. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). 2024. 373 p. ISBN: 978-92-1-132955-1.

8. COD Nr. CUC434/2023 din 28.12.2023 urbanismului și construcțiilor. Parlamentul Republicii Moldova. Publicat: 30.01.2024 în *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 41-44 art. 61.
9. Comisia Europeană în Comunicarea (2013/0249) “*Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe’s Natural Capital*”. Disponibil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52013DC0249> [Accesat: 25.02.2026].
10. Consiliul Municipal Chișinău. Decizie Nr. 6/10 din 18 iulie, 2017 cu privire la aprobarea „Regulamentului privind delimitarea, gestionarea și protejarea spațiilor verzi din municipiul Chișinău”. Disponibil: <https://drive.google.com/file/d/1ic5Tmjn8KkGERIeJm01vN011U7S5wQyw/view?usp=sharing> [Accesat: 25.02.2026].
11. CREȚU, A., BEGU, A., LEAHU, G. Aspecte privind structura pașaportului ecologic al zonelor de recreație. In: *Mediul Ambiant*, 2007, nr. 2(32), pp. 39-40. ISSN 1810-9551. Disponibil: https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/4522 [Accesat: 25.02.2026].
12. CULESCU, D. L. *Elaborarea unei metode de analiză a calității spațiilor verzi urbane* – teză de doctorat. Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară București (România). București 2015, 294 p. Disponibil la: http://rpr.ro/DianaCulescu_teza_extenso.pdf [Accesat: 25.02.2026].
13. DASCĂLU, D. *Metodologia Cercetării în Științele Sociale*. Suport de Curs. Universitatea „Ștefan Cel Mare”, Suceava, Facultatea de Istorie și Geografie, Departamentul de Științe Umane și Social-Politice. 2022, 127 p. Disponibil: <https://fig.usv.ro/wp-content/uploads/sites/5/2022/09/An-II-METODOLOGIA-CERCETAREA-IN-STIINTELE-SOCIALE.pdf> [Accesat: 25.02.2026].
14. DAVID, A., PASCARI, V., NICOARA, I., BEGU, A., SANDU, M., URSU, A., POSTOLACHE, GH. *Ariile naturale protejate din Moldova. Monumente ale naturii: geologice, paleontologice, hidrologice, pedologice*. Ed. Știința, Chișinău, 2016, 176 p. ISBN: 978-9975-85-058-2.
15. *Dezvoltarea unui model de evaluare a potențialului infrastructurilor verzi pentru planificarea urbana durabilă PN-II-RU-TE-2014-4-0434*. Raport științific final 2017. 58 p. Disponibil: https://ccmesi.ro/wp-content/uploads/2017/09/Raport_Final_PlanGreen_RO.pdf [Accesat: 25.02.2026].
16. *EU Agenda for Cities 2025*. European Commission. Disponibil: https://ec.europa.eu/regional_policy/information-sources/publications/communications/2025/eu-agenda-for-cities-2025_en [Accesat: 25.02.2026].
17. *Ghid privind revitalizarea urbană pentru orașele din Republica Moldova*. Ministerul Agriculturii, Dezvoltării Regionale și Mediului. 2020. 75 p. Disponibil: <https://maia.gov.md/sites/default/files/Ghid%20privind%20revitalizarea%20urbana.pdf> [Accesat: 26.02.2026].
18. Hotărâre de Guvern Nr. 624 din 30-08-2023 cu privire la aprobarea Programului național de adaptare la schimbările climatice până în anul 2030. Guvernul Republicii Moldova. Publicat : 27-11-2023 în *Monitorul Oficial* Nr. 448-451 art. 1086.
19. Hotărâre de Guvern Nr. HG1005/2004 din 13.09.2004 privind aprobarea Regulamentului Cadastrului de stat al regnului animal. Guvernul Republicii Moldova. Publicat: 24.09.2004 în *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 175-177 art. 1195.
20. Hotărâre de Guvern Nr. HG211/2009 din 13.03.2009 privind aprobarea Regulamentului Cadastrului obiectelor regnului vegetal. Guvernul Republicii Moldova. Publicat: 20.03.2009 în *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 57-58 art. 260.
21. Hotărâre de Guvern Nr. 409 din 12-06-2024 cu privire la aprobarea Strategiei de mediu pentru anii 2024-2030. Guvernul Republicii Moldova. Publicat : 30-07-2024 în *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 325-328 art. 650.
22. Hotărârea de Guvern Nr. 414 din 02-05-2000 privind aprobarea Regulamentului Cadastrului obiectelor și complexelor în fondul ariilor naturale protejate de stat. Guvernul Republicii Moldova. Publicat : 12-05-2000 în *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 54-56 art. 496.
23. Hotărârea de Guvern Nr. 676 din 11-07-2000 cu privire la procedura unică de ținere a evidenței spațiilor verzi ale localităților urbane și rurale. Guvernul Republicii Moldova. Publicat: 21-07-2000 în *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 84-87 art. 761.
24. HUMĂ, C. Spații verzi urbane în sprijinul calității vieții populației. În: *Calitatea vieții*, Vol. 33, Nr. 1 (2022), p. 1-19. ISSN Print: 1018-0389.
25. IOJA, C. PATROESCU, M., ROZYLOWICZ, L., NITA, R.-M., IOJA, A., PATROESCU-KLOTZ, I. *Evaluarea integrată a stării mediului în spațiile rezidențiale*. Editura Academiei Române, 2012. 237 p. DOI:10.13140/2.1.3408.0327 [Accesat: 25.02.2026].

26. Legea Nr. 1538 din 25-02-1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat. Parlamentul Republicii Moldova. Publicat : 16-07-1998 în *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 66-68 art. 442.
27. Legea Nr. 239 din 08-11-2007 regnului vegetal. Parlamentul Republicii Moldova. Publicat: 26-02-2008 în *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 40-41 art. 114.
28. Legea Nr. 439 din 27-04-1995 regnului animal. Parlamentul Republicii Moldova. Publicat: 09-11-1995 în *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 62-63 art. 688.
29. Legea Nr. 591 din 23-09-1999 cu privire la spațiile verzi ale localităților urbane și rurale. Parlamentul Republicii Moldova. Publicat: 02-12-1999 în *Monitorul Oficial* Nr. 133-134 art. 649.
30. Legea Nr. LP112/2014 din 02.07.2014 pentru ratificarea Acordului de Asociere între Republica Moldova, pe de o parte, și Uniunea Europeană și Comunitatea Europeană a Energiei Atomice și statele membre ale acestora, pe de altă parte. Publicat: 18.07.2014 în *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 185-199 art. 442.
31. Legea nr. 24/2007 privind reglementarea și administrarea spațiilor verzi din intravilanul localităților. Parlamentul României. Publicat în *Monitorul Oficial* nr. 764 din 10 noiembrie 2009. Disponibil: <https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/78673> [Accesat: 25.02.2026].
32. Legea Nr. 835 din 17-05-1996 privind principiile urbanismului și amenajării teritoriului. Parlamentul Republicii Moldova. Publicat: 02-01-1997 în *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 1-2 art. 2.
33. MOGÎLDEA, VL. Abordări metodologice de cercetare a stării ecologice a ecosistemelor urbane. In: Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin cercetare și inovare” dedicată Zilei internaționale a Științei pentru Pace și Dezvoltare, 9-10 noiembrie 2023. P.222-234. ISBN 978-9975-62-687-3.
34. *New European Bauhaus – from vision to implementation*. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Strasbourg, 16.12.2025. COM(2025) 1026 final. Disponibil: https://new-european-bauhaus.europa.eu/document/download/659d8ea3-edd7-4d7f-bc4c-17162f0d6e4a_en?filename=COMMUNICATION%20New%20European%20Bauhaus_0.pdf [Accesat: 25.02.2026].
35. Norme Tehnice pentru elaborarea Registrului local al spațiilor verzi din intravilanul localităților. Publicat în *Monitorul Oficial* nr. 829 din 10 decembrie 2008. Ministerul Dezvoltării, Lucrărilor Publice și Locuințelor (România). Disponibil: <https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/119401> [Accesat: 25.02.2026].
36. *One Health*. World Health Organization. 2023. Disponibil: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/one-health> [Accesat: 25.02.2026].
37. *Pact of Amsterdam establishing the Urban Agenda for the EU*. European Commission. Disponibil: https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/decisions/2016/pact-of-amsterdam-establishing-the-urban-agenda-for-the-eu [Accesat: 25.02.2026].
38. POSTOLACHE, GH. *Ariile naturale protejate din Moldova. Arbori seculari*. Ed. Știința, 2015. 180 p. ISBN: 978-9975-67-967-1.
39. POSTOLACHE, GH., BUCATEL, V., LAZU, ȘT., TELEUȚĂ, AL., MIRON, A. *Ariile naturale protejate din Moldova. Pajiști și monumente de arhitectură peisajeră*. Ed. Știința, 2017. 180p. ISBN: 978-9975-85-100-8
40. POSTOLACHE, GH., LAZU, ȘT. *Ariile naturale protejate din Moldova. Rezervații silvice*. Ed. Știința, 2018. 212p. ISBN: 978-9975-85-151-0
41. Proiectul “Programul privind biodiversitatea pentru anii 2026-1030”. Ministerul Mediului al Republicii Moldova. Disponibil: https://mediu.gov.md/sites/default/files/Documente%20atasate%20Advance%20Pagines/Program%20biodiversitate_10102025_clean%20fara%20comentarii.docx [Accesat: 25.02.2026].
42. *Raport de progres privind implementarea Agendei 2030 pentru Dezvoltare Durabilă în Republica Moldova, 2024*. Guvernul Republicii Moldova. Disponibil: <https://gov.md/sites/default/files/Filepdf/Raport%20ODD%202024.pdf> [Accesat: 25.02.2026].
43. *Regulamentul (UE) 2024/1991 al Parlamentului European și al Consiliului din 24 iunie 2024 privind restaurarea naturii și de modificare a Regulamentului (UE) 2022/869* Disponibil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=CELEX:32024R1991> [Accesat: 25.02.2026].
44. ROCHA, S.M., ZULIAN, GR., MAES, J., THIJSEN, M. *Mapping and assessment of urban ecosystems and their services*. EUR 27706, European Union, 2015, 72p. ISBN: 978-92-79-58515-9.

45. *State of Regions and Cities: A closer, stronger, cohesive and ambitious European Union*. 2024 EU Annual Report. Edited by the European Committee of the Regions, Brussels, October, 2024. 62 p. ISBN 978-92-895-3513-7.
46. *State of the Global Climate 2023*. World Meteorological Organization, 2024. WMO Nr.1347. 53 p. ISBN: 978-92-63-11368-9 Disponibil: <https://library.wmo.int/records/item/68835-state-of-the-global-climate-2023> [Accesat: 25.02.2026].
47. *Strategia UE privind biodiversitatea pentru 2030*. Eur-lex. European Union. Disponibil: <https://eur-lex.europa.eu/RO/legal-content/summary/eu-biodiversity-strategy-for-2030.html> Accesat: 25.02.2026].
48. *Sustainable development in the UNECE Region: Facing a Headwind in 2024*. United Nations Economic Commission for Europe. Geneva, 2024. 90p. ISBN 978-92-1-003051-9
49. *The 3+30+300 Rule for Healthier and Greener Cities. Nature Based Solutions*. Disponibil: <https://nbsi.eu/the-3-30-300-rule/> [Accesat: 25.02.2026].
50. *The European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent*. European Commission. Disponibil: <https://www.consilium.europa.eu/ro/policies/european-green-deal/> [Accesat: 25.02.2026].
51. *The State of European Cities Report, 2016. Cities leading the way to a better future*. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. 220p. ISBN: 978-92-1-132717-5. Disponibil: https://ec.europa.eu/regional_policy/policy/themes/urban-development/cities-report_en [Accesat: 25.02.2026].
52. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. United Nations. Disponibil: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf [Accesat: 25.02.2026].
53. UGSI – *Husqvarna Urban Green Space Insights present: How green are cities?* Urban Green Space Report 2024. 50p. Disponibil: <https://www.husqvarnagroup.com/sites/husqvarna/files/pr/202411115494-2.pdf> [Accesat: 26.02.2026].
54. *Urban Green Space Interventions and Health.: a review of impacts and effectiveness*. WHO Regional Office for Europe. 2017. 203 p. Document number: WHO/EURO:2017-6358-46124-66715.
55. *World Urbanization Prospects 2025: Summary of Results*. UN DESA/POP/2025/TR/ NO. 12. New York: United Nations. 2025, 124 p. ISBN: 9789211544589.
56. *ІНСТРУКЦІЯ з технічної інвентаризації зелених насаджень у місцях та селищах міського типу України*. Disponibil: https://ips.ligazakon.net/document/view/reg6470?an=28&ed=2001_12_24 [Accesat: 25.02.2026].
57. *Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України*: затв. Наказом Міністерства будівництва, архітектури та житловокомунального господарства України від 10.04.2006 р. № 105 // Офіц. Вісн. України. – 2006. – № 31. – ст. 2276. Disponibil: <https://ips.ligazakon.net/document/RE12754> [Accesat: 25.02.2026].
58. *Закон України «О благоустройстве населенных пунктов»*. С изменениями и дополнениями, внесенными Законами Украины от 16 сентября 2008 N 509-VI, от 5 ноября 2009 N 1704-VI. Disponibil: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ukr158539.pdf> [Accesat: 25.02.2026].
59. *Закон Украины «О растительном мире»* (№ 591-XIV от 9 апреля 1999 года). Disponibil: https://urist.com.ua/ru/act/o_rastitelnom_mire [Accesat: 25.02.2026].
60. *Закон Украины «Об охране окружающей природной среды»* № 1264-XII от 25 июня 1991 года. Disponibil: https://continent-online.com/Document/?doc_id=30438941#pos=0;0 [Accesat: 25.02.2026].

N.B.: *Studiul a fost dezvoltat în cadrul proiectelor: 25.80012.7007.24SE „Fundamente pentru orașe verzi, sănătoase și reziliente – Evaluarea complexă, protecția și promovarea sustenabilității biodiversității spațiilor verzi urbane – sanogene în contextul modificărilor de mediu, inclusiv a schimbărilor climatice” (2025-2026); 010801 „Sporirea securității ecologice și rezilienței geo-ecosistemelor la modificările actuale de mediu” (2023-2027), finanțate de Agenția Națională de Cercetare și Dezvoltare din Republica Moldova.*

Mulțumiri: *Autoarea adresează sincere mulțumiri dr. hab., prof. univ., Adam BEGU, pentru îndrumare și implicare în îmbunătățirea conținutului acestui studiu.*

Date despre autor:

Ala DONICA, doctor în biologie, cercetător științific coordonator, laboratorul „Ecosisteme naturale și antropizate”, Institutul de Ecologie și Geografie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-3308-8048

E-mail: aladonica1980@gmail.com

Prezentat: 02.02.2026

Recenzat: 26.02.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 551.583:574.1

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_30](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_30)

VARIABILITATEA ARIDITĂȚII EXPRIMATĂ PRIN INDICI ECO-CLIMATICI ȘI IMPACTUL EI ASUPRA BIODIVERSITĂȚII

**Ala DONICA,
Rodica COJOCARI,**

Universitatea de Stat din Moldova

Variabilitatea aridității, redată prin indici eco-climatici (Indicele de ariditate De Martonne, Indicele de ariditate UNEP și Indicele perioadelor uscate) se referă la modificările în timp și spațiu ale condițiilor de uscăciune/ariditate (lipsă de apă, precipitații scăzute, evapotranspirație ridicată), fiind influențată de factorii fizico-geografici și climatici (temperatură, precipitații, latitudine, altitudine). Prin indicii eco-climatici analizați (datele celor 16 stații meteorologice, perioada 1980-2020) s-au identificat și cartat cele mai aride teritorii de pe teritoriul Republicii Moldova; s-a determinat favorabilitatea climatică a teritoriilor pentru un anumit tip de ecosistem și s-a exprimat, în aspect temporar, impactul schimbărilor climatice asupra dezvoltării plantelor. Cercetările științifice bazate pe interpretarea valorilor indicilor eco-climatici au o deosebită aplicabilitate în dezvoltarea sustenabilă a agriculturii, monitorizarea terenurilor degradate, managementul apelor, silvicultură, conservarea biodiversității locale și a ecosistemelor naturale etc.

Cuvinte-cheie: schimbări climatice, indici eco-climatici, indicele de ariditate UNEP, indicele de ariditate De Martonne, Indicele zilelor uscate, ecosisteme naturale și antropizate.

ARIDITY VARIABILITY EXPRESSED THROUGH ECO-CLIMATIC INDICES AND ITS IMPACT ON BIODIVERSITY

Aridity variability, expressed through eco-climatic indices (De Martonne Aridity Index, UNEP Aridity Index and Dry Period Index) refers to the changes in time and space of dryness/aridity conditions (lack of water, low precipitation, high evapotranspiration), being influenced by physical-geographic and climatic factors (temperature, precipitation, latitude, altitude). Through the analyzed eco-climatic indices (data from 16 meteorological stations, period 1980-2020), the driest territories on the Republic of Moldova territory were identified and mapped; the climatic favorability of the territories for a certain type of ecosystem was determined; and the impact of climate change on plant development was expressed, in temporary terms. Scientific research based on the interpretation of eco-climatic index has particular applicability in the sustainable development of agriculture, monitoring of degraded lands, water management, forestry, conservation of local biodiversity and natural ecosystems.

Keywords: climate change, eco-climatic indices, UNEP aridity index, De Martonne aridity index, Dry days index, natural and human ecosystems.

Introducere

Activitățile umane, în principal prin emisiile de gaze cu efect de seră, au cauzat creșterea temperaturii suprafeței globale la 1,1°C în perioada 2011-2020 (comparativ cu perioada 1850-1900), și pierderi, din ce în ce mai ireversibile, în ecosistemele terestre, de apă dulce, costiere și oceanice. Pierderea biodiversității locale, determinată de creșterea magnitudinii extremelor de căldură, au fost înregistrate atât pe uscat, cât și în ocean [11]. Factorii direcți, cu cel mai intens impact asupra ecosistemelor și biodiversității cuprind schimbările în utilizarea terenurilor; exploatarea directă a speciilor; schimbările climatice; poluarea și invazia speciilor alogene [10]. Frecvența și intensitatea fenomenelor meteorologice extreme, incendiile, inundațiile și secetele, pe care acestea le pot aduce, au crescut, în ritm alarmant, în ultimii 50 de ani. Aceste schimbări induc impacturi, pe scară largă, în multe aspecte ale biodiversității, inclusiv distribuția speciilor, fenologia, dinamica populației, structura comunității și funcția ecosistemului [10, 11].

Ariditatea climatică (echilibrul pe termen lung dintre disponibilitatea apei, prin precipitații și cererea atmosferică, prin evaporare) joacă un rol fundamental în determinarea rezervei apei și a distribuției geografice a ecosistemelor și a regiunilor agricole, și un rol esențial în modelarea tranzițiilor ecologice, îndeosebi,

în contextul schimbărilor climatice actuale. Peste trei sferturi din totalul terenurilor de pe Terra au cunoscut un climat mai uscat în cele trei decenii premergătoare anului 2020, comparativ cu perioada anterioară, de 30 de ani. Zonele aride globale - zone în care precipitațiile sunt mai mici de 65% din cererea atmosferică prin evaporare - s-au extins cu aproximativ 4,3 milioane km², o suprafață egală cu aproximativ jumătate din suprafața continentului Australia, ocupând aproape 41% din suprafața terestră [19].

Schimbările pe termen lung ale aridității climatice contribuie semnificativ la schimbările ecologice, cu consecințe vaste pentru ecosistemele naturale și societățile umane. Tendințele, spre climate mai aride, pot duce la modificări ale compoziției și structurii vegetației, deoarece speciile tolerante la secetă concurează cu altele pentru resursele limitate de apă. Acest lucru, la rândul său, poate induce reducerea productivității și fertilității ecosistemelor, precum și scăderea capacității de sechestrare a carbonului. În plus, aridizarea poate provoca pierderea biodiversității, deoarece speciile sensibile sau specializate nu se pot adapta la noile condiții de mediu. Toate aceste procese conduc spre o degradare ireversibilă, cum ar fi deșertificarea [2].

Pentru sud-estul Europei, modelul spațial general al aridității, constant în perioada 1961-2050, se va schimba semnificativ către categorii mai aride în Câmpia Panonică, în apropierea Mării Negre și în partea de est a Peninsulei Balcanice. Creșteri atât ale evapotranspirației potențiale, cât și a evaporației efective (re-ale) pot fi așteptate în întreaga regiune, cu excepția unor zone de coastă din sudul Italiei, Greciei și Turciei, unde evapotranspirația efectivă ar putea scădea, ca urmare a unui număr semnificativ mai mic de precipitații proiectate, disponibile pentru evaporare [5].

Astfel, variabilitatea aridității se referă la modificările în timp și spațiu ale condițiilor de uscăciune/ariditate (lipsă de apă, precipitații scăzute, evapotranspirație ridicată), fiind influențată de factori climatici (temperatură, precipitații, latitudine, altitudine) și manifestându-se prin fluctuații ale secetei, cu impact asupra ecosistemelor naturale și antropizate. În esență, variabilitatea aridității descrie cât de mult se schimbă gradul de uscăciune într-o anumită regiune, un aspect-cheie pentru managementul sustenabil al resurselor naturale (apă, sol, biotă etc.) [13].

Acest studiu are ca scop analiza variabilității aridității climatice pe teritoriul Republicii Moldova prin utilizarea indicilor eco-climatici (Indicele de ariditate De Martonne, Indicele de ariditate UNEP și Indicele zilelor uscate) ca suport în gestionarea sustenabilă a ecosistemelor naturale și antropizate.

Metode de cercetare

Din punct de vedere biogeografic, *indicii eco-climatici* reprezintă formule de calcul pentru favorabilitatea climatică a unui areal pentru un anumit tip de ecosistem. *Ariditatea* este o noțiune spațio-temporală care exprimă un dezechilibru hidric în geosistem. Conceptul de zonă aridă este expresia spațială a ieșirilor de apă din sistem ce depășesc constant intrările [20].

Definirea și caracterizarea aridității ca intensitate s-a realizat prin calcularea, cartografierea și analiza valorilor indicelui de ariditate De Martonne (1926), indicele de ariditate UNEP (1979), și Indicele zilelor uscate (2012).

Un indicator sugestiv pentru caracterizarea aridității este **Indicele de ariditate De Martonne (IM)**, descris de relația: **IM = P/(Tm+10)**;

unde P = suma precipitațiilor anuale, iar Tm = temperatura medie anuală, la numitor intervenind suplimentar valoarea de 10°C, pentru a produce rezultate pozitive și în cadrul regiunilor cu medii termice anuale negative [7]. În general, valori reduse ale IM indică condiții secetoase, în timp ce valori ridicate - condiții umede (Tab.1).

Tabelul 1. Clasificarea climatică după valorile Indicelui De Martonne (IM)

Tipul de climă	Valori ale IM
Foarte uscat = deșert (arid)	0-5
Uscat = stepă, semiarid (semideșert)	5-15 (5-12)
Semiarid (dry sub-humid)	15-20
Subumed (moist sub-humid)	20-30
Umed (wet)	30-60
Foarte umed (humid)	peste 60

Indicele de ariditate de Martonne poate fi calculat și ca valori lunare pentru țara noastră, aduse la nivel anual cu următoarea relație: **IM lunar = 12 p/(t +10);**

unde p și t definesc valorile lunare ale sumei precipitațiilor, respectiv ale mediei temperaturii, pentru a putea fi încadrate în clasele ce caracterizează ariditatea și a putea fi comparate între ele. În același timp, în literatura de specialitate, valorile obținute se raportează la tabele de referință [15] privind favorabilitatea climatică pentru dezvoltarea tipurilor de vegetație (Tab. 2).

Tabelul 2. Corelări numerice între valorile Indicelui de ariditate De Martonne și climă

IM	Tip de climat	Subtip
0-5	Hiper arid (deșerturi absolute, extreme aride)	Deșert – lipsa vegetației
5-10	Arid (regiuni deșertice)	
10-15	Stepic (climat semiarid, mediteranean)	Stepă uscată
15-20		Stepă cu graminee
20-25	Semi-umed	Stepă cu ierburi înalte
25-30		Silvostepă
30-35	Umed	Păduri de stejar
35-40		Păduri de fag
40-45		Păduri de conifere
45-50		Subalpin
50-60		Alpin
>60	Per-humid	

O metodă comună pentru cuantificarea decalajului dintre contribuțiile precipitațiilor și cererea de apă este **Indicele de Ariditate (IA)**, care, prin formula adoptată de UNEP [18], FAO [8] și UNCCD [17], reprezintă un instrument simplu, dar eficient pentru investigația științifică. Indicele de ariditate (IA) al UNEP (1992), este raportul dintre precipitațiile anuale (P) și evapotranspirația potențială (EPT), reflectând echilibrul hidric din sistem: **IA = P/EPT.**

Un IA cu valori mai mici înseamnă că cererea de apă (EPT) depășește cu mult oferta (P), indicând o uscăciune mai mare, în timp ce $IA \geq 0,65$ sugerează o umiditate suficientă (Tab.3). Zonele cu un IA mai mic de 0,65 unități sunt clasificate drept zone aride, cruciale pentru înțelegerea deșertificării și a gestionării apei.

Utilizat în studiile ecologice și climatice, prin IA se poate cartografia disponibilitatea apei, evalua seceta și monitoriza degradarea terenurilor, oferind informații despre potențialul agricol și impactul schimbărilor climatice. Mai mult, indicele reprezintă unul dintre cei mai relevanți indicatori pentru studierea proceselor de deșertificare. Ariditatea poate fi evaluată și în baza numărului de zile în care bilanțul hidric permite creșterea plantelor (sezonul de creștere), conform Organizației pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite (FAO) - [4]. Deci, indicele IA poate fi definit ca un indice bioclimatic, deoarece ia în considerare atât fenomenele fizice (precipitațiile și evapotranspirația), cât și procesele biologice (transpirația plantelor).

Tabelul 3. Clasele climatice de ariditate după Indicele de ariditate UNEP (IA).

Clasa climatului	Valoarea IA
Hiper arid	$\leq 0,05$
Arid	0,05 – 0,20
Semi-arid	0,20 – 0,50
Uscat subumed	0,50 – 0,65
Umed	$> 0,65$

Evapotranspirația potențială (ETP) reprezintă un indicator climatic fundamental, care exprimă cantitatea maximă de apă ce poate fi transferată în atmosferă prin procesele combinate de evaporare și transpirație, în condițiile existenței unei rezerve suficiente de apă în sol.

În cadrul prezentei cercetări, evapotranspirația potențială a fost estimată utilizând **metoda empirică propusă de Ivanov**, metodă frecvent aplicată în studiile climatice din Europa de Est, datorită simplității sale și cerințelor reduse de date meteorologice. Formula utilizată este:

$$ETP = 0,0018 \cdot (25 + T)^2 \cdot (100 - f)$$

unde: ETP reprezintă evapotranspirația potențială lunară (mm), T este temperatura medie lunară a aerului (°C), f este umiditatea relativă medie lunară a aerului (%), 0,0018 este un coeficient empiric stabilit experimental [16].

Metoda Ivanov se încadrează în categoria **metodelor empirice climatice**, fiind bazată exclusiv pe parametri termo-higrometrici. Aceasta nu include explicit influența radiației solare, a vitezei vântului sau a bilanțului energetic, ceea ce îi conferă o aplicabilitate, mai ales la scări temporale lunare și în regiuni cu climat temperat-continental.

Calculul evapotranspirației potențiale prezintă o importanță deosebită în evaluarea regimului hidroclimatic, deoarece permite:

- identificarea și caracterizarea **perioadelor de deficit hidric**, cu relevanță pentru procesele de aridizare;
- evaluarea impactului **schimbărilor climatice** asupra regimului termic și hidric, în special prin creșterea temperaturii aerului și reducerea umidității relative.

Intensificarea procesului de aridizare în perioada activă de vegetație, îndeosebi între lunile mai-august, influențează negativ fazele de ontogeneză ale plantelor. **Indicele perioadelor uscate (Izu)**, reprezintă coraportul dintre numărul zilelor uscate, înregistrate în ani concreți, către media lor multianuală, exprimat prin următoarea formulă:

$$Izu = \frac{\sum zu(V-VIII)}{Xzu(V-VIII)}$$

unde: $\sum zu(V-VIII)$ – suma zilelor uscate înregistrate în perioada mai - august, perioadă cu creștere intensivă a plantelor; $Xzu(V-VIII)$ – media multianuală a zilelor uscate în aceste luni -[12].

Valorile obținute se raportează la *tabelul de referință privind favorabilitatea climatică pentru dezvoltarea plantelor* (Tab.4) Acest indice este utilizat, la nivel regional, de către Global Water Partnership întru estimarea secetelor din Sud-Estul Europei [9].

Tabelul 4. Calificativele indicelui perioadelor uscate (Izu).

Calificativele Izu	Valorile Izu
perioada normală	0,1-1,0
perioadă uscată moderată	1,1-2,0
perioadă uscată semnificativă	2,1-3,0
perioadă uscată periculoasă	3,1-4,0
perioadă uscată excepțională	>4,1

Hărțile au fost obținute prin modelări cartografice complexe utilizând metoda ecuațiilor de regresie și analiza reziduurilor regresiei. Repartițiile spațiale ale temperaturii și precipitațiilor în limitele teritoriului țării reflectă particularitățile reliefului ca factor de genă a climei, păstrând în același timp valorile intacte în pozițiile stațiilor meteorologice. În ArcGIS s-a utilizat procedura Raster Calculator din modulul Map Algebra a extensiunii Spațial Analyst (efectuarea operațiilor aritmetice cu hărți digitale ca variabile numerice) [14].

Ca soft de prelucrare a datelor inițiale a servit Programul Statgraphics Centurion XVI în estimarea temporală a indicilor respectivi. Materialele inițiale de studiu au constituit datele multianuale privind regimul termic și cantitatea anuală/lunară de precipitații, colectate de la Serviciul Hidrometeorologic de Stat, pentru perioada 1980–2020 (perioadă recomandată de către IPCC în măsurările climatice).

Cercetările au fost realizate în cadrul Institutului de Ecologie și Geografie al Universității de Stat din Moldova, în cadrul Proiectului 25.80012.7007.24SE „Fundamente pentru orașe verzi, sănătoase și reziliente - Evaluarea complexă, protecția și promovarea sustenabilității biodiversității spațiilor verzi urbane - sanogene în contextul modificărilor de mediu, inclusiv a schimbărilor climatice” (2025-2026), și Proiectului 010801 “Sporirea securității ecologice și rezilienței geo-ecosistemelor la modificările actuale de mediu” (2023-2027), finanțate de Agenția Națională de Cercetare și Dezvoltare.

Rezultate și discuții

Caracteristicile morfometrice ale reliefului, specificul și intensitatea proceselor de modelare și de alcătuire geologică, care, la rândul său, determină modul de repartitie spațială a elementelor bio-pedo-climatice (a temperaturii și umidității, a vegetației și solurilor) au stat la baza regionării fizico-geografice a teritoriului Republicii Moldova (2019) - [1]. Modul zonal (latitudinal) de repartitie a condițiilor termice și ale umidității, au determinat și specificul componentelor biogene, iar ca rezultat - o diferențiere spațială a celor mai mari unități teritoriale: zonele geografice (zona de silvostepă și cea de stepă). **Zona de silvostepă**, care cuprinde nordul și centrul Republicii Moldova, se caracterizează printr-o cantitate moderată a precipitațiilor anuale, valoarea medie a căreia depășește 550-600 mm. Umiditatea, relieful de podiș și specificul rocilor parentale (prezența formațiunilor permeabile argilo-nisipoase, a pietrișurilor și a rocilor carbonatice) favorizează dezvoltarea pe soluri cenușii, brune, uneori și pe cernoziomuri levigate a peisajelor silvice. **Zona de stepă**, ocupă sudul și sud-estul republicii. Valoarea medie a precipitațiilor anuale constituie 460-500 mm. Regimul termic și cantitatea mai redusă a precipitațiilor determină prezența frecventă a secetelor [3].

Caracterizarea aridității, ca intensitate, prin calcularea **Indicelui de Ariditate De Martonne (IM)**, perioada 1980-2020, indică faptul că valorile acestui indice variază în tot cuprinsul țării, datorită parametrilor adiacenți cu influențe asupra climei (forme de relief, înclinare, expoziție etc.). Cu cât altitudinea teritoriului este mai joasă, cu atât valorile IM sunt mai mici, și cu cât valorile altitudinale sunt mai mari, cu atât valorile IM cresc (Fig. 1).

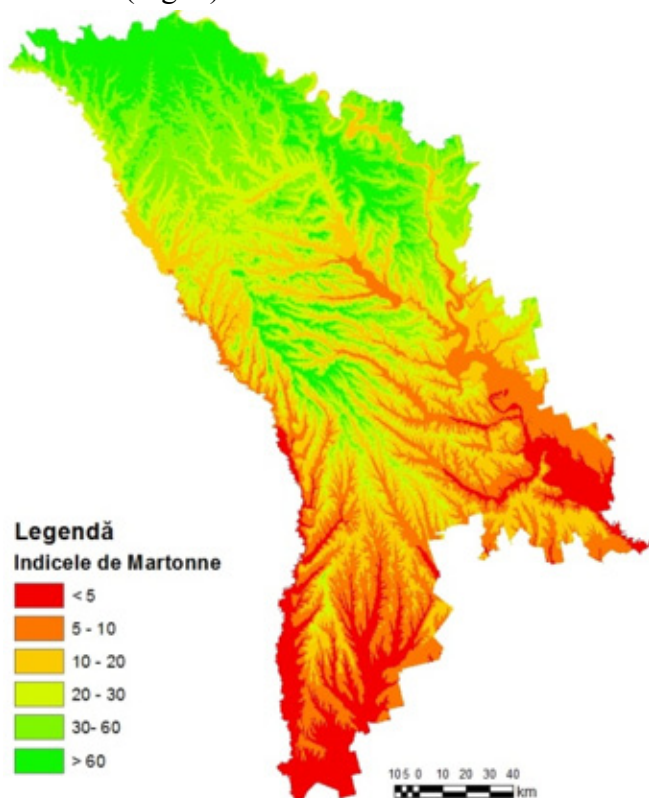


Figura 1. Repartiția spațială a valorilor Indicelui De Martonne (valori medii anuale, perioada 1980-2020). Elaborată de autori

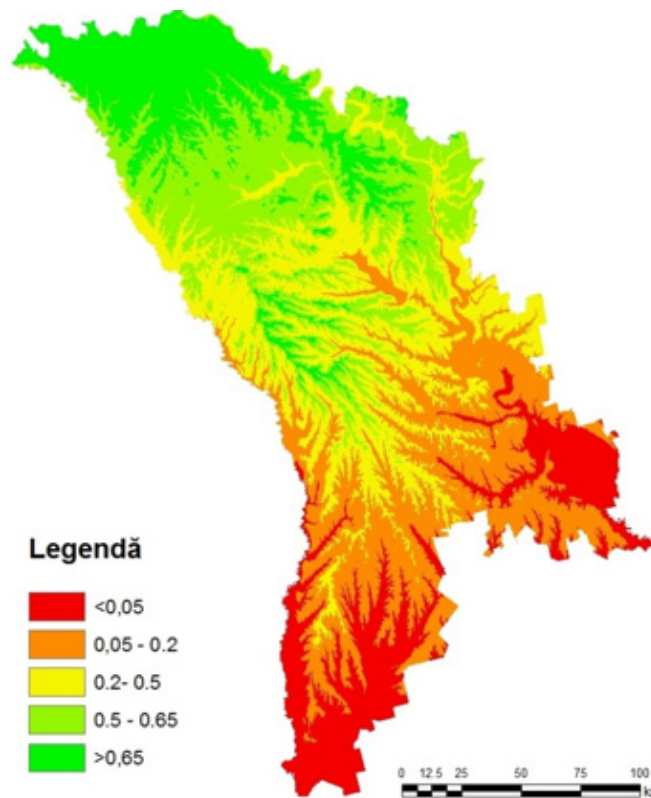


Figura 3. Repartiția spațială a valorilor Indicelui de Ariditate UNEP (1992), perioada 1980-2020. Elaborată de autori

În linii generale, *valori mai mici ale IM*, care indică prezența condițiilor climatice semi-aride și favorizează creșterea și dezvoltarea vegetației de stepă, sunt indicate *pentru regiunile de câmpie* (Câmpia de stepă a Cuboltei Inferioare, Dealurile de stepă ale Ciulucurilor, Câmpia de stepă a Bugeacului, Câmpia fluvială de stepă a Nistrului). *Valori mai înalte ale IM* sunt caracteristice *regiunilor de podiș* ale țării (Podișul de silvostepă al Moldovei de Nord, Podișul Bâcului, Podișul Nistrului, Colinele Tigheciului), unde se identifică condiții climatice umede, favorabile dezvoltării vegetației silvice. În același timp, nu există hotare strict delimitate dintre zona de stepă și cea ocupată de păduri, tranziția realizându-se prin vegetația de silvostepă, dezvoltată în condiții climatice semi-umede. Doar o mică suprafață din partea centrală a țării (teritoriul cu cele mai înalte altitudini din Podișul Bâcului) dispune de condiții climatice favorabile dezvoltării pădurilor mezofile de fag.

Dacă ne referim la valori ale IM sub 20 unități, specifice climatului semi-arid, favorabil instalării zonei de stepă, conform datelor de referință, atunci deducem că circa 60% din teritoriul Republicii Moldova aparține acestei categorii de ariditate. Celelalte, 35% din teritoriul țării, adică valori ale IM peste 20 unități, aparțin climatului sub-umed, umed, favorabil dezvoltării silvostepii și pădurilor.

Reieșind din aspectele temporale ale IM, pe parcursul anilor (1980-2020) se identifică valori cuprinse în limitele 22-43 unități, ceea ce demonstrează faptul că cea mai mare parte a teritoriului țării se caracterizează prin condiții climatice specifice silvostepii. Datele stațiilor meteorologice de pe teritoriul Republicii Moldova indică că acest indice constituie în medie 32,7 unități pentru regiunea de Nord (stația meteorologică Briceni), 28,6 pentru regiunea de centru (stația meteorologică Bravicea) și 25,1 pentru regiunea de Sud a țării (stația meteorologică Cahul) – Fig. 2, astfel că ecosistemele naturale din sudul și parțial centrul țării sunt cele mai afectate de fenomenul aridizării climei. Conform datelor obținute, anii secetoși (tot mai frecvenți în ultimul deceniu - 2000, 2003, 2007, 2009, 2015, 2017, 2020 etc.) sunt direct corelați cu valori scăzute ale IM, instalarea condițiilor climatice aride și impact negativ asupra biodiversității [7].

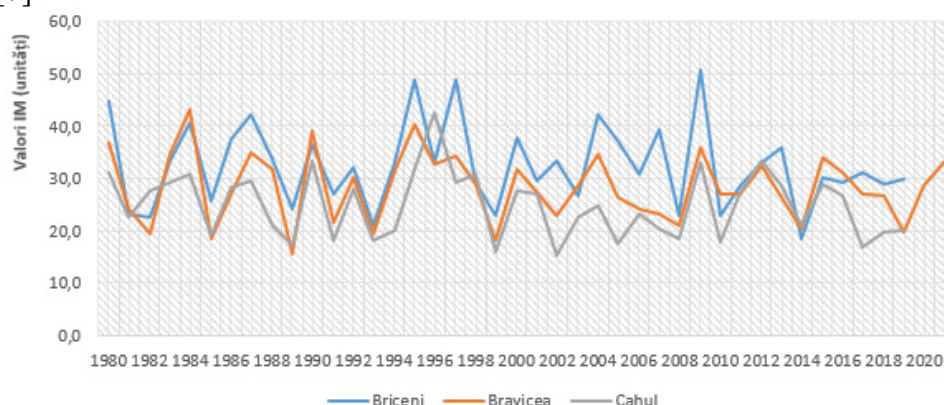


Figura 2. Aspecte temporale ale IDM, pentru trei stații meteorologice de pe teritoriul Republicii Moldova

Ariditatea, exprimată prin alt indice eco-climatic - **Indicele de Ariditate UNEP (IA)**, analizată spațial pentru teritoriul țării, conturează clar 3 mari regiuni climatice (Fig.3):

- climat umed sau semi-umed, cu valori ale IA mai mari de 0,5 unități (partea de nord a țării și regiunile de podiș); specific zonei de silvostepă circa 60% din teritoriul țării;
- climat extrem de arid și arid, cu valori ale IA mai mici de 0,2 unități (zonele de câmpie din extremitățile sud-vestice, sudice și sud-estice ale țării; albia majoră a unor câmpii fluviale joase); specific zonei de stepă aproximativ 20% din teritoriul țării;
- o zonă de tranziție, cu un climat semi-arid, cu valori ale IA cuprinse între 0,2-0,5 unități (predominantă în partea centrală a țării, în zona de câmpie) pe aproximativ 15% din teritoriul țării.

Reieșind din aspectele temporale ale IA (1980-2020), pentru teritoriul țării se identifică valori cuprinse în limitele 0,57-0,86 unități, ceea ce demonstrează faptul că cea mai mare parte a țării se încadrează într-un climat uscat subumed-umed. Datele stațiilor meteorologice de pe teritoriul Republicii Moldova indică

faptul că acest indice constituie în medie 0,86 unități pentru regiunea de Nord (stația meteorologică Briceni), 0,74 pentru regiunea de centru (stația meteorologică Bravicea) și 0,58 pentru regiunea de Sud a țării (stația meteorologică Cahul) – Fig.4, astfel că ecosistemele naturale din sudul și parțial centrul țării sunt cele mai afectate de fenomenul aridizării climatei. Anii secetoși (2000, 2003, 2007, 2009, 2015, 2017, 2020 etc.), sunt direct corelați cu valori scăzute ale IA, și cu instalarea condițiilor climatice aride.

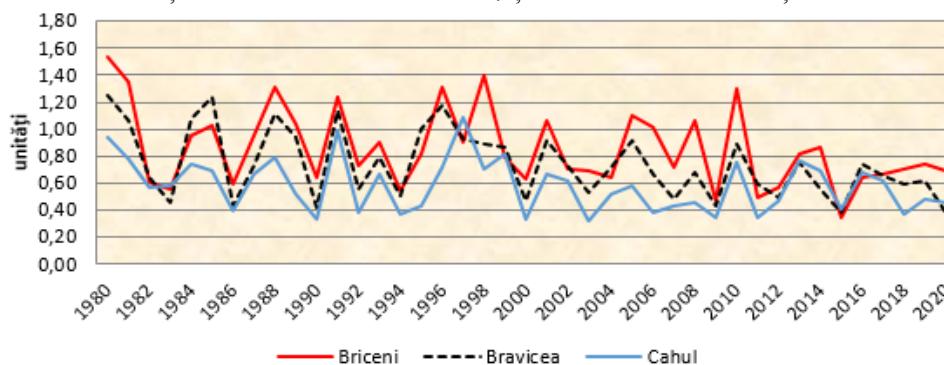


Figura 4. Aspecte temporale ale IA (UNEP), pentru trei stații meteorologice de pe teritoriul Republicii Moldova

Lunile mai-august pe teritoriul Republicii Moldova sunt cunoscute prin intensificarea procesului de aridizare a climatei, cu influențe negative asupra fazelor de ontogeneză ale plantelor. **Indicele perioadelor uscate (Izu)**, constituie în medie 4 unități pentru regiunea de Nord (stația meteorologică Briceni), 1 unitate pentru regiunea de centru (stația meteorologică Bravicea) și 1,5 pentru regiunea de Sud a țării (stația meteorologică Cahul). Totuși, în aspect temporar (perioada 1980-2020), valorile acestui indice variază, pentru toate cele 3 stații meteorologice luate în studiu, cu situații în care se întrec valorile medii stabilite. Se observă creșteri ale valorilor Izu începând cu anii '80 ai secolului XX (în mare măsură, determinată de creșterea fondului termic) – Fig. 5; Fig. 6; Fig. 7. Conform datelor obținute se observă că în anii secetoși, îndeosebi începând cu anul 2007, sunt înregistrate valori înalte ale Izu, care indică prezența tot mai crescută a zilelor uscate/lipsa precipitațiilor atmosferice. Comparând valorile obținute ale Izu, cu datele de referință din literatura de specialitate, indicăm faptul că pentru perioada de studiu, anii considerați umezi, încadrați în așa numită „perioadă normală” (valori ale Izu între 0,1-1,0 unități), sunt foarte puțini, dar crește frecvența anilor cu prezența „perioadelor uscate moderate” (Izu între 1,1-2,0) și, practic se stabilește pentru ultimul deceniu – „perioade uscate semnificative” (Izu între 2,1-3,0) și chiar „perioade uscate excepționale” (Izu peste 4,0) în ultimul deceniu.

La stația meteorologică (sm) Briceni, regimul pluviometric este, în general, apropiat de norma climatică în majoritatea anilor, însă episoadele rare de insuficiență severă a precipitațiilor generează valori extreme ale indicelui, care amplifică media pe intervale scurte de timp.

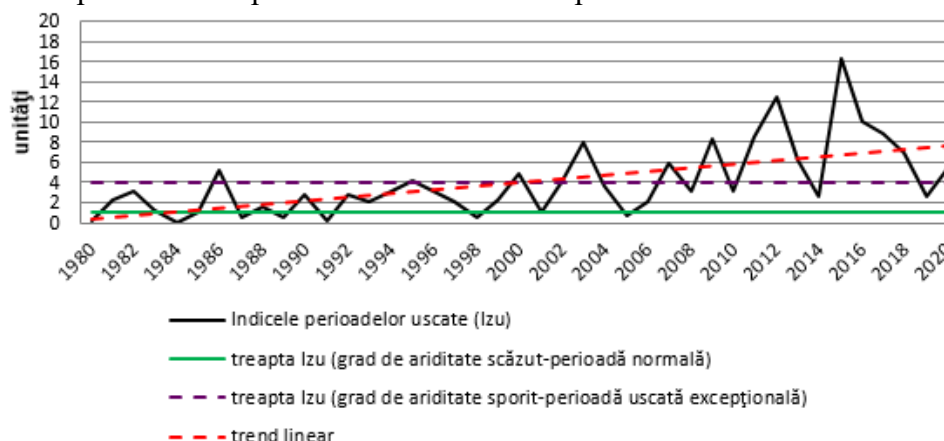


Figura 5. Aspecte temporale ale Indicelui perioadelor uscate (Izu), conform datelor stației meteorologice Briceni (1980-2020)

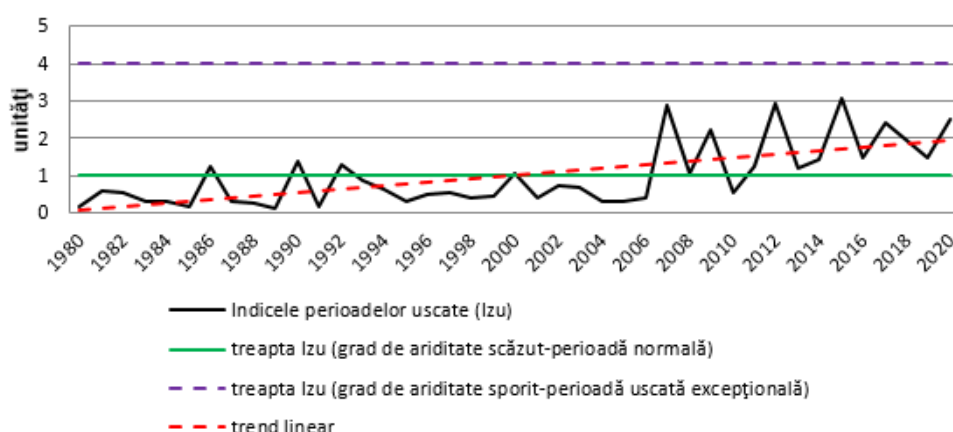


Figura 6. Aspecte temporale ale Indicelui perioadelor uscate (Izu), conform datelor stației meteorologice Bravicea (1980-2020)

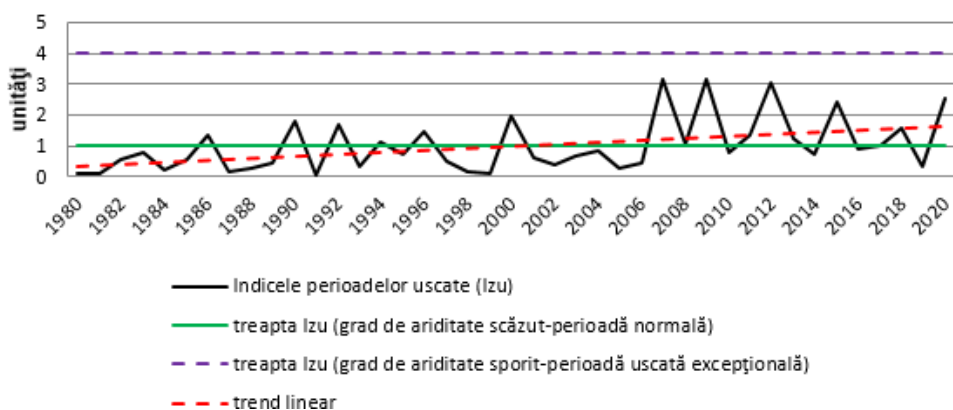


Figura 7. Aspecte temporale ale Indicelui perioadelor uscate (Izu), conform datelor stației meteorologice Cahul (1980-2020)

Concluzii

Variabilitatea aridității, redată prin indici eco-climatici (Indicele de ariditate De Martonne, Indicele de ariditate UNEP și Indicele perioadelor uscate) se referă la modificările în timp și spațiu ale condițiilor de uscăciune/ariditate (lipsă de apă, precipitații scăzute, evapotranspirației ridicată), fiind influențată de factorii fizico-geografici și climatici (temperatură, precipitații, latitudine, altitudine) și cu impact asupra ecosistemelor naturale și antropizate.

Conform Indicelui de ariditate De Martonne (IM), pe circa 35% din teritoriul Republicii Moldova sunt instalate condiții climatice aride. *Valori mai mici ale IM*, care indică prezența condițiilor climatice semi-aride și favorizează creșterea și dezvoltarea vegetației de stepă, sunt indicate *pentru regiunile de câmpie*. *Valori mai înalte ale IM* sunt caracteristice *regiunilor de podiș* ale țării, unde se identifică condiții climatice umede, favorabile dezvoltării vegetației silvice. În același timp, nu există hotare strict delimitate dintre zona de stepă și cea ocupată de păduri, tranziția realizându-se prin vegetația de silvostepă, dezvoltată în condiții climatice semi-umede.

Conform Indicelui de Ariditate UNEP (IA), cea mai mare parte a teritoriului țării se încadrează în climat umed sau semi-umed (partea de nord a țării și regiunile de podiș, specific zonei de silvostepă). Teritoriile cu climat extrem de arid și arid ocupă regiunile de câmpie din extremitățile sud-vestice, sudice și sud-estice ale țării; albia majoră a unor câmpii fluviale joase, specific zonei de stepă. Zona de tranziție, cu un climat semi-arid, predominantă în partea centrală a țării, în zone de câmpie, ocupă circa 15% din teritoriul țării.

Se observă că în anii secetoși sunt înregistrate valori înalte ale Indicelui perioadelor uscate (Izu), care indică un deficit pluviometric accentuat. Pentru perioada de studiu (1980-2020), anii considerați umezi, încadrați în așa numită „perioadă normală”, sunt foarte puțini, dar crește frecvența anilor cu prezența

„perioadelor uscate moderate” și, practic se stabilesc, pentru ultimul deceniu, „perioade uscate semnificative” și chiar „perioade uscate excepționale”, cu influențe negative asupra dezvoltării plantelor. Lunile mai-august pe teritoriul Republicii Moldova sunt cunoscute prin intensificarea procesului de aridizare a climei, cu influențe negative asupra fazelor de ontogeneză ale plantelor.

Datele obținute indică o bună corelare între indicii eco-climatici IM și IA, în exprimarea deficitului hidric persistent, cauzat de precipitații (extrem) reduse și o evaporare ridicată. Cele mai aride teritorii de pe teritoriul țării, identificate prin aplicarea ambilor indici eco-climatici, sunt localizate în regiunile de câmpie din extremitățile sud-vestice, sudice și sud-estice ale țării, în care condițiile climatice sunt favorabile dezvoltării stepelor. Diferențierile nesemnificative dintre indicatorii analizați reflectă structura setului de date de intrare, respectiv numărul și valorile parametrilor climatici supuși analizei.

Cercetările științifice bazate pe interpretarea valorilor Indicilor eco-climatici IM, IA și Izu au o deosebită aplicabilitate în dezvoltarea sustenabilă a agriculturii, monitorizarea terenurilor degradate, managementul apelor, silvicultură, conservarea biodiversității locale și a ecosistemelor naturale etc.

Bibliografie:

1. *Atlas: Schimbările climatice și starea actuală a peisajelor*. 2021 Raileanu V. (coord). Ministerul Educației și Cercetării, Institutul de Ecologie și Geografie. Chișinău, Tipogr. Impressum SRL, 100 p. ISBN 978-9975-62-439-8.
2. BEGUERÍA, S., et al. Aridity on the Rise: Spatial and Temporal Shifts in Climate Aridity in Spain (1961–2020). *International Journal of Climatology*. 2025. P.1-14.
3. BOBOC, N. Probleme de regionale fizico-geografică a teritoriului Republicii Moldova. *Buletinul AȘM, Științele Vieții*, Nr. 1 (307), 2009, p. 161-169.
4. *Carbon sequestration in dryland soils*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2004. ISBN 92-5-105230-1.
5. CHEVAL, S., DUMITRESCU A., BIRSAN, M-V. Variability of the aridity in the South-Eastern Europe over 1961–2050. *CATENA*, Volume 151, 2017, p.74-86. ISSN 0341-8162.
6. DE MARTONNE, E. Une nouvelle fonction climatologique. L'indice d'aridité. *La Meteorologie*. 1926. P. 449 – 458.
7. DONICA, A. Indicele eco-climatic De Martonne. In: *Atlas - Factorii abiotici de mediu și securitatea ecologică*. Chișinău, 2023, p.86.
8. *Food and Agriculture Organization*. Available at: <http://www.fao.org/> [Accesat: 06.02.2026]
9. *Global Water Partnership Central and Eastern Europe. Guidelines for the preparation of Drought Management Plans*. Development and implementation in the context of the EU Water Framework Directive, Global Water Partnership Central and Eastern Europe, 2015, 48pp.
10. IPBES. *Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. BRONDÍZIO, E. S., SETTELE, J., DÍAZ, S., NGO, H. T. (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 2019. 1144 pages. ISBN: 978-3-947851-20-1
11. IPCC: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
12. NEDEALCOV, M. *Schimbările climatice regionale*. Institutul de Ecologie și Geografie, Chișinău, 2020. 200p.
13. PĂLTINEANU, CR., MIHĂILESCU, I.FL., SECELEANU, I., DRAGOTĂ, C., VASENCIUC, F. *Ariditatea, seceta, evapotranspirația și cerințele de apă ale culturilor agricole în România*. Editura Ovidius University Press, Constanța, 2007. 315 p. I.S.B.N. 978-973-614-412-7
14. PATRICHE, C. V. *Metode statistice aplicate în climatologie*. Editura „Terra Nostra”, Iași 2009. 170 p.
15. SATMARI, A. *Lucrări practice de biogeografie*. Eurobit: Timișoara, 2010. 85 p.
16. UGARKOVIĆ, D., DŽEKO, M., TIKVIĆ, I., BLAŽEVIĆ, I. *Usporedba metoda izračuna potencijalne evapotranspiracije u različitim klimatskim tipovima i vegetacijskim pojasevima /comparison of methods for calculating potential evapotranspiration in different climate types and vegetation zones* *Šumarski list*, Vol. 148 No. 7-8, 2024.

17. *United Nations Convention to Combat Desertification*. Available at: <http://www.unccd.int/main.php> [Accesat: 06.02.2026].
18. *United Nations Environment Programme*. Available at: <http://www.unep.org/>. [Accesat: 06.02.2026]
19. VICENTE-SERRANO, S. M., PRICOPE, N. G., TORETI, A., et al. *The Global Threat of Drying Lands: Regional and global aridity trends and future projections*. A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Bonn, Germany. 2024. 151p.
20. *World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP): Handbook of Drought Indicators and Indices* (M. SVOBODA, B.A. FUCHS). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva, 2016.

Date despre autor:

Ala DONICA, doctor în biologie, cercetător științific coordonator, laboratorul „Ecosisteme naturale și antropizate”, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-3308-8048

E-mail: aladonica1980@gmail.com

Rodica COJOCARI, doctor în geonomie, șef laborator „Geografie”, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-4560-7709

E-mail: rodica.cojocari78@gmail.com

Prezentat: 10.02.2026

Recenzat: 20.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 502.1:004.91

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_31](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_31)

MODALITĂȚI DE ASIGURARE A VALIDITĂȚII EVALUĂRII CONFORMITĂȚII PARAMETRILOR MEDIULUI

Virginia GURĂU,

Universitatea de Stat din Moldova

În lucrare este sintetizată informația despre organismele acreditate de evaluare a conformității din Republica Moldova care sunt implicate în determinarea conformității parametrilor de mediu. Sunt studiate și analizate domeniile de acreditare ale laboratoarelor de încercări, care efectuează evaluarea conformității parametrilor de mediu, evidențiindu-se principalele metode acreditate, utilizate pentru determinarea mai multor parametri de calitate a mediului. De asemenea, sunt analizate modalitățile de bază ale asigurării validității rezultatelor evaluării conformității parametrilor de mediu în cadrul organismelor de evaluare a conformității acreditate în acest domeniu. Se propun cele mai eficiente modalități pentru diferite metode de măsurare și echipament utilizat în acest scop. Modalitățile propuse de asigurare a validității rezultatelor evaluării conformității parametrilor de mediu pot fi utilizate eficient de organismele de evaluare a conformității care activează în acest domeniu.

Cuvinte-cheie: organism de evaluare a conformității, domeniul de acreditare, parametru de mediu, laborator de încercări, asigurare a validității, metode de măsurare, echipament.

VALIDITY ASSURANCE METHODS FOR ENVIRONMENTAL PARAMETERS CONFORMITY ASSESSMENT

The paper synthesizes information about the accredited conformity assessment bodies in the Republic of Moldova that are involved in determining the conformity of environmental parameters. It studies and analyzes accreditation scopes of testing laboratories that carry out the evaluation of environmental parameters conformity, highlighting the main accredited methods used for determining various environmental quality parameters. The basic methods of validity assurance of the conformity assessment results for environmental parameters within the accredited conformity assessment bodies in this field are analyzed. The most effective methods for different measurement techniques and equipment used for this purpose are proposed. The proposed methods of validity assurance of the conformity assessment results for environmental parameters can be effectively utilized by the conformity assessment bodies operating in this field.

Keywords: conformity assessment body, accreditation scope, environmental parameter, testing laboratory, validity assurance, measurement method; equipment.

Introducere

Evaluarea conformității parametrilor de mediu: aer, apă, sol, prezintă o necesitate stringentă în contextul protecției vieții, sănătății și securității persoanelor, precum și protecției mediului. În acest scop, în Republica Moldova, activează un șir de organisme de evaluare a conformității acreditate conform standardelor de referință, respectând legislația în vigoare [1-5]. Asigurarea validității rezultatelor evaluării conformității parametrilor de mediu este o cerință de bază pentru acreditarea acestor organisme și, deseori, este o sarcină dificilă și complexă de realizat, dată fiind multitudinea și complexitatea metodelor de măsurare și a echipamentelor utilizate. De aceea, se impune imperios cercetarea și alegerea celor mai eficiente metode de asigurare a validității rezultatelor evaluării conformității parametrilor de mediu pe specificul metodelor de măsurare.

Organismele acreditate de evaluare a conformității, care activează nemijlocit în scopul evaluării conformității parametrilor de mediu: aer, apă, sol, conform [3], sunt laboratoarele de încercări (*încercarea* este determinarea, în baza unei proceduri, a unei sau a mai multor caracteristici ale unui obiect supus evaluării conformității [3]). De asemenea, în procesul de evaluare a conformității parametrilor de mediu: aer, apă, sol sunt implicate și organismele de inspecție în domeniul metrologiei legale care verifică metrologic anumite

echipamente utilizate la încercările de determinare a parametrilor de calitate a mediului [3, 4], conform Listei oficiale a mijloacelor de măsurare și a măsurărilor supuse controlului metrologic legal [2]. Organismele de inspecție în domeniul metrologiei legale sunt desemnate în conformitate cu Regulamentul General de Metrologie Legală privind modul de desemnare pentru verificarea metrologică a mijloacelor de măsurare și pentru efectuarea de măsurări în domenii de interes public de către Ministerul Dezvoltării Economice și Digitalizării [3, 4].

Laboratoarele de încercări sunt acreditate la conformitatea standardului de referință SM EN ISO/IEC 17025:2018 „Cerințe generale pentru competența laboratoarelor de încercări și etalonări”, conform Listei standardelor de referință [5], documentelor acreditării europene, acreditării internaționale a laboratoarelor, regulilor și procedurilor Organismului Național de Acreditare.

Organismele de inspecție în domeniul metrologiei legale sunt acreditate la conformitatea standardului de referință SM EN ISO/CEI 17020:2013 „Evaluarea conformității. Cerințe pentru funcționarea diferitelor tipuri de organisme care efectuează inspecții”, conform Listei standardelor de referință [5] și documentelor acreditării europene, acreditării internaționale a laboratoarelor, regulilor și procedurilor Organismului Național de Acreditare și documentelor normative pertinente ale sistemului național de metrologie (inclusiv documentele organismelor de inspecție în domeniul metrologiei legale declarate naționale) pentru tipurile mijloacelor de măsurare solicitate de a fi incluse în domeniul de acreditare și desemnare [3]. Specific pentru organismele de inspecție în domeniul metrologiei legale este că în cazul în care activitatea de inspecție include măsurări și se realizează în conformitate cu acreditarea la ISO/IEC 17020, se aplică următoarele cerințe din ISO/IEC 17025: Trasabilitatea metrologică (pct. 6.5 al ISO/IEC 17025) și Asigurarea validității rezultatelor (pct. 7.7 al ISO/IEC 17025).

Modalitățile de bază ale asigurării validității rezultatelor evaluării conformității sunt stipulate în standardul de referință SM EN ISO/IEC 17025:2018 „Cerințe generale pentru competența laboratoarelor de încercări și etalonări”.

Asigurarea validității rezultatelor evaluării conformității parametrilor de mediu

Laboratoarele de încercări acreditate, care activează nemijlocit în scopul evaluării conformității parametrilor de mediu: aer, apă, sol în Republica Moldova, conform [1], sunt:

1. Laboratorul central ape uzate din cadrul SA „Apă–Canal Chișinău”;
2. Laboratorul de încercări din cadrul Agenției Naționale pentru Sănătate Publică;
3. Laboratorul central apă potabilă al SA „Apă–Canal Chișinău”;
4. Laboratorul ape uzate al SA „Apa– Canal Chișinău”;
5. Laboratorul Chimia Apei „ILAS” al Institutului de Chimie din cadrul I.P. Universitatea de Stat din Moldova (USM);
6. Laboratorul de încercări din cadrul SRL „Laboratorul Investigații de Mediu”;
7. Laboratorul de Referință de Mediu din cadrul Agenției de Mediu;
8. Laboratoarele de încercări din cadrul IP Centrul Național Sănătatea Animalelor, Plantelor și Siguranța Alimentelor;
9. Laboratorul de încercări din cadrul SRL „Investigații Ecologice”;
10. Laboratorul de încercări: Laboratorul de Control al Poluării Mediului al Serviciului Ecologic din cadrul SATD „Молдавский Металлургический Завод”.

Conform domeniilor de acreditare ale acestor laboratoare, plasate pe site-ul Organismului Național de Acreditare [1], ele efectuează încercări pentru a determina un șir de parametri de calitate a mediului: aer, apă (potabilă, îmbuteliată, subterană, de suprafață, uzată (apă reziduală) și epurată), sol. În tabelul 1 este prezentat domeniul de acreditare pentru evaluarea conformității parametrilor mediului în cadrul laboratoarelor de încercări și sunt sistematizate metodele de determinare a parametrilor de calitate a mediului în cadrul laboratoarelor de încercări acreditate din Republica Moldova, care activează nemijlocit în scopul evaluării calității mediului.

Laboratoarele de încercări utilizează pentru determinarea parametrilor de calitate a mediului, în funcție de specificul laboratorului și de tipul mediului, metode fizico-chimice: metode potențimetrice, gravimetri-

ce, volumetrice, spectrofotometrice, spectrometrice de absorbție atomică, radiologice, titrimetrice, gaz-cromatografice și metode microbiologice și satisfac cerințele legislației în vigoare pentru asigurarea protecției vieții, sănătății și securității persoanelor, precum și a protecției mediului.

Tabelul 1. Domeniul de acreditare al laboratoarelor de încercări

Nr.	Metoda de încercare și încercarea	Mediul	Laboratorul de încercări
1. METODE POTENȚIOMETRICE			
1.1	Determinarea indicelui de hidrogen (pH)	Apă uzată (apă reziduală) Apă epurată Apă de suprafață Apă potabilă. Apă îmbuteliată* Apă potabilă. Apă subterană. Apă de suprafață**	1; 4; 6; 8 7 2* 3**; 5**
1.2	Determinarea conductivității	Apă potabilă Apă subterană Apă de suprafață	3; 6
2. METODE GRAVIMETRICE			
2.1	Determinarea materiei în suspensie (MS)	Apă uzată (apă reziduală) Apă epurată	1; 2*; 3**; 4; 6; 7
2.1	Determinarea rezidului filtrabil uscat (1050 C)	Apă de suprafață Apă potabilă. Apă îmbuteliată*	1; 5**
2.3	Determinarea produselor petroliere	Apă potabilă. Apă subterană. Apă de suprafață**	1; 4; 6
2.4	Determinarea substanțelor extractibile cu solvent organic (grăsimi)		1
2.5	Determinarea sulfaților		1; 2*; 3**; 4
2.6	Determinarea conținutului de praf	Emisii în atmosferă de la sursele staționare de poluare a aerului	9; 10
3. METODE VOLUMETRICE			
3.1	Determinarea clorurilor	Apă uzată (apă reziduală) Apă epurată	1; 2*; 4; 5**; 6; 7; 8
3.2	Determinarea consumului chimic de oxigen (CCO)	Apă de suprafață Apă potabilă. Apă îmbuteliată*	1; 4; 6
3.3	Determinarea consumului biochimic de oxigen (CBO5)	Apă potabilă. Apă subterană. Apă de suprafață**	1; 4; 6
3.4	Determinarea azotului amoniacal (NH4)		1; 4
3.5	Determinarea sulfurilor și hydrogen sulfurat		1
3.6	Determinarea durității totale	Apă potabilă. Apă îmbuteliată.	2; 6; 7
4. METODE FOTOCOLORIMETRICE. METODE SPECTROFOTOMETRICE			
4.1	Determinarea fosforului total	Apă uzată (apă reziduală). Apă epurată	1; 4; 6; 7
4.2	Determinarea agenților de suprafață an-ionici (MBAS)	Apă de suprafață Apă potabilă. Apă subterană. Apă de suprafață*	1; 4; 6
4.3	Determinarea fenolului		1
4.4	Determinarea fierului total		1; 3*; 5*
4.5	Determinarea cromului (crom 3+; crom 6+)		1
4.6	Determinarea fluorurii		1; 3*; 5*; 6

4.7	Determinarea culorii	Apă potabilă Apă subterană Apă de suprafață	3
4.8	Determinarea turbidității		3
4.9	Determinarea conținutului de nitrați		3; 6
4.10	Determinarea conținutului de nitriți		3; 6
4.11	Determinarea conținutului de amoniu și amoniac		3; 6
4.12	Determinarea amoniacului	Aer atmosferic Aer mediu ocupațional	2
4.13	Determinarea fenolului		
4.14	Determinarea aldehidei formice		
4.15	Determinarea hidrogenului sulfurat		
5. METODE SPECTROMETRICE DE ABSORȚIE ATOMICĂ			
5.1	Metale grele (nichel, cupru, zinc, cadmiu, plumb)	Apă uzată (apă reziduală). Apă epurată Apă de suprafață Apă potabilă. Apă subterană. Apă de suprafață*	1 3*
5.2	Determinarea conținutului de sodiu și potasiu	Apă potabilă. Apă subterană. Apă de suprafață	3
6. METODE SPECTROMETRICE			
6.1	Determinarea conținutului de fier	Apă potabilă. Apă îmbuteliată	2
6.2	Determinarea conținutului de nitriți	Apă potabilă. Apă îmbuteliată Apa potabilă Apă subterană Apă de suprafață*	2; 5**
6.3	Determinarea conținutului de nitrați	Apă potabilă. Apă îmbuteliată Apă potabilă Apă subterană Apă de suprafață*	2; 5**
6.4	Determinarea conținutului de amoniu și amoniac	Apă potabilă. Apă îmbuteliată Apă potabilă Apă subterană Apă de suprafață*	2; 5**
6.5	Determinarea conținutului de fluor	Apă potabilă. Apă îmbuteliată Apă potabilă. Apă subterană. Apă de suprafață**	2; 5**
6.6	Determinarea conținutului de cupru	Apă potabilă. Apă îmbuteliată	2
6.7	Determinarea conținutului de arseniu	Apă potabilă. Apă îmbuteliată	2
7. METODE TITRIMETRICE			
7.1	Determinarea conținutului de clor rezidual total; clor rezidual liber	Apa potabilă. Apă subterană Apă de suprafață	3
7.2	Determinarea oxidabilității după permanganat		3
7.3	Sulfuri și hidrogen sulfurat, sumar		3
7.4	Determinarea alcalinității		3
7.5	Determinarea calciului		3; 7
8. METODE MICROBIOLOGICE			
8.1	Determinarea numărului de colonii	Apă potabilă. Apă îmbuteliată	2; 3; 8
8.2	Determinarea Bacteriilor coliforme	Apă potabilă. Apă îmbuteliată	2; 3
8.3	Determinarea Escherichia coli, inclusiv prezumtive și pozitive la β-glucoronidaza	Apă potabilă. Apă îmbuteliată	2; 3; 8
8.4	Determinarea microflorei patogene, inclusiv Salmonella spp.	Apă potabilă. Apă îmbuteliată	2; 3
8.5	Determinarea enterococilor Intestinali	Apă potabilă. Apă îmbuteliată	2; 3; 8

9. METODE RADIOLOGICE			
9.1	Determinarea conținutului de radionuclizi: Ceziu - 137; Stronțiu - 90	Apă potabilă	8
9.2	Determinarea debitului dozei echivalente gama (nivelul de contaminare)	Teritorii, întreprinderi, locuri de muncă, terenuri forestiere și agricole, clădiri, utilaje, transport, metale și deșeuri din metale	2; 8
10. METODA GAZ CROMATOGRAFIE			
10.1	Determinarea compuşilor organici volatili prin tub de absorbție/desorbție termică (benzen, toluen, xilen, alcoolul metilic, epiclорhidrina, etilacetat, butilacetat, metilmetacrilat, butilmetacrilat, vinilacetat, clorura de vinil)	Aer atmosferic. Aer mediu ocupațional	2
11. METODA AUTOMATĂ			
11.1	Determinarea oxidului de carbon (CO) Determinarea dioxidului de azot (NO ₂) Determinarea dioxidului de sulf (SO ₂) Determinarea dioxidului de carbon (CO ₂) Determinarea oxigenului (O ₂)	Emisii industriale în atmosferă (gazele de ardere)	9; 10

*Nota 1. Indicele * și ** lângă tipul apei și cifra corespunzătoare laboratorului de încercări indică că laboratorul dat efectuează încercări doar pentru acel tip de apă.*

Organismele de inspecție în domeniul metrologiei legale care sunt acreditate [4], efectuează verificări metrologice ale mijloacelor de măsurare ce sunt utilizate pentru determinarea parametrilor de calitate a mediului: debitmăre, contoare de apă, densimetre, spectrometre, dozimetre, fotometre, colorimetre, refractometre, polarimetre ș.a.

Având în vedere importanța calității parametrilor de mediu pentru asigurarea protecției vieții, sănătății și securității persoanelor, precum și a protecției mediului, o particularitate a implementării standardului de referință este că laboratorul trebuie să stabilească o procedură pentru monitorizarea validității rezultatelor sale, să determine ce metode sunt cele mai eficiente în acest scop.

Modalitățile de bază ale asigurării validității rezultatelor evaluării conformității sunt stipulate în standardul de referință ISO/IEC 17025 și prezintă:

- utilizarea materialelor de referință sau a materialelor pentru controlul calității;
- utilizarea de echipamente alternative care au fost etalonate pentru a oferi rezultate trasabile;
- verificări funcționale ale echipamentelor de încercare și măsurare;
- utilizarea etaloanelor de verificare sau de lucru cu diagrame de control;
- verificări intermediare ale echipamentelor de măsurare;
- încercări sau etalonări repetate utilizând aceeași metodă sau metode diferite;
- reîncercarea sau reetalonarea obiectelor păstrate;
- corelarea rezultatelor pentru diferite caracteristici ale unui obiect;
- analizarea rezultatelor raportate;
- comparări intralaborator;
- încercarea eșantionului orb.

Pentru a alege și recomanda modalități de bază ale asigurării validității rezultatelor evaluării conformității parametrilor mediului au fost analizate domeniile de acreditare ale laboratoarelor de încercări din Republica Moldova și metodele de determinare a parametrilor de calitate a mediului. Astfel, verificările funcționale ale echipamentelor de încercare și măsurare și verificările intermediare ale echipamentelor de măsurare (spectrometre, fotocolorimetre, gaz cromatografe, dozimetre, refractometre, polarimetre ș.a) care se realizează în

perioada dintre două etalonări succesive cu scopul de a se asigura că echipamentul își păstrează caracteristicile specificate în certificatele lor de etalonare, pot fi efectuate practic pentru majoritatea metodelor de determinare a parametrilor de calitate a mediului.

Utilizarea materialelor de referință certificate și a diagramelor de control este indispensabilă pentru metodele spectrofotometrice, spectrometrice de absorbție atomică, radiologice, titrimetrice, gaz-cromatografice.

Încercările sau etalonările repetate utilizând aceeași metodă sau metode diferite, precum și reîncercarea sau reetalonarea mostrelor păstrate servesc atât ca modalități de asigurare a validității, cât și etape în verificarea metodelor de încercare și estimarea incertitudinii de măsurare. Încercările repetate pot fi efectuate atât de o singură persoană calificată, cât și de mai multe persoane din laborator, după posibilități, realizând astfel monitorizarea și supervizarea personalului.

O modalitate importantă de asigurare a validității este compararea rezultatelor cu rezultatele altor laboratoare prin participarea la testele de competență și participarea la comparări interlaboratoare [1]. Cerințele de participare la testele de competență și cerințele față de furnizorii de încercări de competență sunt stipulate în standardul ISO/IEC 17043.

Atunci când se stabilește un domeniu tehnic de competență pentru participarea la testele de competență, este esențial să se ia în considerare procesul de măsurare (metoda de măsurare), caracteristicile și produsele implicate (apă, aer, sol). Această abordare devine relevantă în situațiile în care există multiple produse și caracteristici asociate cu un singur proces de măsurare într-un anumit domeniu tehnic de competență.

Participarea la teste de competență și la comparările interlaboratoare trebuie să fie conform politicilor internaționale de acreditare ILAC P9 [1]. Pentru a determina nivelul și frecvența participării la testele de competență, laboratoarele de încercări trebuie să se ghideze după documentul EA 4/18 G [1]. Această participare ar trebui să fie corelată cu măsura în care au fost considerate alte metode de asigurare a validității rezultatelor, spre exemplu, utilizarea materialelor de referință certificate. De asemenea, laboratorul ar trebui să ia în considerare nivelul de risc și sectorul în care activează. Analiza poate include: numărul de măsurători efectuate, frecvența încercărilor la diferite niveluri de concentrație, numărul intervalelor de etalonare, experiența și cunoștințele personalului tehnic, sursa trasabilității metrologice (informații și disponibilitatea materialelor de referință, etaloanele naționale de măsurare etc.), stabilitatea sau instabilitatea cunoscută a metodei, complexitatea și robustețea acesteia, semnificația și utilizarea finală a datelor de măsurare, precum și riscurile și oportunitățile asociate activităților de laborator.

Prin participarea la intercomparări, laboratorul poate: monitoriza performanța rezultatelor generate; identifica erorile sistematice; evalua comparativ rezultatele sale cu cele obținute în alte laboratoare care utilizează aceeași metodă și compara diferite metode de încercare.

Concluzii

Laboratoarele de încercări acreditate, care activează nemijlocit în scopul evaluării conformității parametrilor de mediu: aer, apă, sol, în Republica Moldova, efectuează încercări pentru a determina un șir de parametri de calitate ai mediului atât ai aerului, solului și, în special, ai apei potabile, îmbuteliată, cât și a apei subterane, de suprafață, uzată și epurată și utilizează în acest scop metode fizico-chimice (potențio-metrice, gravimetrice, volumetrice, spectrofotometrice, spectrometrice de absorbție atomică, radiologice, gaz-cromatografice, titrimetrice) și metode microbiologice.

Organismele de inspecție în domeniul metrologiei legale acreditate în Republica Moldova efectuează verificări metrologice ale mijloacelor de măsurare ce sunt utilizate pentru determinarea parametrilor de calitate ai mediului (debitmere, contoare de apă, densimetre, spectrometre, dozimetre, fotometre, colorimere, refractometre, polarimetre ș.a.).

Organismele de evaluare a conformității acreditate în Republica Moldova, care sunt implicate în evaluarea conformității parametrilor de mediu: aer, apă, sol, trebuie să respecte cerințele de implementare a standardelor de referință, legislația în vigoare pentru asigurarea protecției vieții, sănătății și securității persoanelor, precum și a protecției mediului.

Cerințele de asigurare a validității rezultatelor evaluării conformității, stipulate în standardul de referință ISO/IEC 17025, sunt variate și complexe, în funcție de specificul domeniului de acreditare al laboratorului,

metodele de măsurare și tipul mediului. Fiind o cerință de bază a standardului de referință, laboratoarele nu pot fi acreditate dacă nu asigură validitatea rezultatelor evaluării.

Modalitățile principale de asigurare a validității rezultatelor evaluării conformității parametrilor mediului, care pot fi utilizate eficient de laboratoare sunt: verificările funcționale ale echipamentelor de încercare și măsurare și verificările intermediare ale echipamentelor de măsurare (spectrometre, fotocolorimetre, gaz cromatografe, dozimetre, refractometre, polarimetre ș.a); utilizarea materialelor de referință certificate și a diagramelor de control pentru metodele spectrofotometrice, spectrometrice de absorbție atomică, radiologice, titrimetrice, gaz-cromatografice; încercările repetate utilizând aceeași metodă sau metode diferite, precum și reîncercarea mostrelor păstrate; compararea rezultatelor cu rezultatele altor laboratoare prin: participarea la testele de competență și participarea la comparări interlaboratoare. Aceste modalități, utilizate adecvat pentru fiecare metodă, sporesc încrederea în evaluarea corectă a conformității parametrilor mediului.

Bibliografie:

1. *Centrul Național de Acreditare*. Disponibil: <https://acreditare.md/> [Accesat:02.02.2026]
2. *Hotărârea Guvernului Nr. 1042 din 13.09.2016 cu privire la aprobarea Listei oficiale a mijloacelor de măsurare și a măsurărilor supuse controlului metrologic legal*. Disponibilă: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=150730&lang=ro# [Accesat:02.02.2026]
3. *Legea nr. 235 din 01.12.2011 privind activitățile de acreditare și a evaluării conformității*. Disponibilă: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=151201&lang=ro# [Accesat:02.02.2026]
4. *Legea metrologiei nr.19 din 04.03.2016*. Disponibilă https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=151420&lang=ro# [Accesat:02.02.2026]
5. *Ministerul Dezvoltării Economice și Digitalizării, ordin nr. 188 din 27-12-2023 cu privire la aprobarea listei standardelor moldovenești de referință prin care se adoptă standardele europene armonizate pentru evaluarea conformității*. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=141246&lang=ro [Accesat: 02.02.2026]

Date despre autor:

Virginia GURĂU, Facultatea Fizica și Inginerie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8843-6316,

E-mail: virginia_gurau@yahoo.com

Prezentat: 01.03.2026

Recenzat: 30.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 581.192:582.998.2:634.55:577.1

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_32](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_32)

SUBPRODUSELE DIN FLOAREA-SOARELUI ȘI MIGDALE: ANALIZĂ COMPARATIVĂ A COMPOZIȚIEI BIOCHIMICE ȘI A POTENȚIALULUI BIOACTIV

Angela RUDACOVA,
Angela PORT,
Ala CHERDIVARA,

Universitatea de Stat din Moldova

Alexandra GASPAR-PINTILIESCU,
Oana CRACIUNESCU,

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Științe Biologice, București, România

Subprodusele rezultate în urma procesării semințelor de floarea-soarelui (*Helianthus annuus* L.) și migdalelor (*Prunus dulcis*) reprezintă resurse vegetale valoroase cu potențial de aplicare în agricultură, industriile alimentară, nutraceutică, farmaceutică etc. Această lucrare oferă o analiză comparativă a tipurilor de subproduse, a compoziției biochimice și a efectelor biologice asociate. Rezultatele literaturii indică că subprodusele florii-soarelui se caracterizează printr-o compoziție relativ omogenă, cu concentrații moderate de proteine și fibre, iar șrotul și cojile sunt surse valoroase de acizi fenolici, în special acid clorogenic. Comparativ, subprodusele migdalelor prezintă o diversitate biochimică mai mare, tegumentul și coaja verde concentrând polifenoli, flavonoide complexe, triterpenoide și steroli, ceea ce le conferă un spectru biologic polivalent. Factorii biologici, agricoli și tehnologici influențează semnificativ profilul biochimic al subproduselor, iar optimizarea proceselor de extracție și valorificare rămâne esențială pentru dezvoltarea ingredientelor funcționale. Lucrarea subliniază importanța valorificării subproduselor agroindustriale în contextul economiei circulare.

Cuvinte-cheie: compoziție biochimică, floarea-soarelui, migdale, substanțe bioactive (SBA), valorificare subproduse.

SUNFLOWER AND ALMOND BY-PRODUCTS: COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOCHEMICAL COMPOSITION AND BIOACTIVE POTENTIAL

The by-products resulting from the processing of sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.) and almonds (*Prunus dulcis*) represent valuable plant resources with potential applications in agriculture, the food, nutraceutical, and pharmaceutical industries. This study provides a comparative analysis of the types of by-products, their biochemical composition, and associated biological effects. Literature results indicate that sunflower by-products are characterized by a relatively homogeneous composition, with moderate concentrations of proteins and fibers, while cakes and hulls are valuable sources of phenolic acids, particularly chlorogenic acid. In comparison, almond by-products exhibit greater biochemical diversity, with the tegument and green hulls concentrating polyphenols, complex flavonoids, triterpenoids, and sterols, conferring a broad biological spectrum. Biological, agricultural, and technological factors significantly influence the biochemical profile of these by-products, and the optimization of extraction and valorization processes remains essential for the development of functional ingredients. The study emphasizes the importance of valorizing agro-industrial by-products within the framework of a circular economy.

Keywords: biochemical composition, sunflower, almonds, bioactive compounds, by-product valorization.

Introducere

Gestionarea eficientă a deșeurilor agroalimentare reprezintă una dintre provocările majore ale contemporaneității, atât din perspectivă economică, cât și ecologică. Conform estimărilor Organizației pentru Alimentație și Agricultură (FAO), aproximativ o treime din alimentele produse la nivel global sunt

irosite de-a lungul lanțului agroalimentar, generând cantități considerabile de reziduuri organice și presiuni suplimentare asupra resurselor naturale și mediului. În contextul creșterii populației mondiale, estimată să atingă aproximativ 9 miliarde de locuitori până în anul 2050 [47], aceste probleme devin din ce în ce mai acute, afectând atât securitatea alimentară, cât și sustenabilitatea sistemelor agricole și industriale.

Sectorul agroindustrial generează anual volume semnificative de subproduse și reziduuri organice, o parte importantă provenind din procesarea semințelor oleaginoase și a culturilor nucifere. În mod tradițional, aceste fluxuri secundare sunt utilizate în principal ca furaje sau sunt eliminate, deși numeroase cercetări evidențiază faptul că ele conțin cantități importante de nutrienți și compuși bioactivi cu valoare funcțională ridicată [28, 40]. În acest context, principiile economiei circulare capătă o importanță tot mai mare în sistemele agroalimentare moderne, promovând transformarea subproduselor în resurse valoroase pentru diverse aplicații industriale. Economia circulară, care reprezintă aproximativ 8,6% din economia globală [12], urmărește optimizarea ciclului de viață al resurselor prin reutilizare, reciclare și valorificare integrală a biomasei [5].

Floarea-soarelui (*Helianthus annuus* L.) reprezintă una dintre cele mai importante culturi oleaginoase la nivel mondial, ocupând locul al patrulea în clasamentul global al culturilor destinate producției de ulei vegetal, după soia, palmierul de ulei și rapița [33]. Semințele acestei plante contribuie cu aproximativ 10% la producția globală de uleiuri vegetale comestibile, iar cererea pentru acest tip de ulei continuă să crească. Se estimează că, în următoarele două decenii, producția și consumul global de uleiuri vegetale vor înregistra creșteri semnificative, inclusiv o majorare de aproximativ 2,2 ori pentru uleiul de floarea-soarelui [36]. Procesarea industrială a semințelor generează însă cantități importante de subproduse, precum șrot, coji și reziduuri lichide. Deși aceste materiale sunt adesea considerate fluxuri secundare cu valoare economică redusă, compoziția lor biochimică evidențiază prezența proteinelor, fibrelor alimentare, compușilor fenolici și altor metaboliți bioactivi cu potențial de valorificare în diferite sectoare industriale [8, 32].

În mod similar, migdalele (*Prunus dulcis*) reprezintă una dintre cele mai importante culturi nucifere la nivel global, fiind utilizate atât pentru consum direct, cât și ca materie primă pentru numeroase produse alimentare și cosmetice, inclusive uleiuri, produse de patiserie [35]. Creșterea cererii pe piața internațională a determinat o expansiune considerabilă a producției mondiale [10], care a crescut de la aproximativ 2,96 milioane tone în anul 2013 la circa 3,95 milioane tone în 2024, corespunzător unei majorări de aproximativ 33% (FAO). Procesele tehnologice de prelucrare a migdalelor generează, la rândul lor, volume semnificative de subproduse, cu o compoziție bogată în fibre, compuși fenolici, proteine și lipide bioactive, ceea ce le conferă un potențial important pentru dezvoltarea de ingrediente funcționale sau aplicații industriale inovatoare [9].

În Republica Moldova, sectorul nucifer este dominat în principal de cultura nukului comun, însă migdalul începe să fie considerat o specie de perspectivă pentru regiunile cu condiții climatice mai aride, în special în sudul și centrul țării. Conform datelor Biroului Național de Statistică [26], suprafața totală a plantațiilor de nuciferi a crescut semnificativ în perioada 2010–2024, de la aproximativ 9,4 mii ha la aproape 40 mii ha. Cu toate acestea, suprafața cultivată cu migdal rămâne relativ limitată, menținându-se în intervalul 343–373 ha în perioada 2013–2024 (FAO). În paralel cu dezvoltarea producției, procesele de recoltare și prelucrare generează pierderi post-recoltare și fluxuri de subproduse estimate la aproximativ 30–37 t anual, evidențiind necesitatea unor strategii eficiente de valorificare [10].

În acest context, prezentul articol de sinteză își propune să realizeze o analiză comparativă a subproduselor provenite din floarea-soarelui și migdale, cu accent asupra compoziției lor biochimice și potențialului bioactiv, precum și a factoriilor care pot influența profilul biochimic al acestor materiale vegetale.

1. Tipuri de subproduse din floarea-soarelui și migdale: caracteristici generale

Floarea-soarelui reprezintă una dintre principalele surse de ulei vegetal la nivel mondial. Procesarea semințelor implică etape tehnologice precum curățarea, decorticarea, presarea mecanică și/sau extracția cu solvenți, urmate de rafinarea uleiului. Urmare a acestor procese se generează aproximativ 50–60% subproduse raportat la masa materiei prime inițiale, principalele fracții fiind turtele de presare, șrotul, cojile și

reziduurile rezultate din procesele de extracție și rafinare [8, 32, 46]. Turtele de presare (press cake) rezultă în urma extracției mecanice a uleiului și conțin o cantitate reziduală de lipide, de regulă între 8 și 15%. Acestea reprezintă un produs intermediar care poate fi supus ulterior extracției cu solvenți pentru recuperarea suplimentară a uleiului.

Șrotul de floarea-soarelui este principalul subprodus obținut după extracția uleiului și poate reprezenta 40–50% din masa semințelor procesate. Acesta poate proveni din semințe întregi sau decorticate și poate fi obținut prin presare mecanică, extracție cu solvenți sau printr-o combinație a acestor metode. Compoziția sa biochimică depinde în mare măsură de gradul de decorticare al semințelor înainte de procesare.

Cojile de floarea-soarelui sunt generate în procesul de decorticare și constituie una dintre cele mai abundente fracții de reziduuri. Acestea reprezintă, în general, 15–20% din masa semințelor, dar proporția poate ajunge până la 20–30%, în funcție de genotip și de tehnologia de procesare. Cojile au un conținut ridicat de compuși lignocelulozici.

În timpul proceselor de extracție și rafinare a uleiului pot apărea reziduuri tehnologice suplimentare, reprezentate de fracții solide bogate în fosfolipide și alte componente lipidice. Prin urmare, industria uleiului de floarea-soarelui generează volume considerabile de subproduse, în special șrot și coji, care reprezintă principalele fluxuri de reziduuri rezultate din procesarea semințelor acestei culturi agricole.

Similar, industria migdalelor prezintă un rol important în generarea de bioreziduuri și include mai multe etape tehnologice, precum îndepărtarea cojii externe, separarea cojii lemnoase, blancharea miezului și, în unele cazuri, extracția uleiului sau procesarea pentru produse alimentare. Aceste operațiuni generează diverse tipuri de subproduse, inclusiv coaja externă, coaja lemnoasă, tegumentul seminței, turtele rezultate după extracția uleiului și diferite lichide reziduale de procesare [29].

Coaja externă, verde reprezintă cea mai mare fracție de reziduuri generate în procesarea migdalelor, constituind aproximativ 40–60% din masa totală a fructului, pe când coaja lemnoasă constituie aproximativ 20–33% din masa migdalei și este caracterizată printr-un conținut ridicat de lignoceluloză, fiind o fracție structurală rigidă a fructului. Tegumentul seminței este îndepărtat în timpul procesului de blanchare. Deși această fracție reprezintă o proporție relativ mică din masa totală a seminței, constituie un subprodus distinct al procesării migdalelor. Miezul cu tegument brun raportat la masa totală a fructului constituie 15–31%. Turtele de migdale rezultă în urma extracției uleiului din miez și conțin cantități variabile de proteine, fibre și lipide reziduale.

În ansamblu, industria migdalelor generează o proporție ridicată de subproduse, estimată la 70–85% din masa totală a fructului, proporția fiecărei componente variind în funcție de genotip și de condițiile tehnologice [29].

În concluzie, analiza comparativă evidențiază diferențe între cele două procedee tehnologice de prelucrare a semințelor de floarea-soarelui și migdale în ceea ce privește cantitatea și diversitatea subproduselor generate. Procesarea semințelor de floarea-soarelui produce volume mai mari de reziduuri industriale, în principal sub formă de șrot și coji, datorită nivelului ridicat de producție globală și structurii semințelor. În schimb, procesarea migdalelor generează o diversitate mai mare de tipuri de subproduse, incluzând coaja externă, coaja lemnoasă, tegumentul seminței și turtele rezultate după extracția uleiului. Aceste fracții prezintă caracteristici structurale și biochimice distincte, reflectând particularitățile anatomice ale fructului de migdal.

2. Subprodusele de floarea-soarelui și migdale: compoziție biochimică și potențial industrial

Principalele subproduse rezultate din procesarea semințelor de floarea-soarelui (cojile și șrotul), prezintă o compoziție biochimică specifică. Astfel, compoziția chimică a cojilor semințelor de floarea-soarelui variază, în funcție de genotip, în următoarele intervale: umiditate 8,53–9,8%, proteine 4,33–6,14%, ulei 1,65–2,20% și fibre brute 18,82–20,05% [23] (Tabel 1). Pedrosa și colab., [31] au analizat cinci genotipuri de floarea-soarelui și au constatat că în coji conținutul de polifenoli totali variază între 0,7 și 5,4 g/kg, comparativ cu miezul, care conține aproximativ 98 g/kg polifenoli totali. Într-un alt studiu, [43] a raportat că în coaja de floarea-soarelui conținutul de compuși fenolici, determinat în cinci extracte fenolice, a variat între 0,19% și 0,31%.

Tabelul 1. Compoziția biochimică a subproduselor florii-soarelui și migdalelor

Constituent biochimic (%)	Floarea-soarelui			Migdale		
	Coji [23, 31, 43]	Șrot integral [18, 42, 18,]	Șrot degreșat [49, 50]	Coji verzi [16, 19, 39]	Tegument [4, 14, 19, 34]	Coji lignificate [24, 39]
Umiditate	8,53-9,80	5,80	9,92	6,01-9,80	6,43-18,39	3,30-11,20
Proteine	4,33-6,14	23,60	36,33	1,60-26,50	10,60-12,80	1,40 – 4,70
Lipide	1,65-2,20	11,01	3,00	2,45-2,71	9,50 - 24,20	-
Fibre brute	18,82-20,05	30,18	23,05	10,40-35,77	45,10- 60,25	51,80-62,00
Carbohidrați	-	23,75	52,47	15,90–34,30	4,14 – 5,65	56,10
Compuși fenolici	0,07-0,54	1,0-4,0	0,43-1,30	4,39-16,67	0,76-2,76	1,40 - 6,27
Vitamina E	-	0,70-0,80	0,2-0,30	1,50-1,58	13,0-14,0	-

Cojile de floarea-soarelui reprezintă un reziduu agroindustrial valoros, utilizat ca biocombustibil solid pentru producerea de brichete și peleți, datorită conținutului ridicat de lignoceluloză și a puterii calorice semnificative. În plus, acestea pot servi drept materie primă în industria hidrolitică pentru obținerea de bioetanol, precum și în producția de adsorbenți și materiale biocompozite, astfel fiind oferite oportunități de dezvoltare sustenabilă a lanțului valoric al acestei culturi agricole [28].

Turta (șrotul) integrală de floarea-soarelui conține aproximativ 5,80% umiditate, 23,60% proteine, 11,01% grăsimi brute, 30,18% fibre brute, 5,66% cenușă și 23,75% carbohidrați. Turtele parțial decorticate prezintă o compoziție diferită, cu 5,60% umiditate, 25,28% proteine, 21,38% fibre brute, 6,89% cenușă și 19,34% carbohidrați [42].

Proteinele din floarea-soarelui se caracterizează prin prezența unor aminoacizi esențiali importanți, precum lizina, metionina, cisteina și triptofanul [55]. Șrotul de floarea-soarelui este deosebit de bogat în metionină, însă conține cantități relativ reduse de lizină și treonină. Pe lângă proteinele cu valoare biologică ridicată, subprodusele de floarea-soarelui includ și alți compuși bioactivi valoroși, precum vitamina E și compuși fenolici.

Conținutul de polifenoli din șrotul integral variază între 1 și 4% [18], în timp ce în șrotul degresat acesta se situează între 0,43 și 1,3% [50]. Acidul clorogenic, identificat prin cromatografie lichidă de înaltă performanță (High-Performance Liquid Chromatography, HPLC), reprezintă compusul fenolic predominant, constituind aproximativ 62% din totalul compușilor fenolici [1].

Cantitatea de vitamina E depinde în mare măsură de conținutul de lipide al produsului analizat. Astfel, în șrotul degresat aceasta se situează între 0,2 și 0,3%, în timp ce în șrotul integral variază între 0,7 și 0,8% [49].

Datorită profilului său nutritiv și biochimic, turtele de presare (șrotul integral) și șrotul degresat de floarea-soarelui pot fi utilizate ca ingrediente în hrana animalelor, ca sursă proteică, contribuind la creșterea performanței productive. De asemenea servesc ca materie primă pentru extracția compușilor bioactivi, inclusiv proteine, fibre dietetice și compuși fenolici.

În mod similar, subprodusele rezultate din procesarea migdalelor, precum cojile verzi, cojile lignificate și tegumentul seminței, diferă după compoziție biochimică, fapt ce determină potențial lor de utilizare. Astfel, coaja verde (epicarp, mezocarp) prezintă o grosime și o greutate semnificativ variabile în funcție de soi. La unele soiuri este subțire și uscată, în timp ce la altele este groasă și cărnăasă, reprezentând o proporție mai mare din greutatea fructului [7]. Conform datelor raportate de mai mulți autori, conținutul de carbohidrați din coaja verde a migdalelor variază între 15,90% și 34,30%, cel de proteine între 1,60% și 26,50%, iar conținutul de fibre brute între 10,40% și 35,77%. Cantitatea de aminoacizi esențiali se situează între 0,1% și 0,2% [16, 35] (Tabel 1).

Coaja lemnoasă (endocarp) a migdalelor este alcătuită din agregări compacte de celule lignocelulozice. Așa cum este prezentat în tabelul 1, coaja migdalei conține între 51,80% și 62,00% fibre brute. În plus, aceasta conține polizaharide aproximativ 56,10% și o cantitate redusă de proteine de 1,40–4,70% [40].

În studiul realizat de Sfahlan [39] a fost determinat conținutul total de compuși fenolici în extractele metanolice obținute din coaja verde și coaja lemnoasă a 18 genotipuri diferite de *Amygdalus communis* L. În coaja verde, conținutul de fenoli a variat între 43,9 și 166,7 mg GAE (echivalent acid galic) per gram de extract, în timp ce în coaja lemnoasă acesta a fost semnificativ mai scăzut, situându-se între 18,5 și 62,7 mg GAE/g extract. În alt studiu, [24] a raportat un conținut în fenoli de 1,4–2,2 g GAE/100 g extract din coaja lemnoasă.

Tegumentul seminței de migdal acoperă miezul, având rol de barieră protectoare împotriva oxidării și contaminării microbiene [13]. Compoziția chimică a tegumentului include fibre totale în proporție de 45,10–60,25% [14], lipide (9,50–24,20%), proteine (10,30–12,80%) și zaharuri (4,14–5,65%). Tegumentul seminței este bogat în vitamina E (13–14%) [19]. Potrivit lui Bolling [4], conținutul total de fenoli din tegumentul migdalelor este de 27,6 mg GAE/g. Într-un alt studiu efectuat de Prgomet [34] a fost determinat că, după blanșare, conținutul de polifenoli din tegument variază între 7,62 și 25,17 mg GAE/g.

Subprodusele industriei migdalelor, precum coaja verde, coaja lemnificată și tegumentul semințelor, sunt de regulă subutilizate, fiind folosite în principal ca furaje sau așternut pentru animale. Reieșind din compoziția chimică, coaja lemnoasă poate fi utilizată și pentru producerea de combustibili solizi, materiale compozite, cărbune activ sau adsorbanți industriali. Totuși, aceste subproduse reprezintă o resursă valoroasă datorită conținutului ridicat de substanțe biologice active (compuși fenolici, flavonoide și antioxidanți), fiind intens studiate pentru aplicații nutraceutice și farmaceutice și valorificare în industriile cosmetică, farmaceutică, alimentară și agricolă.

În **concluzie**, analiza diferitor tipuri de subproduse din floarea-soarelui și migdale evidențiază diferențe clare în compoziția biochimică și, implicit, în potențialul lor de valorificare industrială. Cojile de floarea-soarelui se disting printr-un conținut relativ constant de umiditate ($\approx 8,5$ – $9,8\%$), cantități reduse de proteine ($\approx 4,3$ – $6,1\%$) și moderate de fibre brute ($\approx 18,8$ – 20%), fiind potrivite în principal pentru utilizări energetice sau materiale biocompozite. Șrotul integral este mult mai bogat în proteine ($\approx 23,6\%$) și conține cantități importante de lipide ($\approx 11\%$), fibre brute ($\approx 30\%$) și carbohidrați ($\approx 23,8\%$), ceea ce îl face valoros ca sursă proteică în nutriția animalelor. Șrotul degresat prezintă o compoziție similară, cu conținut ridicat de fibre brute ($\approx 23\%$) și un conținut scăzut de lipide ($\approx 3\%$), păstrând o proporție semnificativă de proteine ($\approx 36\%$).

În contrast, subprodusele migdalelor prezintă un profil biochimic mai eterogen. Cojile verzi (mezo-carpul) au un conținut variabil de umiditate (≈ 6 – $9,8\%$), proteine ($\approx 1,6$ – $26,5\%$), fibre brute (≈ 10 – 36%) și carbohidrați (≈ 16 – 34%), în timp ce tegumentul seminței este bogat în proteine ($\approx 10,6$ – $12,8\%$), fibre (≈ 45 – 60%) și lipide ($\approx 9,5$ – 24%), evidențiind un potențial nutritiv și biochimic ridicat. Cojile lignificate prezintă cel mai mare conținut de fibre brute (≈ 52 – 62%) și carbohidrați ($\approx 56\%$), dar un conținut redus de proteine ($\approx 1,4$ – $4,7\%$), fiind mai potrivite pentru utilizări energetice sau ca materie primă în industrii biotehnologice.

Astfel, din punct de vedere comparativ, subprodusele migdalelor se remarcă printr-o variabilitate cantitativă mai mare a compușilor principali: proteine, lipide, fibre și carbohidrați, în diferite fracțiuni, în timp ce compoziția chimică a subprodusele floarei-soarelui este mai omogenă, cu concentrații moderate de fibre și proteine și mai reduse de lipide. Această diferențiere justifică utilizări specifice pentru:

- *floarea-soarelui*: biocombustibili, brichete, peleți, materie primă pentru hidroliză sau materiale biocompozite; șrotul ca sursă proteică pentru hrana animalelor.

- *migdale*: ingrediente proteice și lipidice în industria alimentară, extracte cu rol în cosmetologie și farmaceutică, utilizări agricole, iar cojile lignificate pot fi valorificate pentru energie sau materiale biocompozite.

3. Compuși bioactivi și efecte biologice ale subproduselor florii-soarelui și migdalelor.

Compușii fenolici reprezintă una dintre cele mai importante clase de metaboliți secundari ai plantelor, incluzând flavonoide și acizi fenolici. Printre aceștia se regăsesc derivați ai acidului benzoic, precum acidul galic și derivați ai acidului cinamic. Acidul cafeic este un compus fenolic larg răspândit în regnul vegetal și apare frecvent sub formă esterificată cu acidul chinic, formând acidul clorogenic [6]. Acidul clorogenic este recunoscut pentru proprietățile sale biologice complexe, fiind utilizat atât ca nutraceutic, cât și ca aditiv

alimentar. Studiile biochimice pe modele biologice au demonstrat că acest compus manifestă activități antioxidante, antiinflamatoare, antidiabetice și antihipertensive, contribuind la prevenirea și profilaxia sindromului metabolic și a afecțiunilor asociate. Acidul clorogenic prezintă activitate antimicrobiană asupra unui spectru larg de microorganisme, inhibă procesele de oxidare lipidică, stabilizează alți compuși bioactivi și poate acționa ca prebiotic, astfel fiind considerat un compus de perspectivă pentru dezvoltarea suplimentelor biotice și a alimentelor funcționale [38].

Alexandrino și colab. [1] au investigat extractele brute obținute din șrotul degresat de floarea-soarelui, determinând un conținut total de compuși fenolici de 4,00 g echivalent acid clorogenic/100 g substanță uscată. Totodată, acidul clorogenic a constituit aproximativ 62% din totalul compușilor fenolici identificați, iar extractele au demonstrat activitate antioxidantă, antimicrobiană și efect protector asupra acizilor nucleici.

Rezultate similare au fost raportate de Wanjari [51], care a obținut extracte din șrotul de floarea-soarelui cu concentrații variabile de compuși fenolici prin modificarea condițiilor de extracție. Analiza biochimică realizată prin LC-MS (Liquid Chromatography–Mass Spectrometry) a evidențiat acidul clorogenic drept compus fenolic predominant, împreună cu acidul cafeic. Toate extractele analizate au demonstrat o capacitate ridicată de a acționa ca donori de hidrogen, evidențiind o activitate antioxidantă semnificativă.

Studii similare au fost efectuate și de Ivanova și colab. [15], care au investigat valorificarea șrotului industrial de floarea-soarelui printr-un proces de extracție în patru etape, utilizând o soluție apoasă de etanol 75%. După concentrarea extractelor, a fost obținut un produs denumit SEWS, caracterizat printr-un conținut ridicat de acid clorogenic (85,41%). Evaluarea activității biologice a demonstrat o capacitate antioxidantă semnificativă, evidențiată prin creșterea activității de neutralizare a radicalilor DPPH odată cu creșterea concentrației extractului. În plus, produsul a manifestat activitate inhibitorie împotriva bacteriei Gram-pozitive *Curtobacterium flaccumfaciens* și a ciupercii fitopatogene *Fusarium moniliforme*.

Activitatea biologică a extractelor fenolice obținute din coji de floarea-soarelui a fost analizată și de Taha și colab. [43], care au evidențiat o corelație directă între conținutul de compuși fenolici și activitatea antioxidantă și antiradicalică a extractelor. De asemenea, toate extractele au prezentat activitate antimicrobiană împotriva unor bacterii patogene, iar două dintre ele au demonstrat efecte anticancerigene. Un alt grup de cercetători, Martinez și colab. [20] au demonstrat că acidul clorogenic inhibă dezvoltarea unor ciuperci fitopatogene importante, precum *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium solani* și *Botrytis cinerea*. Autorii au concluzionat că mecanismul de acțiune implică creșterea permeabilității membranelor celulare ale sporilor, conducând la liza acestora și la inhibarea creșterii miceliului. Aceste rezultate subliniază potențialul utilizării subproduselor bogate în acid clorogenic ca biofungicide în agricultură și horticultură.

Studiile *in vitro* realizate de Yagazaki [54] au evidențiat, de asemenea, efectul inhibitor al acidului clorogenic asupra proliferării și invaziei celulelor de hepatom la șobolan, raportând o reducere a invaziei celulare de aproximativ 68%. Aceste date indică potențialul acidului clorogenic în inhibarea proceselor implicate în progresia tumorală.

Subprodusele rezultate în urma procesării migdalelor reprezintă o sursă importantă de compuși bioactivi, similari ca rol cu cei din subprodusele florii-soarelui, dar cu o distribuție și tipologie chimică distinctă. Spre deosebire de șrotul de floarea-soarelui, care este bogat în acid clorogenic și compuși fenolici hidroxicinamici, subprodusele migdalelor, în special tegumentul și coaja verde, conțin un spectru mai diversificat de compuși bioactivi, incluzând fenoli, triterpenoide și steroli, ceea ce le conferă proprietăți antioxidante, antimicrobiene și anticancerigene variate [2, 45, 53].

Mai multe studii au evidențiat faptul că aceste subproduse conțin cantități semnificative de compuși fenolici, responsabili pentru activitatea antioxidantă și antiradicalică a extractelor obținute. Totuși, valorile raportate pentru conținutul de compuși fenolici și pentru capacitatea antioxidantă variază considerabil între studii [4, 17, 39], diferențele fiind influențate în principal de tipul solventului, concentrația extractelor și metoda de extracție aplicată.

Tegumentul migdalei este considerat una dintre cele mai importante surse de compuși bioactivi. Takeoka și Dao [44] au extras compuși fenolici din această matrice vegetală și, utilizând cromatografia HPLC în fază inversă, au identificat trei acizi hidroxicinamici principali: acidul clorogenic, criptoclorogenic și neoclorogenic, acidul clorogenic fiind predominant. A fost identificat potențialul extractelor de a inhiba

oxidarea metilinoaleatului la temperatura de 40°C și o activitate antioxidantă superioară β -tocoferolului la concentrații ridicate. Analiza GC-MS (Gas Chromatography–Mass Spectrometry) a evidențiat, de asemenea, prezența sterolilor stigmasterol și β -sitosterol. Într-un studiu anterior, Takeoka și colab. [45] au izolat din extractele dietilice ale cojilor migdalei triterpenoide precum acizii betulinic, oleanolic și ursolic, care reprezintă aproximativ 1% din masa totală a cojii. Acești compuși sunt cunoscuți pentru proprietățile lor antiinflamatoare, antivirale și anticancerigene.

Fabroni și colab. [9] au dezvoltat un extract hidroalcoolic inovator din cojile migdalei, bogat în compuși fenolici și triterpenoide, pentru utilizare în industria alimentară, farmaceutică și cosmetică. Studiul a fost efectuat pe trei soiuri italiene de migdale, cele mai bune rezultate fiind obținute pentru soiurile siciliene, în special pentru soiul *Romana*, care a prezentat un randament ridicat de triterpenoide (până la 73,13%) și acizi hidroxicinamici (până la 89%). Extractele obținute au demonstrat activitate antioxidantă și antimicrobiană semnificativă *in vitro*.

Optimizări ale extracției compușilor fenolici din cojile verzi de migdale a fost realizată de Khan [17] prin extracție asistată de ultrasunete. Extractul obținut a prezentat activitate antimicrobiană împotriva bacteriilor *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* și *Salmonella typhimurium*, iar analiza compozițională a evidențiat β -sitosterolul ca principal fitocomponent (44%).

Amico și colab. [2] s-au concentrat asupra triterpenoidelor extrase din coaja migdalelor siciliene (*Prunus dulcis*), identificând acidul betulinic, acidul oleanolic și acidul ursolic ca principale componente. Aceste triterpenoide, împreună cu aldehydele înrudite, au demonstrat o activitate citotoxică semnificativă împotriva celulelor de cancer mamar uman MCF-7, evidențiind potențialul acestor subproduse în terapii antiproliferative.

Importanța tegumentului migdalei ca sursă de compuși fenolici este deosebit de relevantă. Deși aceasta reprezintă doar aproximativ 4% din masa totală a nucii, conține între 60% și 80% din totalul compușilor fenolici ai migdalelor [22]. Acești compuși sunt responsabili în mare măsură pentru capacitatea ridicată de neutralizare a radicalilor liberi [37] conferind tegumentului un potențial antioxidant superior semințelor integrale.

Wijeratne și colab. [53] au confirmat această observație, demonstrând că extractele degresate din tegument și coji conțin de 9-10 ori mai mulți compuși fenolici decât semințele integrale. Extractele au inhibat eficient oxidarea lipoproteinelor cu densitate joasă (Low-Density Lipoprotein, LDL), au prevenit deteriorarea ADN-ului și au prezentat capacitate ridicată de chelatare a ionilor metalici, iar analiza HPLC a evidențiat flavonoide precum derivați ai quercetinei și kaempferolului.

Rezultate similare au fost raportate de Siriwardhana și colab. [41], care au arătat că extractele etanolice din tegumentul brun și învelișul verde ale migdalei au o activitate antioxidantă semnificativ mai mare decât extractele din semințele integrale, cu o capacitate remarcabilă de neutralizare a radicalilor superoxid. Această activitate antioxidantă se corelează direct cu conținutul de compuși fenolici, confirmând rolul tegumentului și al învelișului în protecția celulară.

Pe lângă activitatea antioxidantă, subprodusele migdalelor prezintă proprietăți antimicrobiene relevante. Astfel, Mandalari și colab. [19] au demonstrat că fracțiile bogate în flavonoide din tegumentul migdalei prezintă activitate împotriva bacteriilor Gram-pozitive și Gram-negative, inclusiv *Salmonella enterica*. În acest context se încadrează și cercetările efectuate de Musarra-Pizzo [25] care a evidențiat activitatea antimicrobiană a unui amestec de polifenoli din tegument împotriva *Staphylococcus aureus*, precum și activitate antivirală împotriva virusului herpes simplex tip 1 (HSV-1). Catechina și epicatechina au fost identificate ca fiind cei mai activi agenți antimicrobieni din extract.

Valdez și colab. [48] au utilizat extracția asistată de microunde pentru izolarea compușilor fenolici din reziduurile de tegument provenit de la șapte genotipuri de migdale diferite. Analiza a evidențiat flavan-3-oli (catechină și epicatechină) și compuși glicozidici precum quercetin-3-O-rutinozid, kaempferol-3-O-rutinozid, naringenin-7-O-glucozid, izoramnetin-3-O-rutinozid și izoramnetin-3-O-glucozid. Extractele au demonstrat o activitate antioxidantă pronunțată, evaluată prin metode spectrofotometrice standard precum DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) și FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), frecvent utilizate pentru determinarea capacității antioxidante a extractelor vegetale.

În **concluzie**, subprodusele rezultate în urma procesării florii-soarelui și migdalelor reprezintă surse valoroase de compuși bioactivi, însă diferențele privind tipologia chimică, distribuția și concentrația acestor compuși evidențiază particularități relevante pentru utilizarea lor în industria alimentară, farmaceutică și cosmetică. În cazul floarei-soarelui, șrotul și cojile sunt bogate în acizi fenolici, în special acidul clorogenic și acidul cafeic, compuși care conferă activitate antioxidantă, antimicrobiană, antifungică și antiproliferativă. Studiile indică o corelație clară între conținutul de compuși fenolici și efectele biologice observate, iar extractele obținute pot fi utilizate atât pentru prevenirea stresului oxidativ, cât și pentru dezvoltarea de biofungicide sau produse nutraceutice. Particularitatea specifică subproduselor florii-soarelui constă în concentrația foarte ridicată de acid clorogenic, care poate reprezenta până la 62–85% din totalul compușilor fenolici, precum și în capacitatea lor de a acționa ca donori de hidrogen în reacțiile antioxidante.

În contrast, subprodusele migdalelor, în special tegumentul și coaja verde, prezintă un spectru biochimic mai diversificat. Pe lângă acidul clorogenic și alți fenoli, acestea conțin triterpenoide (acid betulinic,oleanolic, ursolic), steroli (β -sitosterol, stigmasterol) și flavonoide complexe, precum quercetina, kaempferolul și izoramnetina, ceea ce le conferă un potențial antioxidant, antimicrobian, antiviral și anticancerigen mai extins, polivalent. Tegumentul migdalei, deși reprezintă aproximativ 4% din masa migdalei, concentrează între 60–80% din totalul compușilor fenolici, evidențiind rolul său esențial în protecția împotriva radicalilor liberi și în prevenirea oxidării LDL. Extractele din tegument și coaja verde inhibă eficient proliferarea celulară, dezvoltarea unor microorganisme patogene și stresul oxidativ.

4. Factorii care afectează profilul biochimic al SBA din subprodusele vegetale

Numeroase studii evidențiază faptul că profilul biochimic cantitativ și calitativ al subproduselor vegetale variază considerabil în funcție de mai mulți factori biologici, agricoli și tehnologici. Această variabilitate este observată și în cazul subproduselor provenite din procesarea migdalelor și a florii-soarelui în special la nivelul metabolitelor secundari inclusiv a compușilor fenolici.

De exemplu, compoziția și spectrul compușilor fenolici sunt corelate cu caracteristicile morfologice ale subproduselor, precum grosimea și greutatea cojilor de migdale. Analizele efectuate asupra unor varietăți de migdale au evidențiat diferențe importante în profilul fenolic, fiind identificați compuși dominanți precum acidul clorogenic, catechina și acidul protocatechuic. În unele cazuri au fost detectați până la 16 flavonoizi și 2 acizi fenolici în tegumentul migdalelor prin tehnici cromatografice avansate [3]. Tegumentul și coaja migdalelor pot conține cantități de compuși fenolici de până la 9-10 ori mai mari decât semințele întregi, ceea ce explică activitatea antioxidantă ridicată observată în aceste subproduse [11]. De asemenea, distribuția compușilor fenolici variază considerabil între diferitele părți ale seminței de floarea-soarelui [52].

Analizele efectuate asupra mai multor genotipuri de migdal (de exemplu *Nonpareil*, *Carmel*, *Mission* sau *Monterey*) au evidențiat variații semnificative în conținutul total de polifenoli și în profilul flavonoidelor, demonstrând influența genotipului asupra compoziției bioactive a subproduselor [4].

În mod similar, în cazul florii-soarelui, studiile asupra a 5 genotipuri (Tesoro, Marko, Clip, Vyp-70 și Nanta) au arătat variații cantitative în principalii compuși fenolici (acidul clorogenic, acidul cafeic și derivații cafeoilchinici) prezenți în semințe, șrot și în coji [31]. Rezultate similare au fost raportate și în alte studii comparative la floarea-soarelui, care au arătat variații semnificative ale conținutului total de compuși fenolici, flavonoide între diferite genotipuri [30].

Condițiile agricole și practicile de cultivare (variațiile sezoniere, tipul de sol, regimul de irigare, fertilizare, precum și momentul și modul de recoltare) influențează în mod semnificativ acumularea metabolitelor secundari în plante și, implicit, profilul biochimic al subproduselor vegetale. De exemplu, studiile comparative realizate asupra diferitelor genotipuri de migdal și condiții de cultivare au arătat că nivelurile metabolitelor secundari pot varia în funcție de regiunea geografică, condițiile climatice și practicile agricole aplicate [40]. Condițiile de stres abiotic, precum deficitul de apă sau temperaturile ridicate stimulează biosinteza metabolitelor secundari, inclusiv flavonoide și acizi fenolici, ca mecanism de adaptare și protecție al plantei. Aceste variații se reflectă ulterior și în compoziția biochimică a subproduselor rezultate din procesarea semințelor, precum șrotul sau cojile [30, 40, 52].

Variații metodologice (solventul, concentrația, parametrii de extracție, precum temperatura, durata procesului, pH-ul mediului, metoda de extracție) reprezintă o cauză semnificativă a diferențelor în profilul compușilor bioactivi extrași din matricile vegetale [21, 27, 40]. Extracția convențională cu solvent reprezintă una dintre cele mai utilizate metode pentru recuperarea compușilor bioactivi din subprodusele vegetale. Solvenți organici precum etanolul, metanolul sau acetona sunt frecvent utilizați în studiile privind extracția compușilor bioactivi din țesuturi vegetale. De exemplu, în cazul subproduselor de migdale, extracțele obținute prin utilizarea amestecurilor hidroetanolice au demonstrat un conținut ridicat de polifenoli și o activitate antioxidantă semnificativă, în special în cazul tegumentului și cojilor [21, 40]. Cu toate acestea, metodele convenționale pot implica utilizarea unor volume mari de solvenți și timpi lungi de extracție, ceea ce ridică probleme legate de eficiență și sustenabilitate.

În plus, selecția solventului are un rol esențial în eficiența procesului de extracție. Solvenții apo-organici, precum etanolul sau metanolul, sunt frecvent utilizați datorită capacității lor de a solubiliza compușii fenolici. În contextul dezvoltării tehnologiilor sustenabile, sunt investigate și soluții alternative mai ecologice, cum ar fi lichidele ionice (ionic liquids, IL), solvenții eutectici profunzi (deep eutectic solvents, DES) sau solvenții eutectici profunzi naturali (natural deep eutectic solvents, NADES), care pot oferi avantaje în ceea ce privește selectivitatea și impactul redus asupra mediului [27].

În ultimii ani, au fost dezvoltate tehnici noi de extracție care permit creșterea eficienței procesului și reducerea consumului de solvent. Printre acestea se numără extracția asistată de ultrasunete (ultrasound-assisted extraction, UAE), extracția asistată de microunde (microwave-assisted extraction, MAE) și extracția cu fluide supercritice (supercritical fluid extraction, SFE). De exemplu, în cazul subproduselor de floarea-soarelui, extracția asistată de microunde a demonstrat o eficiență ridicată în recuperarea acidului clorogenic și a altor compuși fenolici din turtele rezultate din procesarea semințelor [27]. Aceste metode facilitează distrugerea pereților celulari și extragerea compușilor cu un grad înalt de puritate, condiție importantă pentru menținerea activității biologice a extractelor.

În concluzie, cunoașterea și optimizarea factorilor (biologici, agricoli, tehnologici etc.) cu incidență în modificarea profilului biochimic cantitativ și calitativ al plantelor și respectiv al subproduselor procesării industriale, este esențială pentru valorificarea eficientă a acestor resurse. Cu toate acestea, domeniul valorificării reziduurilor vegetale se confruntă cu multiple provocări. Una dintre principalele probleme este lipsa standardizării metodologiilor de extracție și a modului de exprimare a concentrațiilor compușilor bioactivi, ceea ce îngreunează compararea rezultatelor între diferite studii. În plus, majoritatea cercetărilor axate pe studiul efectelor biologice se concentrează pe evaluări *in vitro*, în timp ce datele *in vivo* și studiile clinice sunt încă limitate. Drept urmare, mecanismele moleculare prin care acești compuși exercită efecte biologice benefice nu sunt pe deplin elucidate. Un alt aspect insuficient explorat este potențialul efectelor sinergice dintre compușii bioactivi prezenți în extractele vegetale, deoarece majoritatea studiilor analizează compuși izolați. De asemenea, există informații limitate privind toxicitatea, dozajul optim și siguranța pe termen lung, aspecte esențiale pentru dezvoltarea acestor extracte cu potențial nutraceutic sau farmaceutic.

Concluzii

- Analiza comparativă a subproduselor florii-soarelui și migdalelor evidențiază diferențe semnificative atât în ponderea cantitativă și diversitatea subproduselor, cât și în compoziția biochimică și potențialul bioactiv. Subprodusele florii-soarelui sunt mai omogene și se pretează în principal la utilizări energetice, materiale biocompozite și surse proteice pentru nutriția animalelor, datorită conținutului moderat de proteine, fibre și lipide. În schimb, subprodusele migdalelor se caracterizează printr-o diversitate structurală și biochimică mai mare, tegumentul și coaja verde concentrând polifenoli, flavonoide complexe, steroli și triterpenoide, cu aplicații multiple în industria alimentară, cosmetică, farmaceutică și agricolă.

- Subprodusele ambelor culturi sunt surse valoroase de compuși bioactivi, în special acizi fenolici, flavonoide și alți metaboliți secundari. Diferențele în profilul biochimic și distribuția compușilor explică utilizările specifice pentru fiecare tip de subprodus și subliniază importanța unei valorificări direcționate și eficiente.

- Factorii biologici (genotip, organul vegetal), agricoli (condiții de cultivare, stres abiotic/biotic, variații sezoniere) și tehnologici (metoda de extracție și analiză, tipul de solvent, parametrii procesului) influențează semnificativ conținutul, compoziția biochimică și potențialul bioactiv al subproduselor.

- Optimizarea proceselor de procesare și extracție, precum și standardizarea metodologiilor și a studiilor biologice, sunt esențiale pentru valorificarea eficientă a subproduselor vegetale, inclusiv cele de floarea-soarelui și migdale, contribuind la implementarea principiilor economiei circulare și la reducerea deșeurilor agroindustriale

Bibliografie:

- ALEXANDRINO, T. D., DA SILVA, M. G., FERRARI, R. A., RUIZ, A. L. T. G., DUARTE, R. M. T., SIMABUCO, F. M., BEZERRA, R. M. N., PACHECO, M. T. B. Evaluation of some *in vitro* bioactivities of sunflower phenolic compounds. // *Curr. Res. Nutr. Food Sci.*, 2021, v. 4, p.662–669. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.09.007>.
- AMICO, V., BARRESI, V., CONDORELLI, D., SPATAFORA, C., TRINGALI, C. Antiproliferative terpenoids from almond hulls (*Prunus dulcis*): Identification and structure-activity relationships. // *J. Agric. Food Chem.*, 2006, v. 54, p. 810–814. <https://doi.org/10.1021/jf052812q>
- BOLLING BW, DOLNIKOWSKI G, BLUMBERG JB, OLIVER CHEN CY. Quantification of almond skin polyphenols by liquid chromatography-mass spectrometry. // *J Food Sci.*, 2009, 74(4), p. 326-332. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01133.x>.
- BOLLING BW, DOLNIKOWSKI G, BLUMBERG JB, CHEN CO. Polyphenol content and antioxidant activity of California almonds depend on cultivar and harvest year. // *Food Chem.*, 2010, Oct 1;122(3):819-825. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.068>.
- CHIARALUCE G, BENTIVOGLIO D, FINCO A. Circular Economy for a Sustainable Agri-Food Supply Chain: A Review for Current Trends and Future Pathways. // *Sustainability*. 2021; 13(16):9294. <https://doi.org/10.3390/su13169294>
- D'ARCHIVIO, M., FILESI, C., DI BENEDETTO, R., GARGIULO, R., GIOVANNINI, C. et al. Polyphenols, dietary sources and bioavailability. // *Ann. Ist. Super Sanita*, 2007, v. 43(4), p. 348. PMID: 18209268
- DEPETERS, E.J., SWANSON, K.L., BILL, H.M., ASMUS, J., HEGUY, J.M. Nutritional composition of almond hulls. // *Appl. Anim. Sci.*, 2020, v.36, p.761–770. <https://doi.org/10.15232/aas.2020-02035>
- DUCA, M., STRATAN, A., DUCA, Gh., CLAPCO, S., CRACIUNESCU, O., OPRÎȚA, E. Agroecological Management of Sunflower in the Circular Economy. Berlin: Laboratorul Paul Painlevé (LPP), 2025, pp. 1450-1470. ISSN 23674512. https://doi.org/10.1007/978-981-95-10.1595-0_102
- FABRONI, S., TROVATO, A., BALLISTRERI, G., TORTORELLI, S. A., FOTI, P., ROMEO, F. V., RAPISARDA, P. Almond [*Prunus dulcis* (Mill.) DA Webb] processing residual hull as a new source of bioactive compounds: Phytochemical composition, radical scavenging and antimicrobial activities of extracts from Italian cultivars ('Tuono', 'Pizzuta', 'Romana'). // *Molecules*, 2023, v. 28, p.605. <https://doi.org/10.3390/molecules28020605>.
- FAO, *FAOSTAT Statistical Database*, Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/> (accessed January 2026).
- GARRIDO I, MONAGAS M, GÓMEZ-CORDOVÉS C, BARTOLOMÉ B. Polyphenols and antioxidant properties of almond skins: influence of industrial processing. // *J Food Sci.*, 2008 73(2), p. 106-115. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00637.x>.
- HAMAM M, CHINNICI G, DI VITA G, PAPPALARDO G, PECORINO B, MAESANO G, D'AMICO M. Circular Economy Models in Agro-Food Systems: A Review. // *Sustainability*. 2021; 13(6):3453. <https://doi.org/10.3390/su13063453>
- ESFAHLAN, A. J., JAMEI, R., ESFAHLAN, R.J. The importance of almond (*Prunus amygdalus L.*) and its by-products. // *Food Chem.*, 2010, v. 120, p. 349–360.
- INGEGNERI, M., SMERIGLIO, A., RANDO, R., GERVASI, T., TAMBURELLO, M. P., GINESTRA, G., LA CAMERA, E., PENNISI, R., SCIORTINO, M.T., MANDALARI, G. et al. Composition and biological properties of blanched skin and blanch water belonging to three sicilian almond cultivars. // *Nutrients*, 2023, v. 15, p. 1545. <https://doi.org/10.3390/nu15061545>

15. IVANOVA, P., IVANOV, I. G., TUMBARSKI, Y., KALAYDZHIEV, H., DINCHEVA, I. N., CHALOVA, V.I. Bioactivity Potential of Industrial Sunflower Meal Ethanol-Wash Solute Obtained as Waste from Protein Isolation Process. // *Appl. Sci.*, 2021, v. 11 (22), p.11007. <https://doi.org/10.3390/app112211007>
16. KAHLAOU, M., BERTOLINO, M., BARBOSA-PEREIRA, L., BEN HAJ KBAIER, H., BOUZOUTA, N., ZEPPA, G. Almond hull as a functional ingredient of bread: Effects on physico-chemical, nutritional, and consumer acceptability properties. // *Foods*, 2022, v. 11, p. 777. <https://doi.org/10.3390/foods11060777>
17. KHAN, N., AHMAD, I., SADIQ, M. B. Optimization of ultrasonic assisted extraction of bioactive compounds from the almond hull. // *Sarhad J. Agric.*, 2022, v. 38, p. 676–684. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2022/38.2.676.684>
18. LAGUNA, O., ODINOT, E., BISOTTO, A., BAREA, B., VILLENEUVE, P., SIGOILLOT, J.-C., RECORD, E., FAULDS, C.B., FINE, F., LESAGE-MEESSEN, L. Release of phenolic acids from sunflower and rapeseed meals using different carboxylic esters hydrolases from *Aspergillus niger*. // *Industrial Crops and Products*, 2019, v. 139, p. 111579. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111579>
19. MANDALARI, G., TOMAINO, A., ARCORACI, T., MARTORANA, M., TURCO, V.L., CACCIOLA, F., RICH, G. T., BISIGNANO, C., SAIJA, A., DUGO, P. Characterization of polyphenols, lipids and dietary fibre from almond skins (*Amygdalus communis* L.). // *J. Food Compos. Anal.*, 2010, v. 23, p. 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.08.015>
20. MARTINEZ, G., REGENTE, M., JACOBI, S., DEL RIO, M., PINEDO, M., DE LA CANAL, L. Chlorogenic acid is a fungicide active against phytopathogenic fungi. // *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2017, v. 140, p. 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.05.012>
21. MARTINS, R.; SALES, H.; PONTES, R.; NUNES, J.; GOUVEIA, I. Food waste and microalgae as sources of bioactive compounds and pigments in a modern biorefinery: A review. // *Antioxidants*, 2023, 12, 328. <https://doi.org/10.3390/antiox12020328>
22. MILBURY, P.E., CHEN, C. Y., DOLNIKOWSKI, G.G., BLUMBERG, J. B. Determination of flavonoids and phenolics and their distribution in almonds. // *J. Agric. Food Chem.*, 2006, v. 54, p. 5027–5033. <https://doi.org/10.1021/jf0603937>
23. MOHAMED, G. F., TAHA, F. S. Extraction of sunflower hulls: their antioxidant activity on lipids of cooked mackerel fish. // *Alex. J. Food. Sci. Technol.*, 2005, v.2, p.11-23. <https://doi.org/10.3989/gya.072111>
24. MOURE, A., PAZOS, M., MEDINA, I., DOMINGUEZ, H., PARAJO, J. C. Antioxidant activity of extracts produced by solvent extraction of almond shells acid hydrolysates. // *Food Chem.*, 2007, v. 101, p. 193–201. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.017>
25. MUSARRA-PIZZO, M., GINESTRA, G., SMERIGLIO, A., PENNISI, R., SCIORTINO, M.T., MANDALARI, G. The antimicrobial and antiviral activity of polyphenols from almond (*Prunus dulcis* L.) skin. // *Nutrients*, 2019, v. 11, p. 2355. <https://doi.org/10.3390/nu11102355>
26. National Bureau of Statistics of the Republic of Moldova, *Statistical Database*. <https://statistica.gov.md> (accessed January 2026).
27. NÁTHIA-NEVES, G.; ALONSO, E. (2021). Valorization of sunflower by-product using microwave-assisted extraction to obtain a rich protein flour: Recovery of chlorogenic acid, phenolic content and antioxidant capacity. // *Food and Bioproducts Processing*, 2021, v. 125, p. 57-67. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.008>
28. OLIVEIRA FILHO, J. G., BURANELO EGEA, M. Sunflower seed byproduct and its fractions for food application: An attempt to improve the sustainability of the oil process // *J. Food Science*, 2021, v. 86, p.1497-1510.
29. OLLANI, S.; PEANO, C.; SOTTILE, F. Recent innovations on the reuse of almond and hazelnut by-products: A review. // *Sustainability*, 2024, v.16, p.2577. <https://doi.org/10.3390/su16062577>
30. ÖZCAN, M. M.; AL JUHAIMI, F.; GHAFOR, K.; BABIKER, E. E. Determination of bioactive compounds, phenolic contents, fatty acid and biogenic element profiles of the seeds of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. // *Food and Humanity*, 2024, 2, 100222. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.100222>
31. PEDROSA, M. M., MUZQUIZ M., GARCÍA-VALLEJO, C., BURBANO, C., CUADRADO, C., AYET, G., ROBREDO, L. M. Determination of caffeic and chlorogenic acids and their derivatives in different sunflower seeds. // *J. Sci. Food Agric.*, 2000, v. 80, p. 459-464, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(200003\)80](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(200003)80)

32. PETRARU A, URSACHI F, AMARIEI S. Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient. // *Plants*. 2021; 10(11):2487. <https://doi.org/10.3390/plants10112487>
33. PILORGÉ E. Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives. // *OCL* 2020, 27, 34. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020028>
34. PRGOMET, I.; GONCALVES, B.; DOMINGUEZ-PERLES, R.; PASCUAL-SEVA, N.; BARROS, A.I. A box-behnken design for optimal extraction of phenolics from almond by-products. // *Food Anal. Methods*, 2019, 12, 2009–2024. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01540-5>
35. PRGOMET, I., GONÇALVES, B., DOMÍNGUEZ-PERLES, R., PASCUAL-SEVA N., BARROS A.I.R.N.A. Valorization Challenges to Almond Residues: Phytochemical Composition and Functional Application. // *Molecules*. 2017, v. 22(10), p. 1774. <https://doi.org/10.3390/molecules22101774>.
36. PUTTHA R, VENKATACHALAM K, HANPAKDEESAKUL S, WONGSA J, PARAMETTHANUWAT T, SREAN P, PAKEECHAI K, CHAROENPHUN N. Exploring the Potential of Sunflowers: Agronomy, Applications, and Opportunities within Bio-Circular-Green Economy. // *Horticulturae*. 2023; 9(10):1079. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101079>
37. SANG, S., LAPSLEY, K., JEONG, W. S., LACHANCE, P. A., HO, C. T., ROSEN, R. T. Antioxidative phenolic compounds isolated from almond skins (*Prunus amygdalus Batsch*). // *J. Agric. Food Chem.*, 2002, v. 50, p. 2459–2463. <https://doi.org/10.1021/jf011533+>
38. SANTANA-GALVEZ, J., CISNEROS-ZEVALLOS, L., JACOBO-VELAZQUEZ, D.A. Chlorogenic acid: Recent advances on its dual role as a food additive and a nutraceutical against metabolic syndrome. // *Molecules*, 2017, v.22, p.358. <https://doi.org/10.3390/molecules22030358>
39. SFAHLAN, A. J., MAHMOODZADEH, A., HASANZADEH, A., HEIDARI, R., JAMEI, R. Antioxidants and antiradicals in almond hull and shell (*Amygdalus communis L.*) as a function of genotype. // *Food Chem.*, 2009, v. 115, p. 529–533. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.049>
40. SILVA, V., OLIVEIRA, I., PEREIRA, J.A., GONCALVES, B. Almond By-Products: A Comprehensive Review of Composition, Bioactivities, and Influencing Factors// *Foods*, 2025, v. 14, p. 1042. <https://doi.org/10.3390/foods14061042>
41. SIRIWARDHANA, S.S.K.W., SHAHIDI, F. Antiradical activity of extracts of almond and its by-products. // *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 2002, v. 79, p. 903–908. <https://doi.org/10.1007/s11746-002-0577-4>
42. SRILATHA, K., KRISHNAKUMARI, K. Proximate composition and protein quality evaluation of recipes containing sunflower cake. // *Plant Foods for Human Nutrition*, 2003, v. 58, p. 1-11. <https://doi.org/10.1023/B:QUAL.0000041139.37434.5c>
43. TAHA, F. S., WAGDY, S. M., HASSANEIN, M. M., HAMED, S.F. Evaluation of the biological activity of sunflower hull extracts. // *Grasas Aceites*, 2012, v. 63, p. 184–192. <https://doi.org/10.3989/gya.072111>
44. TAKEOKA, G. R., DAO, L. T. Antioxidant constituents of almond [*Prunus dulcis (Mill.) D.A. Webb*] hulls. // *J. Agric. Food Chem.*, 2003, v. 51, p. 496–501. <https://doi.org/10.1021/jf020660i>
45. TAKEOKA, G. R., DAO, L. T., TERANISHI, R., WONG, R., FLESSA, S., HARDEN, L., EDWARDS, R. Identification of three triterpenoids in almond hulls. // *J. Agric. Food Chem.*, 2000, v. 48(8), p.3437-3439.
46. TSVETANOVA F, NAYDENOVA G, BOYADZHIEVA S. Sunflower Seed Hulls and Meal-A Waste with Diverse Biotechnological Benefits. // *Biomass*. 2025; 5(3), p. 47. <https://doi.org/10.3390/biomass5030047>
47. UNEP. *Global Material Flows and Resource Productivity. An Assessment Study of the UNEP International Resource Panel*; Secretariat of International Resource Panel (IRP): Paris, France, 2016.
48. VALDES, A., VIDAL, L., BELTRAN, A., CANALS, A., GARRIGOS, M.C. Microwave-assisted extraction of phenolic compounds from almond skin byproducts (*Prunus amygdalus*): A multivariate analysis approach. // *J. Agric. Food Chem.*, 2015, v. 63, p. 5395–5402. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01011>
49. VELASCO, L., FERNANDEZ-MARTINEZ, J.M., GARCIA-RUIZ, R. DOMINGUEZ, J. Genetic and environmental variation for tocopherol content and composition in sunflower commercial hybrids. // *Journal of Agricultural Science*, 2002, v. 139, p. 425-9. <https://doi.org/10.1017/S0021859602002678>
50. WANJARI, N., WAGHMARE, J. Phenolic and antioxidant potential of sunflower meal. // *Advances in Applied Science Research*, 2015, v. 6, p. 221–229. ISSN: 0976-8610

51. WANJARI, N., WAGHMARE, J. Phenolic and antioxidant potential of sunflower meal. // *Advances in Applied Science Research*, 2015, v. 6, p. 221–229. ISSN: 0976-8610
52. WEISZ, G. M.; KAMMERER, D. R.; CARLE, R. Identification and quantification of phenolic compounds from sunflower (*Helianthus annuus L.*) kernels and shells by HPLC-DAD/ESI-MS. // *Food Chemistry*, 2009, 115, 758–765. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.074>
53. WIJERATNE, S. S. K., ABOU-ZAID, M. M., SHAHIDI, F. Antioxidant polyphenols in almond and its co-products. // *J. Agric. Food Chem.*, 2006, v. 54, p. 312–318. <https://doi.org/10.1021/jf051692j>.
54. YAGAZAKI, K., MIURA, Y., OKAUCHI, R., FURUSE, T. Inhibitory effects of chlorogenic acid and its related compounds on the invasion of hepatoma cells in culture. // *Cytotechnol.*, 2000, v. 33, p. 229–235. <https://doi.org/10.1023/A:1008141918852>.
55. YEGOROV, B., TURPUROVA, T., SHARABAEVA, E., BONDAR, Y. Prospects of using by-products of sunflower oil production in compound feed industry. // *Food Science and Technology*, 2019, v. 13(1), p. 106–113. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1783>

N. B.: Studiul a fost realizat în cadrul proiectului nr. PN-IV-PCB-RO-MD-2024-0406, susținut prin grantul Ministerului Educației și Cercetării, CCCDI-UEFISCDI, România și al proiectului 25.80013.5107.27 ROMD „Dezvoltarea de noi bioproduse cu funcții de biostimulant/biofungicid pentru eco-agricultura” finanțat de Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova.

Date despre autori:

Angela RUDACOVA, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator, Centrul de Cercetări Științifice în Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-9638-2151

E-mail: rud-as@mail.ru

Angela PORT, doctor în științe biologice, conferențiar universitar; cercetător științific coordonator, Centrul de Cercetări Științifice în Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-3994-8918

E-mail: angela.port@usm.md

Ala CHERDIVARA, doctor în științe biologice, cercetător științific superior, Centrul de Cercetări Științifice în Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-1276-4959

E-mail: ala.cherdivara@usm.md

Alexandra GASPARGPINTILIESCU, doctor în științe biologice; Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Științe Biologice, București, România.

ORCID: 0000-0002-6996-6175

E-mail: alex.gaspar@yahoo.com

Oana CRACIUNESCU, doctor în științe biologice, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Științe Biologice, București, România.

ORCID: 0000-0003-0625-3650

E-mail: oana.craciunescu@incdsb.ro

Prezentat: 01.03.2026

Recenzat: 23.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 598.2:574.42(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_33](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_33)

ANALIZA COMUNITĂȚII AVIFAUNISTICE ÎN ECOSISTEMELE PERIURBANE DIN ZONA LACURILOR DĂNCENI-NIMORENI (REPUBLICA MOLDOVA)

Victor SÎTNIC,
Natalia SOCHIRCA,
Victoria NISTREANU,
Alina LARION,
Teodor GLĂVAN-CARANGHEL,
Universitatea de Stat din Moldova

Studiul analizează structura comunității avifaunistice din poligonul periurban Dănceni-Nimoreni (Republica Moldova), integrând observații sistematice de teren cu date extrase din platforma *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) pentru perioada 2015-2025. Rezultatele relevă o biodiversitate bogată, fiind inventariate 145 specii care aparțin celor 18 ordine. Analiza statistică indică o comunitate stabilă cu un indice de diversitate *Shannon* de 3,15, valoare ce reflectă diversitatea cumulativă pe parcursul deceniului monitorizat. S-a observat dominanța speciilor cu plasticitate ecologică ridicată (*Chroicocephalus ridibundus*, *Sturnus vulgaris*), dar și rolul sitului ca habitat pentru specii vulnerabile (VU) la nivel global și european precum *Aythya ferina* și *Streptopelia turtur*. Integrarea datelor digitale a oferit o rezoluție temporală robustă, esențială pentru fundamentarea măsurilor de protecție a acestui hotspot de biodiversitate.

Cuvinte-cheie: avifaună periurbană, GBIF, abundență specii, *Aythya ferina*, Dănceni-Nimoreni.

ANALYSIS OF THE AVIFAUNAL COMMUNITY IN PERI-URBAN ECOSYSTEMS WITHIN THE DANCENI-NIMORENI LAKES AREA (REPUBLIC OF MOLDOVA)

The study analyzes the structure of the avifaunal community in the Danceni-Nimoreni peri-urban area (Republic of Moldova), integrating systematic field observations with data extracted from the *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) platform for the 2015–2025 period. The results reveal a rich biodiversity, with 145 species belonging to 18 orders being inventoried. Statistical analysis indicates a stable community with a *Shannon* diversity index of 3.15, a value reflecting cumulative diversity over the monitored decade. The dominance of species with high ecological plasticity (*Chroicocephalus ridibundus*, *Sturnus vulgaris*) was observed, alongside the site's role as a habitat for globally and European-level vulnerable (VU) species, such as *Aythya ferina* and *Streptopelia turtur*. The integration of digital data provided a robust temporal resolution, essential for substantiating protection measures for this biodiversity hotspot.

Keywords: peri-urban avifauna, GBIF, species abundance, *Aythya ferina*, Danceni-Nimoreni.

Introducere

Ecosistemele palustre de la marginea orașelor sunt probabil printre cele mai dinamice și complexe habitate de pe glob, funcționând, ca adevărate insule de biodiversitate în zone dominate de activitate umană intensă. Deși studiile de specialitate avertizează că aceste zone sunt deseori fragmentate și poluate ele rămân vitale fiind coridoare ecologice esențiale și locuri de refugiu pentru păsările migratoare sau sedentare. Cercetările în domeniu [14] sugerează că zonele umede periurbane pot adăposti o diversitate mare de specii - uneori comparabilă cu cea a locurilor sălbatice, atâta timp cât sunt gestionate corect.

Rolul bazinelor acvatice de pe cursul mediu și inferior al Prutului și Nistrului este menționat în mai multe studii recente care reconfirmă rolul acestor ecosisteme ca artere vitale de biodiversitate [6, 8, 16]. Din punct de vedere istoric, marea piedică în monitorizarea pe termen lung a acestor locuri a fost fragmentarea datelor. Astăzi bazele de date globale, precum *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) permit integrarea unor volume uriașe de date obținute pe parcursul anilor din diverse surse (*iNaturalist*, *eBird* sau colecții de muzeu), oferind o imagine de ansamblu asupra distribuției speciilor pe care nu am fi putut-o obține doar prin metode tradiționale. Totuși, utilizarea acestor date cere prudență fiind necesară o filtrare riguroasă pentru a corecta eventualele erori și pentru a obține indicatori de diversitate cu adevărat robusti. Studiul de față

își propune să completeze datele cu privire la comunitatea avifaunistică din zona Dănceni-Nimoreni, combinând observații recente din teren cu date din GBIF. Folosind indici statistici precum *Shannon* și analiza *Rank-Abundance* (Whittaker) [17] lucrarea oferă o evaluare a structurii comunității de păsări, precum și a echilibrului dintre speciile comune, dominante numeric și cele de importanță conservacionistă majoră cum sunt *Aythya ferina* (rața cu cap castaniu) sau *Streptopelia turtur* (turturica) a căror prezență multianuală confirmă valoarea ecologică a acestui sit.

Metode și materiale utilizate

Aria de studiu

Studiul a fost realizat în poligonul Dănceni-Nimoreni (Republica Moldova), un complex de ecosisteme palustre și terestre adiacente. Zona este caracterizată printr-un mozaic de habitate: oglinzi de apă deschise, zone de stufăriș compact, fâșii de vegetație ripariană care fac trecerea spre așezările umane și terenurile agricole limitrofe. Proximitatea față de orașul Chișinău conferă ariei un caracter periurban pronunțat, supunând avifauna unui stres antropic constant (zgomot, poluare luminoasă, activități recreative).

Delimitarea poligonului de studiu și generarea datelor geospațiale au fost realizate utilizând programul QGIS [12] astfel asigurându-se o precizie ridicată a datelor. Configurația poligonului cu o arie de 5203 hectare este alungită pe direcția NV-SE urmărind valea râului Ișnovăț (fig. 1).

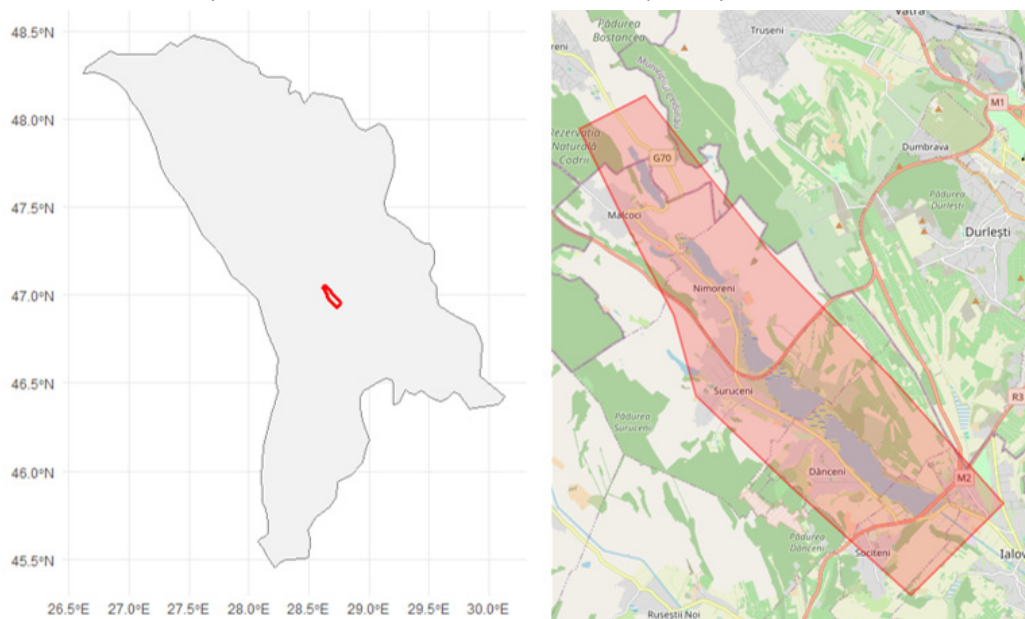


Figura 1. Poligonul de studiu Dănceni-Nimoreni (stânga – amplasarea geografică în cadrul Republicii Moldova; dreapta – limitele sitului pe suport cartografic *OpenStreetMap* [7])

Colectarea datelor

Analiza se bazează pe integrarea a trei surse de date: 1. Date din platforma GBIF pentru coordonatele geografice corespunzătoare poligonului, acoperind, observații validate din perioada anilor 2015-2025 [4]. 2. Date *BirdLife International* [1] cu privire la categoriile IUCN aplicate la nivel european pentru a determina statutul regional de conservare a speciilor studiate. 3. Observații în teren. Au fost incluse date recente colectate prin observații directe utilizând echipament optic standard, și tehnici de transect, pentru a confirma prezența unor taxoni cheie și pentru a actualiza lista speciilor cu observații nesemnificate anterior în bazele de date globale.

Prelucrarea și curățarea datelor (*Data cleaning*)

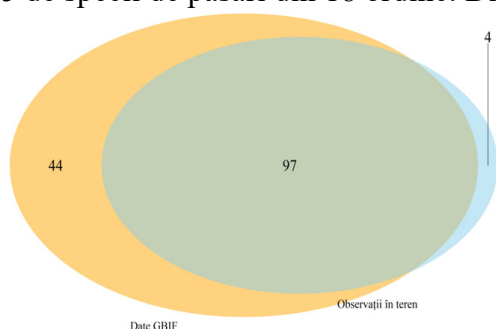
Pentru a asigura acuratețea indicilor statistici brute au fost supuse unui proces de filtrare în mediul de programare R (v. 4.5.1) [13] utilizând pachetele *tidyverse* și *dplyr* [18, 19]. Astfel, valorile de tip *NA* din coloana *individualCount* au fost substituite cu cifra 1 sub premisa prezenței biologice confirmate a cel puțin unui exemplar. Pentru a evita supraestimarea abundenței cauzată de raportările multiple ale aceleiași stol de către observatori diferiți au fost păstrate doar înregistrările unice per specie, per dată și per număr de indivizi.

Analiza și vizualizarea datelor

Pentru interpretarea structurii comunității avifaunistice a fost efectuată suprapunerea observațiilor directe în teren cu datele extrase din GBIF utilizând diagrama Venn. Dinamica avifaunei pe parcursul întregului ciclu anual a fost evaluată prin gruparea datelor pe cinci aspecte fenologice distincte de la cel hiemal până la cel autumnal, utilizându-se un grafic de tip bare suprapuse care prezintă ponderea ordinelor taxonomice în fiecare sezon. Ierarhizarea comunității a fost realizată prin construcția unei curbe Whittaker (*Rank-Abundance*) pe scară logaritmică ce permite o vizualizare clară a raportului dintre speciile dominante și cele cu o prezență rară în sit. Distribuția spațială a speciilor cu statut de conservare special (*IUCN global*) în anumite microhabitate din poligonul de studiu a fost efectuată prin proiectarea coordonatelor GPS pe substraturi satelitare de înaltă rezoluție. Toate analizele au fost realizate în limbajul R utilizând librării specifice [2, 3, 5, 9, 10, 11, 13, 15, 18, 19].

Rezultate

În urma integrării datelor în perimetrul poligonului Dănceni-Nimoreni, au fost inventariate în total 145 de specii de păsări din 18 ordine. Diagrama Venn din figura 2 arată o suprapunere majoră de 97 specii care apar atât în arhivele GBIF cât și în observațiile din teren, 44 specii doar în baza de date, iar 4 specii au fost observate exclusiv în teren.



Speciile observate exclusiv în teren sunt: *Charadrius dubius* (prundăraș gulerat mic), *Lanius minor* (sfrâncioc cu frunte neagră), *Botaurus minutus* (stârc pitic) și *Erithacus rubecula* (măcăleandru).

Structura taxonomică a comunității reflectă o dominanță clară a ordinului *Passeriformes* (fig. 3), care își menține ponderea majoritară pe tot parcursul anului indiferent de schimbările sezoniere.

Figura 2. Suprapunerea numărului de specii (date GBIF și date din teren)

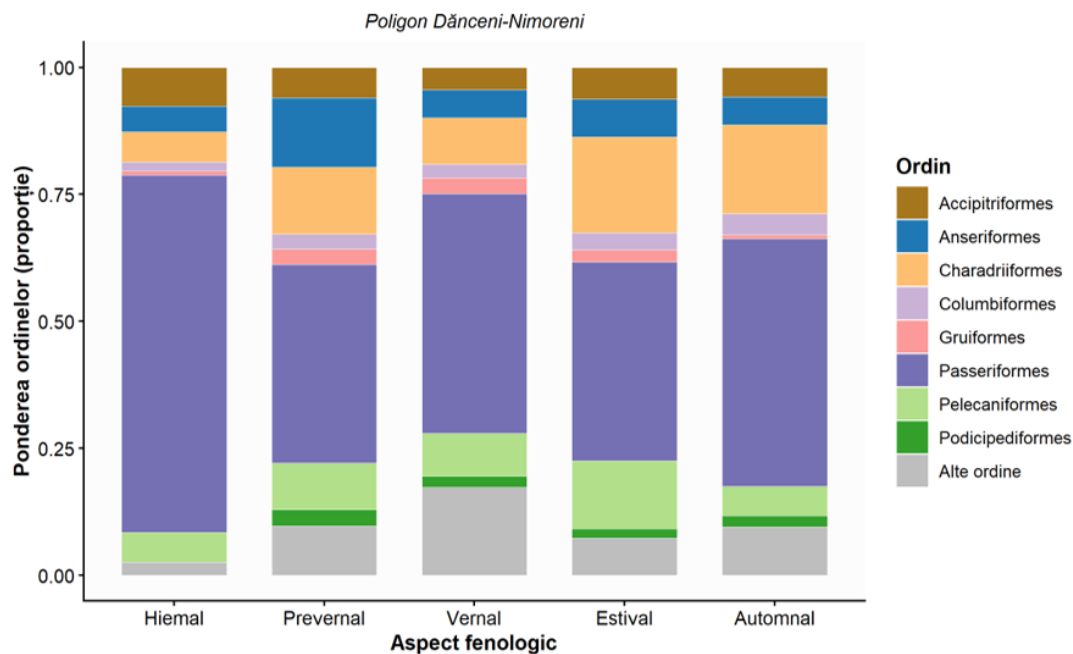


Figura 3. Structura taxonomică a avifaunei în diferite aspecte fenologice

În aspectul hiemal se observă o simplificare a structurii avifaunistice fiind prezente în special speciile rezistente și oaspeții de iarnă, în timp ce perioadele vernală și estivală aduc o diversificare vizibilă. Această creștere a complexității este susținută de ordinele *Charadriiformes* și *Anseriformes* a căror prezență este strâns legată de habitatele lacustre favorabile cuibăritului și pasajului. Diversitatea atinge cote maxime

în aspectul vernal, moment în care grupurile taxonomice secundare ating vârful de prezență. Ierarhizarea comunității prin curba *Whittaker* dezvăluie o structură tipică ecosistemelor mature și complexe, cu tranziție de la speciile des întâlnite la cele rare (fig. 4). Pentru a cuantifica această diversitate de specii, a fost calculat indicele *Shannon* care a înregistrat o valoare de 3,15. Acesta reflectă diversitatea cumulativă a sitului pe parcursul decadei 2015-2025, iar valoarea obținută este rezultatul integrării datelor multianuale, capturând nu doar nucleul de specii rezidente ci și dinamica speciilor de pasaj și a celor cu prezență sporadică. În vârful piramidei se află specii cu o mare plasticitate ecologică, precum cioara de semănătură (*Corvus frugilegus*), pescărușul râzător (*Chroicocephalus ridibundus*) și graurul (*Sturnus vulgaris*), care s-au adaptat perfect presiunii umane din jurul orașului. Un aspect de o importanță conservativă majoră este prezența în top 5 a raței cu cap castaniu (*Aythya ferina*), care ocupă poziția a patra în ierarhia abundenței. Deși este clasificată ca specie Vulnerabilă (VU) pe Lista Roșie a IUCN, densitatea sa ridicată în poligonul Dănceni-Nimoreni confirmă faptul că acest sit reprezintă un habitat critic, capabil să susțină populații robuste ale unor taxoni aflați în declin. La polul opus al curbei se află specii cu o abundență redusă, precum acvila țipătoare mare (*Aquila clanga*) sau aușelul cu cap galben (*Regulus regulus*) care deși sunt semnalate foarte rar sporesc semnificativ valoarea ecologică și conservativă a întregii arii.

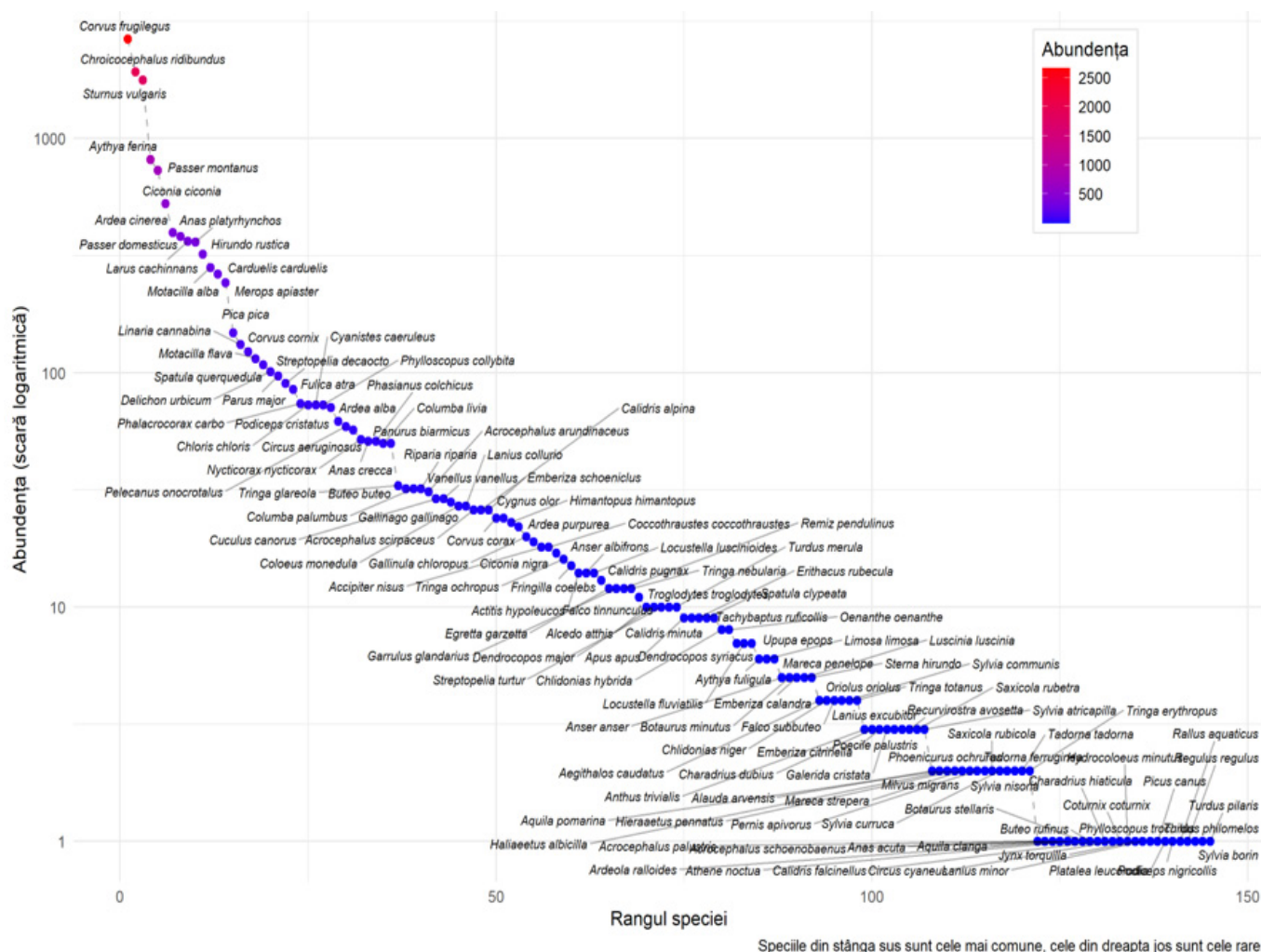


Figura 4. Abundența comunității avifaunistice din poligonul Dănceni-Nimoreni în perioada 2015-2025 (include date GBIF filtrate și observații în teren)

În total, au fost identificate 7 specii de interes conservativ la nivel global și 16 la nivel european, restul comunității fiind reprezentată exclusiv de categoria LC (Least Concern). Cartografierea speciilor vulnerabile (VU) sau aproape amenințate (NT), atât la nivel global, cât și european, indică faptul că biodiversitatea de interes conservativ este concentrată cu precădere în partea central-nordică a complexului lacustru de-a

lungul salbei de bazine acvatice formate de râul Ișnovăț (fig. 5, 6). Totodată, în harta din figura 6 se observă că unele specii protejate la nivel european precum bătașul (*Calidris pugnax*) și corcodeleul cu gât negru (*Podiceps nigricollis*) au fost înregistrate în sectorul sudic al poligonului, pe lacul Dănceni.

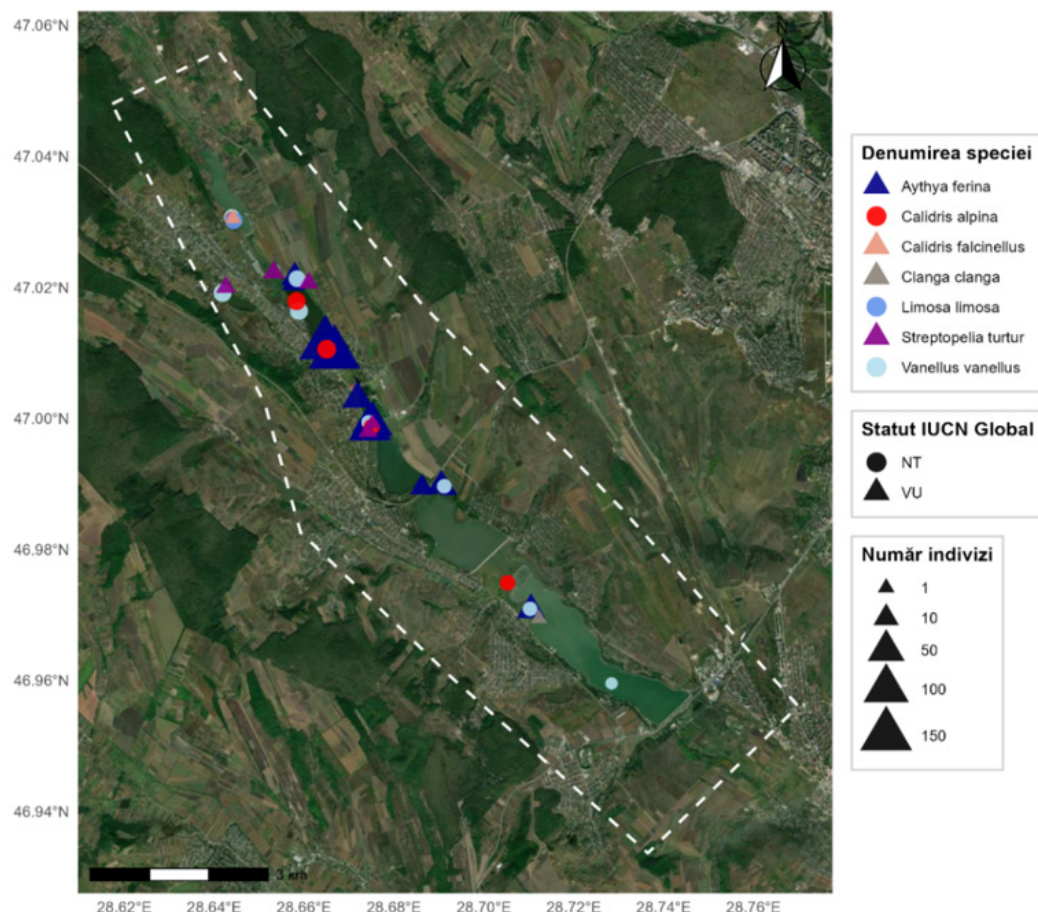


Figura 5. Cartografierea speciilor de interes conservativ global în poligonul de studiu

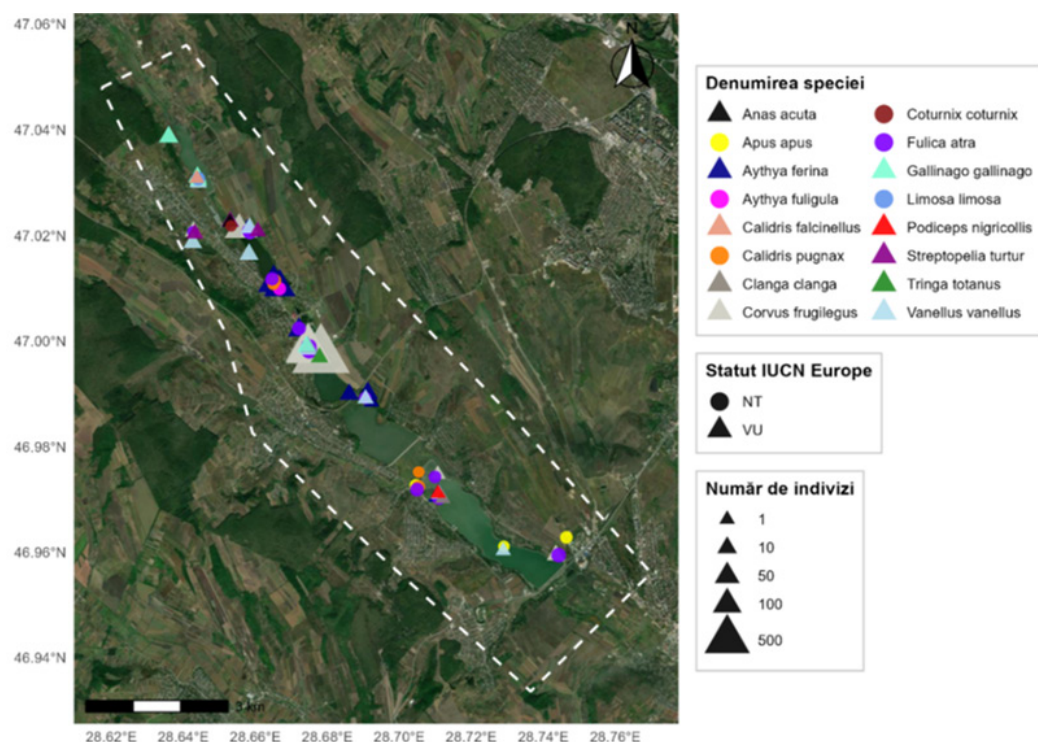


Figura 6. Cartografierea speciilor de interes conservativ european în poligonul de studiu

Documentarea multianuală a unor taxoni precum rața cu cap castaniu (*Aythya ferina*) și turturica (*Streptopelia turtur*) subliniază rolul poligonului de zonă-tampon (*buffer zone*) în fața presiunii urbanizării galopante a municipiului Chișinău. În timp ce rața cu cap castaniu preferă oglinda apei și sectoarele cu vegetație palustră densă care îi oferă protecție și resurse trofice optime, turturica se concentrează în sectoarele cu vegetație arborescentă și de tufăriș din proximitatea malurilor. De asemenea, distribuția nagâțului (*Vanellus vanellus*) se observă cu precădere în zonele de mal deschise ale lacurilor. Prezența sporadică a altor specii rare, precum sitarul de mal (*Limosa limosa*), fluierarul cu picioare roșii (*Tringa totanus*) sau rața sulițar (*Anas acuta*), completează diversitatea avifaunei limicole și acvatice din zonă. Un aspect interesant (fig. 6) este situația cioarei de semănătură (*Corvus frugilegus*) care deși ocupă primul loc în ceea ce privește abundența în zona de studiu, este clasificată ca vulnerabilă (VU) în Lista Roșie Europeană fapt ce subliniază importanța conservativă și pentru speciile comune dar care se află în declin. De asemenea, deși observația unei acvile țipătoare mari (*Clanga clanga*) în sectorul de sud al complexului lacustru este unică și poate fi considerată accidentală ea subliniază faptul că situl are potențialul de a atrage și specii rare de răpitori mari aflați în migrație.

Discuții

Importanța sitului pentru speciile amenințate

Poziționarea raței cu cap castaniu pe locul al patrulea în ierarhia abundenței confirmă faptul că poligonul Dănceni-Nimoreni acționează ca un *hotspot* pentru această specie clasificată ca vulnerabilă (VU) la nivel internațional. Într-un context global în care *Aythya ferina* se află în declin sever, prezența sa masivă în poligonul de studiu sugerează că bazinele acvatice din zonă oferă condiții optime pentru acest taxon. Este posibil ca acest fapt să fie datorat și gradului ridicat de eutrofizare a salbei de bazine acvatice din centrul poligonului. Deși chimic este un fenomen negativ acesta generează o biomasă bogată de nevertebrate și vegetație submersă, resurse vitale pentru această rață scufundătoare. De asemenea observațiile repetate ale turturicii, altă specie vulnerabilă la nivel global, indică că nord-vestul poligonului păstrează un mozaic de habitat tradițional favorabil acestei păsări. În ceea ce privește prezența constantă a nagâțului (*Vanellus vanellus*) și mai rar a sitarului de mal (*Limosa limosa*), se evidențiază importanța menținerii zonelor de mal deschise și a pajiștilor umede care reprezintă refugii ecologice funcționale pentru aceste specii ce se confruntă cu pierderea habitatelor la nivel european.

Influența orașului și adaptarea speciilor

Dominanța unor specii precum cioara de semănătură, pescărușul râzător și graurul nu este întâmplătoare această structură reflectând clar proximitatea orașului Chișinău. Aceste păsări dau dovadă de o adaptabilitate remarcabilă folosind poligonul Dănceni-Nimoreni ca loc sigur pentru cuibărit, în timp ce pentru hrană mizează pe zonele urbane din jur, de la parcuri și piețe până la depozitele de deșeuri menajere. Deși prezența masivă a acestor specii pune o presiune constantă asupra ecosistemului analiza structurii comunității sugerează că diversitatea cumulativă a sitului pe parcursul decadei 2015-2025 rămâne totuși ridicată (indicele *Shannon* = 3,15). Astfel, complexul lacustru funcționează ca un sistem tampon cu dublu rol: pe de o parte susține populațiile speciilor adaptate la mediul urban, iar pe de alta oferă micro-habitate protejate pentru speciile mai sensibile. Menținerea echilibrului acestor microhabitate acvatice și terestre permite coexistența stabilă între speciile sinantropice și cele de interes conservativ.

Rolul GBIF în conservarea locală

Utilizarea platformei GBIF a oferit prezentului studiu o perspectivă temporală nefragmentată care a contribuit la completarea structurii avifaunei din zonă în ultima decadă. Cele 44 de specii care apar exclusiv în arhivele digitale reflectă variabilitatea temporală și fenologică a speciilor din poligon. Aceste înregistrări surprind prezențe sporadice, specii aflate în migrație accidentală sau păsări care au putut fi omise în perioadele de monitorizare în teren. Astfel datele colectate din GBIF funcționează ca niște puncte de referință multianuale (*baseline*), permițând compararea observațiilor curente cu tendințele de prezență înregistrate pe parcursul anilor. Integrarea datelor digitale de arhivă subliniază importanța conceptului de *stepping stone* (punct de escală) în conservare. Faptul că numeroase specii de pasaj apar în baza de date, dar nu sunt rezidente confirmă rolul complexului lacustru în menținerea conectivității ecologice la nivel regional. În absența acestui fundament digital evaluarea structurii avifaunistice a sitului ar putea subestima prezența acelor taxoni rari care utilizează poligonul doar în ferestre temporale specifice.

Concluzii

Prezentul studiu scoate în evidență valoarea ecologică a poligonului Dănceni-Nimoreni, confirmând că acesta funcționează ca un *hotspot* de biodiversitate în această zonă periurbană puternic antropizată din centrul Republicii Moldova. Sinteza datelor permite formularea următoarelor concluzii:

1. Identificarea pe parcursul unei decade a 145 specii de păsări repartizate în 18 ordine taxonomice reflectă o complexitate avifaunistică remarcabilă pentru o zonă aflată atât de aproape de oraș. Valoarea ridicată a indicelui de diversitate *Shannon* (3,15) sugerează prezența unor microhabitate capabile să ofere adăpost unei varietăți mari de specii, în ciuda presiunii antropice constante exercitate de vecinătatea Chișinăului.
2. Poligonul reprezintă un punct de supraviețuire pentru specii aflate în declin mondial. Faptul că rața cu cap castaniu ocupă locul al patrulea în ierarhia abundenței alături de prezența constantă a turturicii și a nagâțului sugerează că complexul de lacuri îndeplinește cerințele ecologice ale acestor păsări vulnerabile.
3. Prezența unui amestec de micro-habitate acvatice și terestre în poligonul de studiu funcționează ca un sistem tampon cu dublu rol: susține populațiile speciilor adaptate la mediul urban și oferă adăpost pentru speciile pretențioase.
4. GBIF oferă o rezoluție temporală robustă asupra abundenței speciilor, iar integrarea datelor digitale de arhivă subliniază importanța complexului Dănceni-Nimoreni ca nod de tranzit (*stepping stone*) în rețeaua ecologică a zonei.

Bibliografie:

1. BirdLife International. *European Red List of Birds*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021. <https://datazone.birdlife.org/publications/european-red-list-of-birds>. [Accesat: 12.02.2026].
2. CHENG J, SCHLOERKE B, KARAMBELKAR B, XIE Y, ADEN-BUIE G. leaflet: *Crate Interactive Web Maps with the JavaScript 'Leaflet' Library*, 2025. doi:10.32614/CRAN.package.leaflet, R package version 2.2.3, <https://CRAN.R-project.org/package=leaflet>.
3. DUNNINGTON, D. ggspatial: *Spatial Data Framework for ggplot2*. doi:10.32614/CRAN.package.ggspatial, R package version 1.1.10, 2025. <<https://CRAN.R-project.org/package=ggspatial>>.
4. GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.p98xws> Accessed from R via rgbif (<https://github.com/ropensci/rgbif>) on 2026-02-04.
5. H. WICKHAM. ggplot2: *Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016.
6. NISTREANU, V., SÎTNIC, V., SAVIN, A., LARION, A., GLĂVAN-CARANGHEL, T. Diversitatea păsărilor acvatice din ecosistemele acva-palustre ale lacurilor Dănceni și Nimoreni, r-nul Ialoveni, Republica Moldova. In: *Integrare prin cercetare și inovare.: Științe exacte și ale naturii*, 6-7 noiembrie 2025, Chișinău. Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2025, ȘEN, p. 307-314. ISBN 978-9975-62-687-3. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.59295/spd2025e>.
7. OpenStreetMap contributors. Planet dump retrieved from <https://planet.osm.org>. Copyright and License: Open Data Commons Open Database License (ODbL) by the OpenStreetMap Foundation (OSMF), 2026. <https://www.openstreetmap.org>.
8. PALADI, V., NISTREANU, V., LARION, A., SÎTNIC, V., CALDARI, V., DIBOLSCAIA, N. Diversitatea avifaunei în ecosistemele acvatic-palustre ale lacului Cahul și habitatele adiacente. In: *Starea ecosistemelor acvatice transfrontaliere ale Republicii Moldova*, Ed. 1, 17 octombrie 2025, Chișinău. Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2025, Ediția 2, p. 135-140. ISBN 978-9975-62-940-9.
9. PEBESMA, E. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal*, 2018, 10(1), p. 439-446, <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>.
10. PEBESMA, E., BIVAND, R. *Spatial Data Science: With Applications in R*. Chapman and Hall/CRC. 2023. <https://doi.org/10.1201/9780429459016>.
11. Posit Team. *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Posit Software, PBC, Boston, MA, 2024. <http://www.posit.co/>.
12. QGIS (v. 3.10 A Coruña) Development Team. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project, 2020. URL: <https://qgis.org>.
13. R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2025. <https://www.R-project.org/>.

14. SARGENTINI, C., TOCCI, R., BIMBI, F. Peri-urban wetlands as biodiversity hotspots: the approach study of the waterbird community seasonal variation of Arnovecchio oasis in Florence province (Tuscany). *Avocetta*, 2023, 47, p. 1-11. <https://doi.org/10.30456/avo.2023101>.
15. SLOWIKOWSKI, K. *_ggrepel: Automatically Position Non-Overlapping Text Labels with 'ggplot2'_*. 2024. doi:10.32614/CRAN.package.ggrepel, R package version 0.9.6, <https://CRAN.R-project.org/package=ggrepel>.
16. SOCHIRĂ (VASILAȘCU), N., SÎTNIC, V., GLĂVAN-CARANGHEL, T. Diversitatea speciilor de păsări acvatice din habitatele umede ale municipiului Chișinău. In: *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*, 2025, nr. 3(78), p. 47-53. ISSN 1857-0461. DOI: <https://doi.org/10.52673/18570461.25.3-78.05>
17. WHITTAKER, RH. Dominance and Diversity in Land Plant Communities: Numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. *Science*, 1965 Jan 15;147(3655), p. 250-60. doi: 10.1126/science.147.3655.250. PMID: 17788203.
18. WICKHAM, H., AVERICK, M., BRYAN, J., CHANG, W., MCGOWAN, L.D., et al. Welcome to the tidyverse. In: *Journal of Open Source Software*, 2019, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>.
19. WICKHAM, H., FRANÇOIS, R., HENRY, L., MÜLLER, K., VAUGHAN, D. *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*, 2023. doi:10.32614/CRAN.package.dplyr, R package version 1.1.4, <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.

N. B: Studiul a fost efectuat în cadrul subprogramului 010701 al USM „Evaluarea structurii și funcționării lumii animale și ecosistemelor acvatice sub influența factorilor biotici și abiotici în contextul asigurării securității ecologice și bunăstării populației”.

Date despre autori:

Victor SÎTNIC, Cercetător științific superior, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-0449-1527

E-mail: victor.sitnic@sti.usm.md

Natalia SOCHIRĂ, Cercetător științific coordonator, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0004-6800-6609

E-mail: nataliasochirca232@gmail.com

Victoria NISTREANU, Șef al Laboratorului Vertebrate Terestre, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9726-9684

E-mail: victoria.nistreanu@sti.usm.md

Alina LARION, Cercetător științific superior, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5313-4518

E-mail: alina.larion@sti.usm.md

Teodor GLĂVAN-CARANGHEL, Cercetător științific superior, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0004-5496-2288

E-mail: theodor_glavan@yahoo.com

Prezentat: 02.02.2026

Recenzat: 01.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 577.15:634.11

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_34](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_34)

MODIFICAREA ACTIVITĂȚII PEROXIDAZEI ȘI CATALAZEI ÎN FRUNZELE POMILOR DE MĂR ÎN DEPENDENȚĂ DE CONDIȚIILE DE CREȘTERE ȘI PARTICULARITĂȚILE BIOLOGICE ALE SOIURILOR

**Valentina SVETLICENCO,
Ana POPOVICI,
Alexandru NICUȚĂ,**

Universitatea de Stat din Moldova

Scopul prezentului studiu constă în evaluarea în dinamica perioadei de vegetație a activității enzimelor peroxidaza și catalaza în frunzele pomilor soiurilor de iarnă de măr Golden Spur și Granny Smith. Importanța acestor enzime constă în participarea lor, cu rol diferențiat, la adaptarea și rezistența pomilor la condițiile nefavorabile ale mediului, precum și la procesele de creștere, dezvoltare și fructificare. Valorile activității enzimelor cercetate pe parcursul perioadei de vegetație s-au modificat în funcție de procesele fiziologo-biochimice ce au avut loc în anumite fenofaze de dezvoltare ale pomilor, de condițiile de creștere (temperatura, umiditatea solului, seceta atmosferică etc.), precum și de particularitățile biologice ale soiurilor. În cazul ambelor soiuri activitatea peroxidazei și a catalazei în frunze a fost mai sporită în varianta cu plante crescute în condiții de neirigare.

Cuvinte-cheie: *pomi de măr, soiuri, frunze, peroxidază, catalază, umiditate, stres hidric.*

MODIFICATION OF PEROXIDASE AND CATALASE ACTIVITY IN APPLE TREE LEAVES DEPENDING ON GROWING CONDITIONS AND BIOLOGICAL PARTICULARITIES OF VARIETIES

The aim of this study is to evaluate the dynamics of the activity of the enzymes peroxidase and catalase in the leaves of the winter apple varieties Golden Spur and Granny Smith during the growing season. The importance of these enzymes lies in their participation, with a differentiated role, in the adaptation and resistance of the trees to unfavorable environmental conditions, as well as in the processes of growth, development and fruiting. The values of the enzyme activity investigated during the vegetation period changed depending on the physiological-biochemical processes that took place in certain phenophases of tree development, the growth conditions (temperature, soil moisture, atmospheric drought, etc.), as well as the biological particularities of the varieties. In the case of both varieties, the activity of peroxidase and catalase in the leaves was more increased in the variant with plants grown under non-irrigated conditions.

Keywords: *apple trees, varieties, leaves, peroxidase, catalase, humidity, water stress*

Introducere

Stresurile abiotice cauzate de schimbările climatice, în principal seceta și temperaturile extreme, reduc semnificativ productivitatea globală a culturilor agricole. Aceste stresuri duc la acumularea excesivă de specii reactive de oxigen (SRO), care provoacă deteriorări oxidative și perturbă procesele fiziologice și moleculare din plante [4; 9; 12].

Ca răspuns la stres, se activează mecanisme de protecție: stomatele se închid pentru a reduce transpirația [10, p. 843-867], se acumulează osmolite (prolină, zaharuri) pentru reținerea apei, se sintetizează proteine de stres etc. [6].

Stresul hidric și cel hipotermic determină în organismul vegetal modificări adaptative, orientate spre mobilizarea rezervelor interne și adaptarea la noile condiții. Pentru a suprima dezvoltarea stresului oxidativ, plantele activează sistemul antioxidant enzimatic, care include atât antioxidanți cu masă moleculară mică, cât și enzime specifice [2, p. 50–62; 5, p. 1-26].

Enzimele antioxidante joacă un rol important în adaptarea plantelor agricole la secetă și temperaturi ridicate. Ele asigură neutralizarea excesului de specii reactive de oxigen formate în condiții de stres,

previn deteriorarea membranelor celulare și mențin activitatea metabolică pentru păstrarea viabilității și productivității plantelor [1].

Printre principalele enzime implicate în neutralizarea SRO se numără catalaza și peroxidaza. Catalaza este o enzimă larg răspândită în țesuturile vegetale. Acțiunea sa catalitică constă în descompunerea peroxidului de hidrogen cu eliberarea oxigenului molecular [7, p. 56-59; 11, p. 14-16].

Peroxidaza este una dintre enzimele-cheie implicate în reglarea creșterii, diferențierii și dezvoltării plantelor. Această enzimă participă la formarea pereților celulari, la procesul de respirație a plantelor și la protecția țesuturilor împotriva diferitelor tipuri de leziuni [7, p. 56-59]. Aceasta determină nu numai creșterea și dezvoltarea plantelor, dar și reacția lor antioxidantă de rezistență la fluctuația factorilor nefavorabili de mediu.

Mărul se numără printre cele mai solicitate culturi pomicole. Deficitul de apă și temperaturile ridicate în perioada de vegetație provoacă stres la cultura mărului, ceea ce se manifestă prin căderea ovarelor și a frunzelor, afectarea formării mugurilor de rod și reducerea productivității cu 15–30 %. Plantele suferă în cursul procesului de dereglare a metabolismului, încetinirii creșterii și deshidratării. Toate aceste reacții sunt însoțite de modificări ale proceselor redox, orientate spre menținerea stabilității organismului [1].

Reeșind din cele expuse mai sus, scopul cercetărilor a constat în evaluarea în dinamica perioadei de vegetație a activității enzimelor peroxidaza și catalaza în frunzele pomilor diferitor soiuri de măr cultivați în condiții de irigare și neirigare. Acest fapt ne va ajuta în identificarea rolului acestor enzime în răspunsurile antioxidante și de reducere a stresului plantelor la fluctuația factorilor climatici, ceea ce ar putea servi ca bază pentru elaborarea ulterioară a unor procedee de dirijare direcționată a stării funcționale și optimizare a procesului de producție la pomii fructiferi în contextul schimbărilor climatice.

Materiale și metode

Investigațiile au fost efectuate pe parcursul perioadei de vegetație în cadrul lizimetrelor Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al USM. Ca obiect de studiu au servit pomii a 2 soiuri de iarnă de măr – Granny Smith și Golden Spur, conform schemei:

Nr.	Variante	Efectuarea tratamentelor în perioada de vegetație
		Radicular
1.	Varianta experimentală: plante crescute în condiții de neirigare	La începutul perioadei de vegetație (martie) împrejurul bazei tulpinei pomilor de prun și măr au fost aplicate macroîngrășăminte
2.	Varianta martor: plante crescute în condiții de irigare (umiditatea solului 70 % CCS)	

În dinamica perioadei de vegetație umiditatea solului a fost menținută la nivelul de aproximativ 70 % din capacitatea de câmp a solului. Pentru menținerea nivelului de umiditate a solului în limitele planificate, în jurul trunchiului pomilor a fost instalată o peliculă.

Activitatea enzimei peroxidaza și catalaza în frunze pe parcursul perioadei de vegetație a fost evaluată utilizând metodele propuse de Ермаков, А. [8]; Chance B. și Maehly А. [3]. Prezentarea grafică a datelor a fost executată cu utilizarea softului Microsoft Excel Office 2019.

Rezultate și discuții

În rezultatul cercetărilor efectuate s-a constatat, că activitatea acestor enzime oxido-reducătoare evidențiază particularitățile fiziologice ale proceselor metabolice din frunzele pomilor crescuți atât în condiții de irigare, cât și de neirigare.

La mijlocul lunii mai și la finele primei decade a lunii iunie activitatea enzimei peroxidaza în frunzele pomilor de măr s-a menținut la aproximativ același nivel în cazul ambelor soiuri. Ulterior, în prima decadă a lunii iulie s-a înregistrat o creștere semnificativă a activității acesteia, comparativ cu termenii precedenți. La soiul Golden Spur activitatea peroxidazei în frunze a crescut de 2,5 ori în varianta martor, respectiv de 3 ori în varianta cu plante crescute în condiții de neirigare. Această tendință s-a menținut și la soiul Granny

Smith, cu aproximativ o creștere de 2 ori în cazul ambelor variante. Această creștere poate fi explicată reeșind din particularitățile biologice ale mărului, specie cu pornire mai tardivă în vegetație, precum și condițiile de secetă înregistrate în lunile iulie - august. O sporire mai accentuată a activității peroxidazei în frunze s-a manifestat în perioadele ulterioare. Pe data de 12 august a fost înregistrată o creștere semnificativă a activității peroxidazei, la soiul de măr Golden Spur atestându-se sporirea activității enzimei de 2,8 ori în varianta martor, respectiv de 3,1 ori în varianta cu plante crescute în condiții de neirigare. Legitatea a fost valabilă și în cazul soiului Granny Smith, înregistrându-se o sporire a activității enzimei de 1,2 ori în varianta martor, respectiv 1,4 ori față de termenul precedent în varianta experimentală (fig. 1).

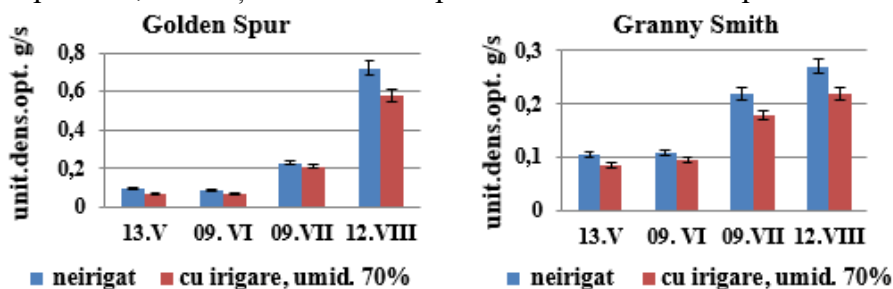


Fig. 1. Activitatea peroxidazei în frunzele pomilor de măr, în dependență de condițiile de creștere și genotip.

Astfel, investigațiile efectuate pe parcursul perioadei de vegetație au relevat o activitate mai înaltă a enzimei peroxidaza în frunzele pomilor cultivați în condiții de neirigare, la soiul Golden Spur cu 9,5-47 %, respectiv Granny Smith cu 14,7-24,7 %, în raport cu cele de pe pomii cultivați în condiții de irigare. Aceste rezultate indică o intensificare a proceselor fiziologo-biochimice și o acumulare mai mare de substanțe oxidative în condiții de insuficiență de umiditate. În condiții optime de creștere (cu irigare, 70 % CCS), procesele metabolice decurg normal, fără acumularea excesivă de compuși oxidanți.

În fenofaza de creștere intensivă a lăstarilor au fost înregistrate valori mai sporite ale activității enzimei catalaza, în raport cu peroxidaza. Rezultatele obținute au arătat (fig. 2), că cea mai sporită activitate a enzimei catalaza în frunze în această perioadă de dezvoltare a pomilor se atestă la soiul de măr Golden Spur – 0,71 $\mu\text{moli/s}$ (varianta martor – 0,61 $\mu\text{moli/s}$) din varianta cu plante crescute în condiții de neirigare. O activitate mai scăzută a enzimei în frunze a fost înregistrată la pomii soiului de măr Granny Smith – 0,57 $\mu\text{moli/s}$ (varianta experimentală – 0,62 $\mu\text{moli/s}$) crescuți în aceleași condiții. Datele obținute confirmă intensitatea sporită a proceselor metabolice ce decurg în această fază de dezvoltare a pomilor. Ulterior, în fenofaza de încetinire și încetare a creșterii lăstarilor s-a înregistrat o activitate semnificativ mai scăzută a enzimei, la soiul Golden Spur cu 28,4-32,8 %, respectiv cu 16-25,4 % în cazul soiului Granny Smith, în dependență de varianta aplicată. De asemenea, de menționat că la începutul fenofazei de maturare a fructelor (13 august) activitatea catalazei a rămas relativ constantă la ambele soiuri (fig. 2).

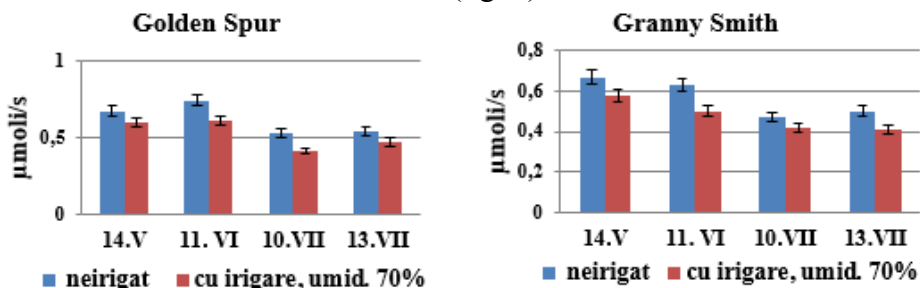


Fig. 2. Activitatea catalazei în frunzele pomilor de măr, în dependență de condițiile de creștere și genotip

Astfel, pe parcursul perioadei de vegetație cea mai înaltă activitate a enzimei catalaza în frunze a fost înregistrată în varianta cu pomi cultivați în condiții de neirigare, cu 11,9-26 % la soiul Golden Spur, respectiv cu 11,9-26 % la soiul Granny Smith, în raport cu cea cu pomi cultivați în condiții optime de creștere (cu irigare).

Deci, atât peroxidaza, cât și catalaza își intensifică activitatea în condiții de creștere cu insuficiență de umiditate, având un rol important în adaptarea pomilor la fluctuația factorilor nefavorabili de mediu.

Analiza generală a rezultatelor relevă o creștere treptată a activității peroxidazei și diminuare progresivă a activității catalazei pe parcursul perioadei de vegetație. Activitatea enzimelor a depins în mare parte și de particularitățile biologice ale soiurilor. În medie, pe perioada de vegetație, frunzele colectate de pe pomii de soiul Golden Spur au prezentat o activitate mai sporită a enzimei peroxidaza (0,23-0,28 unit. dens. opt. g/s), în raport cu cele colectate de pe pomii de soiul Granny Smith. De asemenea, menționăm că soiul Golden Spur s-a caracterizat prin activitate puțin mai sporită în frunze și în cazul enzimei catalaza (0,51-0,62 $\mu\text{moli/s}$).

Putem conchide, că dinamica modificărilor pe parcursul vegetației în activitatea peroxidazei și catalazei reflectă procesele de creștere și dezvoltare ale pomilor de măr. Sporirea activității acestor enzime indică gradul de implicare și importanța lor în procesele metabolice. Totodată, enzimele cercetate îndeplinesc funcții diferențiate și esențiale în procesele metabolice a pomilor de măr, dezvoltând mecanisme de rezistență și adaptare la condiții nefavorabile de mediu, ceea ce contribuie la sporirea productivității pomilor și calității fructelor.

Concluzii

1. Activitatea enzimelor peroxidaza și catalaza în frunzele soiurilor de măr Golden Spur și Granny Smith s-a modificat în dinamica perioadei de vegetație în funcție de procesele fiziologo-biochimice ce au derulat în anumite fenofaze de creștere și dezvoltare ale pomilor, condițiile de creștere (umiditatea solului, temperatura etc.) și particularitățile biologice ale soiurilor.

2. Cercetările efectuate relevă că la pomii ambelor soiuri de măr, crescuți în condiții de neirigare, se înregistrează cea mai înaltă activitate a enzimelor catalaza și peroxidaza în frunze, în raport cu cei crescuți în condiții de irigare (umiditatea solului - 70 % CCS).

3. Cea mai sporită activitate a enzimelor cercetate a fost înregistrată la soiul de măr Golden Spur atât în varianta cu plante crescute în condiții de irigare, cât și de neirigare. În frunzele pomilor de măr de soiul Granny Smith activitatea acestora a fost mai diminuată.

Bibliografie:

1. POPOVICI, A., SVETLICENCO, V., NICUȚA, A., GÎSCA, A. Modificarea activității enzimei catalaza în frunzele pomilor de prun și măr, în dependență de genotip și condițiile de creștere. În: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe Reale și ale Naturii)*. 2025, nr. 1(181), pp. 309-313. ISSN 1814-32-37.
2. ȘTEFÎRȚĂ, A., ALUCHI, N. și al. Antrenarea enzimelor peroxidice în protecția antioxidantivă a plantelor în condiții de secetă. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2011, nr. 1 (313), pp.50-62. ISSN 1857-064X.
3. CHANCE, B., MAEHLY, A. Assay of catalase and peroxidase. In: *Methods in Enzymology*, 1955, vol. 2, p.764-775. ISSN 0076 -6879.
4. RAZA, A. et. al. Role of plant peroxisomal catalase in temperature and drought stress: Physio-biochemical and molecular perspectives. In: *Plant Physiology and Biochemistry*. 2025, vol. 229, Part D, 110730. ISSN 1873-2690 (online).
5. SHARMA, P., JHA, A.B., DUBEI, R.S., RESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. In: *Jurnal of botany*. 2012, Article ID 217037, p. 1- 26. ISSN 2090-0120 (print). ISSN 2090-0139 (online).
6. АЛЕХИНА, Н. Д., БАЛНОКИН, Ю. В., ГАВРИЛЕНКО, В. Ф. и др. *Физиология растений*. Москва: Академия, 2005. 640 с.
7. ВОСКРЕСЕНСКАЯ, О. Л., САРБАЕВА, Е. В., СТАРИКОВА, Е. А. Изменение активности антиоксидантных ферментов у интродуцированных хвойных растений в условиях городской среды. В: *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015, с. 56-59. Доступно: DOI 10.18286/1816-4501-2015-2-56-59 [Просмотрено: 17.02.2026].
8. ЕРМАКОВ, А. И. и др. *Методы биохимического исследования растений*. Ленинград: Агропромиздат, 1987, 430 с.

9. КОШКИН, Е. И. *Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур*. Москва: Дрофа, 2010. 638 с. ISBN 978-5-358-07798-0.
10. ЛАСТОЧКИНА, О. В. Адаптация и устойчивость растений пшеницы к засухе, опосредованная природными регуляторами роста *Bacillus* SPP.: механизмы реализации и практическая значимость (обзор). В: *Сельскохозяйственная биология*. 2021, том 56, №5, с. 843-867. ISSN 0131-6397.
11. МАЗЕЦ, Ж. Э., СУДЕЙНАЯ, С. В., ГРИЦКЕВИЧ, Е. Р. *Практикум по физиологии растений*. Часть II. Учебно-методическое пособие. Минск: БГПУ, 2010, с. 14-16. ISBN 978-985-541-011-0.
12. МУРАШЕВ, С. В., ГОНЧАРОВА, Э. Г., БОБКО, А. Л. Ферментативная активность в тканях растений в состоянии покоя и её связь с продуктивностью и хранением запасовых органов в охлаждённом состоянии. В: *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2013, т. 15, № 3 (5), с. 1670-1672. ISSN 1990-5378.

N. B.: Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011101 „Abordări genetice și biotehnologice de management al agroecosistemelor în condițiile schimbărilor climatice”, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării.

Date despre autori:

Valentina SVETLICENCO, cercetător științific în biologie, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-7376-949X

E-mail: valentina.svetlicenco@sti.usm.md

Ana POPOVICI, cercetător științific în biologie, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0000-9543-0625

E-mail: ana.popovici@sti.usm.md

Alexandru NICUȚĂ, doctor în științe biologice, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-3964-130X

E-mail: alexandru.nicuta@sti.usm.md

Prezentat: 27.02.2026

Recenzat: 20.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 581.162.41:634.22

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_35](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_35)

VIABILITATEA ȘI CAPACITATEA DE GERMINARE A POLENULUI LA SOIURILE DE PRUN

Alina GÎSCĂ,

Universitatea de Stat din Moldova

Cercetările privind viabilitatea și capacitatea de germinare a polenului au o importanță practică legată de cantitatea și calitatea recoltei predictibile în condiții optime de polenizare a soiurilor de prun, și o valență teoretică corelată cu potențialul lor utilizare ca genitori în lucrările de ameliorare. Scopul acestei lucrări este evaluarea fertilității, viabilității și a capacității de germinare a polenului la unele soiuri tardive de prun de origine autohtonă (Udlinionnaia, Super Prezident) și de selecție străină (President, Stanley). În urma cercetărilor efectuate putem constata că soiurile de prun au avut o capacitate de germinare a polenului de peste 25% ceea ce este considerat un prag pentru o germinare satisfăcătoare pentru această specie. Astfel soiurile studiate sunt caracterizate prin rate bune de germinare a polenului, inclusiv în condiții de insuficiență de umiditate (35%).

Cuvinte-cheie: soiuri, prun, fertilitate, polen, viabilitate, germinare.

VIABILITY AND GERMINATION CAPACITY OF POLLEN IN PLUM VARIETIES

Research on pollen viability and germination capacity has a practical importance related to the quantity and quality of the predictable harvest under optimal pollination conditions of plum varieties, and a theoretical value correlated with their potential use as parents in breeding work. The purpose of this work is to evaluate the fertility, viability and germination capacity of pollen in some late plum varieties of local origin (Udlinionnaia, Super Prezident) and foreign selection (President, Stanley). As a result of the research carried out, we can conclude that the plum varieties had a pollen germination capacity of over 25%, which is considered a threshold for satisfactory germination for this species. Thus, the studied varieties are characterized by good pollen germination rates, including in conditions of insufficient humidity (35%).

Keywords: varieties, plum, fertility, pollen, viability, germination.

Introducere

Prunul include un grup mare și divers de specii de *Prunus* strâns înrudite din familia Rosaceae, având un strămoș comun presupus originar de aproximativ 31 milioane de ani [5, 12] și prezentând o gamă largă de variații în ceea ce privește dimensiunea și forma fructelor, aroma, textura și culoarea, cu o varietate mai mare decât în orice altă cultură pomicolă [11], cu utilizări pentru consum direct și procesare. Prunele din Republica Moldova se bucură de o cerere tot mai mare, atât pe piața internă, cât și pentru export. Acestea ocupă locul doi în topul celor mai exportate fructe din Moldova. În ultimii ani, prunele au cucerit piețe noi, cum ar fi: Italia, Croația, Austria, Germania, Polonia. Pe lângă exporturile de prune proaspete, Moldova se poziționează ca un producător important de prune uscate. Atât prunele proaspete, cât și cele uscate au înregistrat în ultimii ani o creștere dublă a exporturilor. Moldova cultivă mai multe soiuri de prune. Soiurile Kabardinka, Stanley și President sunt cele mai solicitate de cumpărători. Fructele sunt folosite în mare parte proaspete, dar sunt procesate și sub formă de gem, marmeladă și brandy. Prunele au un gust delicios și sunt bogate în substanțe biologice active.

Viabilitatea polenului joacă un rol important în polenizare [8]. Polenizarea și fecundarea reprezintă două procese importante în fructificarea pomilor. Acestea implică transportul grăuncioarelor de polen matur de la antere pe stigmatul florii și apoi germinarea lor concomitent cu pătrunderea tubului polinic în sacul embrionar și ovulul matur. Polenizarea la speciile pomicole se realizează diferențiat cu polen propriu la cele auto-game sau cu polen străin la cele alogame. Totodată polenizarea este selectivă, cea încrucișată fiind preferată pentru plusul de siguranță la fecundare și legarea fructelor. Un rol important în desfășurarea în condiții optime a celor două fenomene îl au viabilitatea și capacitatea de germinare a polenului, care sunt variabile

în funcție de specie și soi, fiind influențate mult și de condițiile climatice ale anului (Cociu și al., 1997; Budan și Grădinariu, 2000; Braniște și al., 2004; Butac, 2004) [3]. Legarea fructelor la speciile de *Prunus* depinde de polenizare și fertilizare (Deng și colab., 2022) [7]. În funcție de capacitatea de germinare a polenului se apreciază și procentul de legare a fructelor care, atunci când depășește 10 – 15% din numărul florilor, asigură o recoltă normală de fructe. Fertilizarea reușită depinde de viabilitatea polenului, receptivitatea stigmatului, interacțiunea dintre polen și pistil și sincronia dintre creșterea tubului polenic și viabilitatea ovulelor. Acești parametri sunt influențați prioritar de temperatură. Hedhly și colab. (2005) raportează că o temperatură mai ridicată accelerează creșterea tubului polenic și grăbește degenerarea ovulelor. Legarea finală a fructelor este determinată de perioada efectivă de polenizare (EPP), care variază în funcție de temperatură. De menționat este și faptul că fecundarea și legarea fructelor sunt condiționate și de compatibilitatea soiurilor, întrucât există și grupe de incompatibilitate de tip gametofitic sau sporofitic, total sau parțial [6].

Material și metoda de lucru

În perioada anului 2025 s-a studiat viabilitatea și capacitatea de germinare a polenului la patru soiuri de prun crescute în lizimetrele IGFPP al USM. Pomii au fost menținuți în condiții optime de umiditate a solului – 75% (variantea martor) și umiditate scăzută – 35% (variantea experimentală).

La prun, determinările s-au efectuat la soiurile Stanley, Udlinionnaia, President și Super Prezident [2]. Pentru determinarea viabilității și a germinației polenului s-au recoltat din butonii floralii, s-au extras anterele în vase Petrii, s-au etichetat și pus la uscat la temperatura de 22 – 24°C. După 36 – 48 ore, anterele au crăpat și au eliminat polenul. Capacitatea de germinare a polenului a fost determinată „*in vitro*” prin cultivarea pe mediu nutritiv solid (10% zaharoză, 1,5 g agar-agar, 0,01 g acid boric la 100 ml apă distilată), în condiții de laborator (temperatură de 18 – 20°C și umiditate relativă de 70 – 90%). Determinarea viabilității polenului s-a realizat folosind metoda de colorare cu carmină-acetică prin care polenul fertil se colorează în roșu, iar polenul steril se colorează în roz pal sau rămâne incolor (Cociu, Oprea, 1989; Botu, 1997). Citirea preparatelor s-a efectuat la microscopul fonic Bipolar (prin transmisie); [4, 10, 1].

Rezultate și discuții

Cercetările au fost efectuate în perioada 02 - 18 aprilie a anului 2025 cu soiurile de selecție locală și străină cultivate în lizimetrele Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor. În apropierea sectorului experimental se află stația meteorologică de la care s-au preluat toate datele despre condițiile de mediu. Temperaturile medii zilnice în timpul înfloririi complete pentru toate soiurile sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Temperaturile aerului în timpul înfloririi

Aprilie 2025	02.04	03.04	04.05	05.04	06.04	07.04	08.04	09.04	10.04	11.04	12.04	13.04	14.04	15.04	16.04	17.04	18.04
T m (°C)	+9,4	+10,3	+12,6	+11,9	+2,6	-0,2	+2	+0,7	+0,3	+0,9	+5,7	+9,2	+8,3	+8,5	+12,4	+13,5	+13,9
T max (°C)	+12,0	+12,0	+17,0	+20,0	+7,0	+2,9	-1,9	+3,1	+6,0	+5,4	+11,1	+14,6	+14,9	+13,6	+19,0	+19,5	+19,9
T min (°C)	+6,0	+9,0	+9,0	+6,0	-1,0	-2,8	+5,6	-1,3	-2,3	-3,9	-0,7	+5,1	+3,0	+2,3	+7,7	+7,4	+7,7
P (mm)	758,2	761,3	761,5	752,5	753,6	762,3	764,5	763,6	757,4	756,9	760,9	765,1	768,5	768,7	769,4	768,8	764,6
Umid. rel. a aerului %	83	82/62	63/39	69	76/49	58	59	69	72	58	57	57	61	68	50	61	54

Conform datelor înregistrate, temperaturile minime și maxime medii zilnice au variat de la minus 2,8°C la +20°C în anul de cercetare. Toate cele 4 soiuri analizate au înflorit în aprilie. Cea mai timpurie înflorire a fost înregistrată la soiul Super Prezident, urmat de President, Stanley, pe când cea mai târzie înflorire a fost înregistrată la soiul Udlinionnaia. Perioada medie de înflorire a variat de la 7 (Super Prezident) la 10 zile (Stanley). Soiurile Super Prezident și President, au înflorit pe 1 aprilie în primul an 2024, în timp ce Stanley și Udlinionnaia au înflorit din 5 aprilie. Înflorirea s-a încheiat între 10 aprilie și 15 aprilie. În al doilea an 2025, începutul înfloririi a avut loc pe 2 aprilie, soiul Super Prezident, pe 7 aprilie President și, respectiv, pe 10-14 aprilie soiurile Stanley și Udlinionnaia. Durata medie a înfloririi pe an a fost de 10 și, respectiv, 12 zile. Perioada de înflorire completă a durat, în medie, 3 și, respectiv, 7 zile.

Condițiile climatice din perioada de înflorire (02.04-3.05) au fost termic favorabile, cu excepția unor date (07-08.04.), când temperaturile medii s-au situat între -0,2°C și +12°C, temperatura maximă absolută a fost de 20°C (pe 5 aprilie), iar temperatura minimă absolută a fost de -2,8°C (pe 7 aprilie) (tab.1). Umiditatea relativă a aerului în aceeași perioadă a avut valori între 50 - 80% (tab.1). În perioada 14-21 aprilie, pe parcursul a 8 zile consecutive au căzut precipitații, valorile fiind între 1,2 - 13,2 mm. Precipitațiile din această perioadă au fost nefavorabile pentru polenizare și fecundare, cu influență negativă asupra germinării polenului și asupra agenților polenizatori zburători.

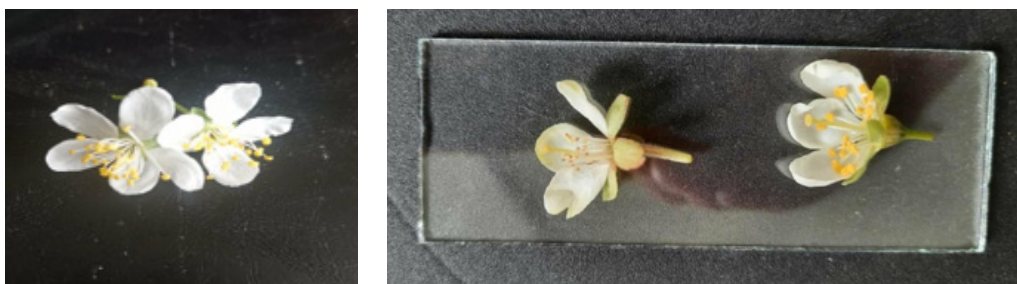
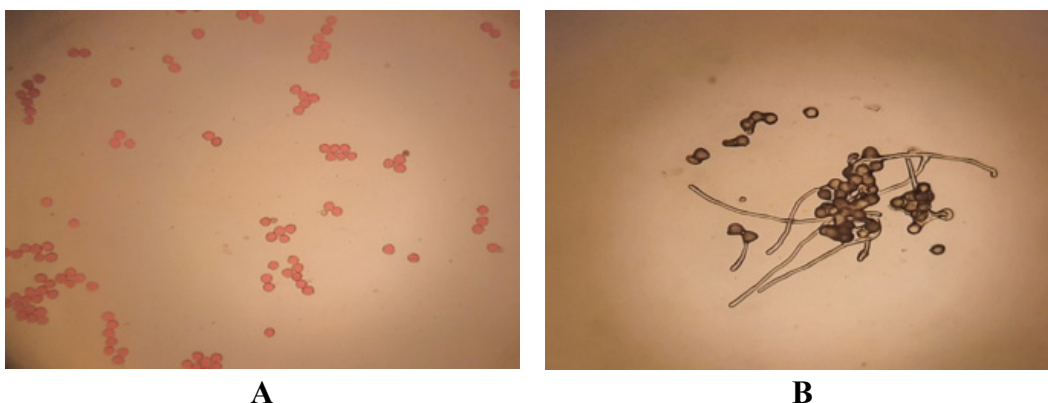


Figura 1. Aspectul florilor de prun la faza BBCH67, înflorire completă

Fenologia înfloririi a fost evaluată conform scalei internaționale (fig. 1) BBCH pentru fructe sâmburoase (Meier, 2018): începutul înfloririi (10% din flori deschise, BBCH 61), înflorirea completă (50% din flori deschise, BBCH 65) și sfârșitul înfloririi (majoritatea petalelor căzuseră, BBCH 67). Înflorirea a fost evaluată la fiecare 2-3 zile la 3-5 pomi per soi [9].

Capacitatea de germinare la prun a fost diferită de la soi la soi, dar și în funcție de varianta experimentală analizată, valorile înregistrate fiind cuprinse între 32,5% (President) și 57% (Stanley).

Dintre soiurile luate în studiu s-au remarcat prin valori ridicate ale capacității de germinare a polenului, soiul Stanley (57%). Procentul de viabilitate a polenului la soiurile de prun luate în studiu a avut valori mari (peste 90% la toate soiurile studiate) (Tabel 2). O influență mare asupra viabilității și capacității de germinare a polenului o are influența factorilor climatici. Astfel în perioada când a avut loc înflorirea la soiul Super prezident și President s-au înregistrat temperaturi de -2,8 °C, ceea ce a influențat negativ asupra acestor indici.



A

B

Figura 2. Aspectul macroscopic al polenul viabil (A) și germinat (B) la soiul de prun Stanley

Aceste modele sugerează niveluri diferite de rezistență la schimbările de mediu, evidențiind în continuare interacțiunile complexe dintre dinamica polenizării și temperatură. Polenizarea și temperatura sunt factori predominanți care afectează faza progamică a reproducerii sexuate a plantelor. Având în vedere schimbările climatice și creșterea temperaturilor, sunt necesare noi cunoștințe pentru a încuraja programele de ameliorare a speciilor fructifere pentru a dezvolta soiuri adaptate la aceste schimbări, precum și pentru a găsi cele mai bune relații de compatibilitate, cu scopul de a obține o calitate și un randament ridicat al fructelor.

Tabelul 2. Capacitatea de germinare și viabilitatea polenului la prun

Nr. Crt.	Soiul Varianta	Proveniența	Fertilitate/ Viabilitate polen %	Capacitatea de germinare a polenului %	Coeficientul de variație	Abaterea standard
1	Stanley martor	SUA	91,5	57	7,347	4,16
	Stanley experiment	SUA	87,5	52	25,774	13,31
2	President martor	Anglia	96,5	39	3,626	1,414
	President experiment	Anglia	93,5	32,5	15,23	4,949
3	Superprezident martor	R. Moldova	96,5	36	26,49	9,539
	Superprezident experiment	R. Moldova	95,5	34,6	3,33	1,154
4	Udlinionnaia	R. Moldova	Soi androsteril			

În cazul analizei situației dintre variantele luate în cercetare am înregistrat că viabilitatea polenului la soiul Stanley este cu 4,57% mai mică decât martorul, aceeași tendință a fost observată și la celelalte soiuri. O diferență mai semnificativă a fost observată în cazul germinării polenului la soiul President, fiind cu 20% mai mică decât martorul, urmat de soiul Stanley cu 9,67% și soiul Super Prezident cu 4,05%.

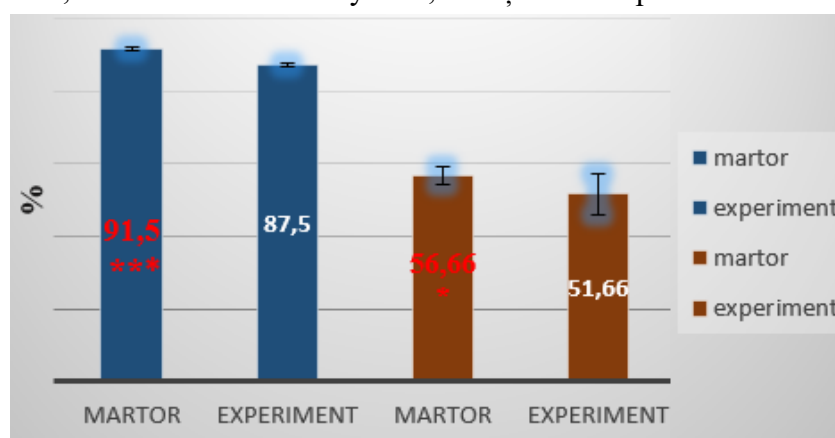


Figura 3. Viabilitatea si capacitatea de germinare a polenului la soiul de prun Stanley

Din aceste date rezultă că insuficiența de umiditate are influență asupra acestor indici, de asemenea rezultatele depind și de particularitățile biologice ale fiecărui soi în parte. Astfel, în urma evaluărilor efectuate s-au remarcat printr-o capacitate bună de germinare a polenului soiurile: Stanley și President. Valorile scăzute înregistrate la soiul Super Prezident (3,46%), pot fi determinate de influența factorilor abiotici (precipitațiile continue din perioada de înflorire și temperatura minimă absolută de -2,8°C în aer din perioada de repaus vegetativ asupra capacității de germinare a polenului.



Figura 4. Aspectul florii (A) și anterelor (B) la soiul androsteril Udlinionnaia

Legarea inițială a fructelor a fost determinată la 3-4 săptămâni pe 3-4 ramuri per pom. Procentul de legare a fructelor a fost calculat prin raportarea numărului de fructe (inițiale) la numărul total de flori. Soiul Udlinionnaia cu 57 %, a avut cea mai bună legare a fructelor, ceea ce constituie 57%, urmat de soiurile Stanley și Super Prezident câte 55% și President -54% [6].

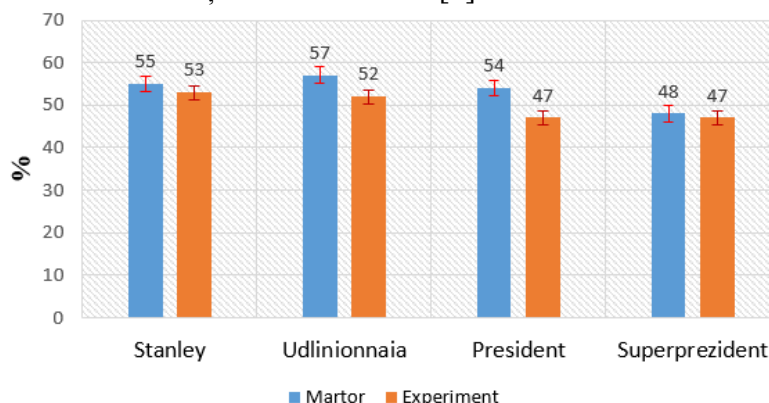


Figura 5. Procentul de legare a fructelor la soiurile de prun

Valorile acestui indice sunt influențate de gradul de înflorire al soiurilor, numărul de flori afectate de îngheț, poziția ramurilor în coroană, condițiile climatice din perioada de înflorire sau prezența albinelor pentru polenizare etc. (Istrate, 1998). Conform unor autori, soiurile de prun cu productivitate ridicată prezintă un procent de legare a fructelor de minim 30-35 % determinat la 25-30 de zile după căderea petalelor [9]. În cercetările noastre viabilitatea polenului a fost procentual mai mare decât capacitatea de germinare pentru toate soiurile studiate, rezultat similar cu informațiile din literatura de specialitate (Ganeshan, 1989).

La speciile de pomi fructiferi, capacitatea de germinare și rata de creștere a tubului polinic sunt cele mai importante caracteristici pentru evaluarea calității polenului, deoarece pentru o fertilizare eficientă este necesară o capacitate de germinare mare pentru polen și o rată de creștere mare pentru tubul polinic. Acest fapt a fost constatat de numeroase cercetări care au arătat că, de cele mai multe ori, capacitatea de germinare a polenului și condițiile de mediu din perioada de înflorire au determinat gradul de legare a fructelor (Beppu et al., 2005).

Concluzii

1. În urma cercetărilor efectuate putem constata că soiurile de prun Super Prezident, President, Stanley și Udlinionnaia au avut o capacitate de germinare a polenului de peste 25% ceea ce este considerat un prag pentru o germinare satisfăcătoare pentru această specie. Astfel soiurile studiate sunt caracterizate prin rate bune de germinare a polenului, inclusiv în condiții de insuficiență de umiditate (35%).

2. Studiul realizat a scos în evidență că viabilitatea și capacitatea de germinare a polenului depind de particularitățile biologice ale fiecărei specii în parte și influența condițiilor meteorologice din timpul înfloririi.

3. Variabilitatea capacității de germinare „in vitro” a polenului este generată atât de diferențele de ordine genetică dintre soiurile studiate, cât și de efectul negativ al factorilor ambientali.

Bibliografie:

1. BOTU I., BOTU M., 1997. *Metode și tehnici de cercetare în pomicultură*. Ed. Conphys, pg. 100 –104.
2. *Catalogul soiurilor de plante al Republicii Moldova pentru anul 2025*. – Chișinău, 2025. - p. 71-72.
3. COCIU V., BOTU I., MINOIU N., PASC I., MODORAN I., 1997. *Prunul*. Ed. Conphys, pg. 75 – 82.
4. COCIU V., OPREA 1989. *Metode de cercetare în ameliorarea plantelor pomicole*. Cluj – Napoca: Dacia. 1989. 173 p.
5. CHIN, S.W., SHAW, J., HABERLE, R., WEN, J., POTTER, D. Diversification of almonds, peaches, plums and cherries—Molecular systematics and biogeographic history of *Prunus* (Rosaceae). In: *Molecular Phylogenetics and Evolution* 2014, 76, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.02.024>
6. DARDEVIC M., CEROVIC R., GLISIC I., MILOSEVIC N., RADICEVIC S., MARIC S., LUKIC M. Self-compatibility in plum cultivars released from a breeding program in Serbia, In: *Scientia Horticulturae*, vol. 350 2025, 114332, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.114332>.
7. DENG L., WANG T., J. HU, X. YANG, Y. YAO, Z. JIN, Z. HUANG, G. SUN, B. XIONG, L. LIAO, Z. WANG. Effects of pollen sources on fruit set and fruit characteristics of ‘Fengtangli’ Plum (*Prunus salicina* Lindl.) based on microscopic and transcriptomic analysis. In: *International Journal of Molecular Sciences*, 2022, 23 (21), 12959, 10.3390/ijms232112959.
8. LIAUDANSKAS, M., OKULEVIČIŪTĖ, R., LANAUSKAS, J., KVIKLYS, D., ZYMONĖ, K., RENDYUK, T., ŽVIKAS, V., USELIS, N., JANULIS, V. Variability in the content of phenolic compounds in plum fruit. In: *Plants*, 2020, 9(11):1611. <https://doi.org/10.3390/plants9111611>.
9. MEIER U., *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants BBCH Monograph* (2nd edn), Julius Kühn-Institut, Quedlinburg, Germany (2018), pp. 1-204. 10.5073/20180906-074619 ISBN: 978-3-95547-071-5
10. RĂDULESCU-MITROIU N. 1976. *Embriologie vegetală*. Editura Universității din București. 299 p.
11. SOTTILE F., CALTAGIRONE C., GIACALONE G., CRISTIANA P. Unlocking plum genetic potential: Where are we at? In: *Horticulturae*, 2022, 8 (2): 128. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020128>
12. XIANG, Y., HUANG, C.H., HU, Y., WEN, J., LI, S., YI, T., CHEN, H., XIANG, J., MA, H. Evolution of rosaceae fruit types based on nuclear phylogeny in the context of geological times and genome duplication. In: *Molecular Biology and Evolution*, 2017, 34, 262–281. <https://doi.org/10.1093/molbev/msw242>

N. B.: Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011101 „Abordări genetice și biotehnologice de management al agroecosistemelor în condițiile schimbărilor climatice” și al Proiectului de doctorat cu tema „Adaptarea cito-fiziologică a pomilor de prun la factorii ambientali și impactul asupra productivității”, finanțate de Ministerul Educației și Cercetării.

Date despre autor:

Alina GÎSCĂ, cercetător științific, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0001-8770-673X

E-mail: alina.gisca@sti.usm.md

Prezentat: 25.02.2026

Recenzat: 20.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 504.5:712(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_36](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_36)

LICHENODIVERSITATEA – ECO-BIOINDICATOR AL POLUĂRII ATMOSFERICE CU SO_x DIN UNELE SPAȚII VERZI URBANE ALE REPUBLICII MOLDOVA

Valeriu BRAȘOVEANU,
Ala DONICA,

Universitatea de Stat din Moldova

Scopul acestui studiu constă în evaluarea și aprecierea impactului poluării atmosferice cu SO_x asupra unor ecosisteme urbane din Republica Moldova. Prin analiza datelor naționale ale emisiilor/depunerilor poluanților atmosferici, modelărilor EMEP privind depunerile atmosferice transfrontaliere de SO_x și aplicarea lichenoindicației a fost analizat impactul depunerilor de SO_x asupra spațiilor verzi urbane și asupra stabilității structurale și funcționalității lor. În final, atât metoda lichenoindicației, cât și modelările EMEP, atestă că majoritatea ecosistemelor urbane studiate posedă o stabilitate structurală și o funcționalitate fragilă, iar capacitatea lor de a reduce efectele poluării atmosferice, de conservare a biodiversității și de reglare a serviciilor ecosistemice va fi dependentă de impactul transfrontalier și efectele schimbărilor climatice.

Cuvinte-cheie: poluare atmosferică, emisii, SO_x, lichenoindicație, spații verzi urbane, ecosisteme urbane.

LICHEN DIVERSITY AS ECO-BIOINDICATORS OF SO_x AIR POLLUTION IN SOME URBAN GREEN SPACES OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

The purpose of this study is to evaluate and assess the impact of SO_x air pollution on some urban ecosystems in the Republic of Moldova. By analyzing national data on emissions/depositions of air pollutants, EMEP modeling on transboundary atmospheric SO_x depositions and applying bioindication (lichen indication) was analyzed the impact of SO_x depositions on urban green species and on their structural stability and functionality. Finally, both the lichen indication method and EMEP modeling, attest that most of the studied urban ecosystems have a fragile structural stability and functionality, and their capacity to reduce the air pollution effects, conserve biodiversity and regulate ecosystem services will be dependent on the transboundary impact and the climate change effects.

Keywords: atmospheric pollution, emissions, SO_x, lichen indication, urban green spaces, urban ecosystems.

Introducere

Poluanții atmosferici, pe lângă faptul că afectează sănătatea oamenilor, sunt și unul dintre principalele motive pentru pierderea biodiversității, în special, în zonele urbane. Aceștia reduc capacitatea ecosistemelor de a furniza servicii și perturbă funcționalitatea lor. Conform Agenției Europene de Mediu (2025) [1], la nivel European, deși, emisiile principalilor poluanți atmosferici au scăzut în ultimele decenii, nivelurile de poluare a aerului din Europa nu sunt, încă, sigure. Impactul asupra sănătății oamenilor, asupra funcționalității ecosistemelor naturale, rolul vegetației forestiere în purificarea aerului atmosferic, sunt unele din argumentele privind importanța evaluării impactului poluanților atmosferici în studiile noastre. Cu atât mai mult, emisiile principalilor poluanți în aer (PPM, NO_x, SO_x) proveniți din activitățile extractive europene au scăzut într-un ritm mai lent între 2010 și 2024, comparativ cu deceniile anterioare (1990-2010) și înregistrează o ușoară creștere pentru toți poluanții după anul 2020 [1]. O atenționare este că, în condițiile actuale, impactul poluanților este mai puternic atunci când aceștia acționează în sinergism cu schimbările climatice [25].

De menționat este faptul că gazele acide, cum ar fi SO_x și NO_x, sunt considerate principalii factori implicați în afectarea negativă a coronamentului arborilor și de creștere a acidității solului [26]. În literatură [7] este menționat că efectele sulfului se manifestă prin tamponarea cationilor bazici nutritivi și prin acidifiere. În același timp, prin acidifierea solului este favorizată și accelerată mobilitatea metalelor grele, acumulate în sol datorită depunerilor atmosferice. În cele din urmă, în baza angajamentelor impuse de Convenția

LRTAP (Geneva, 1979) și de legislația Uniunii Europene (UE), a început reglementarea reducerii emisiilor de sulf. Ca urmare, emisiile SO_x , actualmente, în multe țări puternic industrializate sunt considerabil mai mici decât acum 30 de ani [24, 18, 11].

Aprecierea impactului ionilor poluanți atmosferici asupra ecosistemelor forestiere reprezintă unul din principalele obiective de cercetare științifică fundamentale la nivel european [24, 18, 11]. Astfel, pe lângă analiza și monitorizarea directă a emisiilor/depunerilor poluanților atmosferici, pe lângă modelările digitale privind răspândirea poluanților, o atenție deosebită este atrasă și utilizării biomonitoringului. Bioindicatorii oferă informații atât despre cantitatea și calitatea de poluanți, cât și despre efectul poluanților asupra stării acestora [2, 3, 4].

Astfel, pentru monitorizarea poluării atmosferice a ecosistemelor forestiere, un șir de state au pus în aplicare largă metoda ecobioindicației. Această metodă se bazează pe studiul unor specii și comunități de organisme, sensibile la schimbarea condițiilor de mediu, sau cu particularități cumulative, îndeosebi a poluanților chimici. Cei mai cunoscuți bioindicatori ai calității aerului sunt lichenii, utilizați cu succes în monitoringul ecologic din multe state ale lumii [3, 4, 5, 6, 9]. Lichenii sunt extrem de sensibili la condițiile de stres ale mediului, în special, privind poluarea atmosferică, eutrofizarea și schimbările climatice [2, 6]. Un alt aspect menționat în literatură [2, 6] este că lichenii reacționează relativ rapid la deteriorarea calității aerului și pot recoloniza mediile urbane și industriale ca o consecință a îmbunătățirii condițiilor, în decurs de câțiva ani, așa cum s-a înregistrat în multe părți ale Europei.

Importanța lichenilor în domeniul monitoringului de mediu, este redată și prin faptul utilizării lor în programe internaționale și europene de monitoring a poluării/calității aerului. În cadrul Convenției de la Geneva (1979), lichenii au fost propuși pentru definirea/revizuirea nivelurilor și încărcărilor critice ale poluanților atmosferici pentru diferite tipuri de ecosisteme sensibile [19]. Programul internațional de supraveghere pe scară largă a efectelor poluării aerului asupra pădurii – ICP Forests, trasează unul dintre obiectivele de bază – evaluarea lichenilor, prin monitorizarea diversității specifice și a modificărilor acestora în scopul facilitării supravegherii și evaluării stării pădurilor în Europa [21].

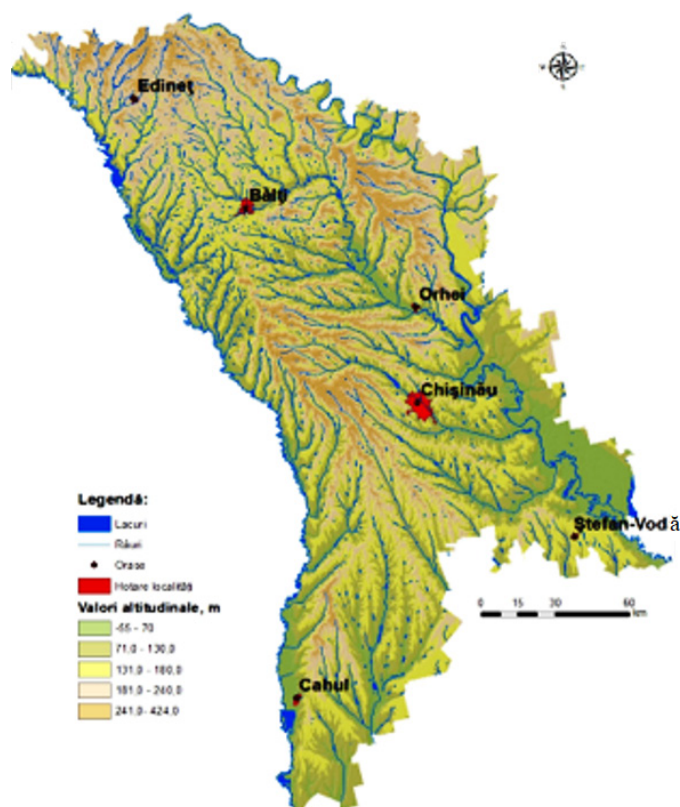


Figura 1. Schema amplasării obiectelor de studii

În Republica Moldova, ample cercetări, privind rolul bioindicator al lichenilor, sensibilitatea acestora la poluarea mediului aerian cu SO_2 , NO_x și MG sunt redată prin lucrările dr. hab. Begu A., începând cu anul 2001 [3, 4, 5, 6, 9]. Ținând cont de similitudinea condițiilor geografice și rezultatele testărilor proprii, prin transplantare și studii în teren, a elaborat Gradații de Evaluare a Calității Aerului la poluarea aerului cu SO_2 în ecosistemele forestiere și urbane, bazate pe abundența/acoperirea reală a indicatorului, gradul de toxicitate și coraportul dintre diferite specii bioindicatoare și a demonstrat, experimental, faptul că la baza construirii teoriei generale a bioindicației, trebuie să fie pus principiul sistemic (holistic).

Reeșind din obiectivele cercetărilor noastre din cadrul Proiectului 25.80012.7007.24SE “Fundamente pentru orașe verzi, sănătoase și reziliente - Evaluarea complexă, protecția și promovarea sustenabilității biodiversității spațiilor verzi urbane - sanogene în contextul modificărilor de mediu, inclusiv a schimbărilor climatice”, în aceste studii vom axa pe evaluarea și interpretarea datelor privind poluarea atmosferică cu SO_x și corelarea cu

lichenodiversitatea unor spații verzi urbane din Republica Moldova. Prin aplicarea lichenindicației vom putea concluziona asupra rezilienței ecosistemelor urbane către impactul antropic. De asemenea, vom putea

aprecia valența ecologică și toxitoleranța speciilor edificatoare de arbori din spațiile verzi ale Republicii Moldova, a capacității de reducere a poluării atmosferice, de conservare a biodiversității și de reglare a serviciilor ecosistemice în sporirea efectelor sanogene pentru locuitorii orașelor.

Metode și materiale aplicate

Pentru a atinge obiectivele trasate au fost studiate spații verzi urbane din 6 urbe (Fig. 1) amplasate în trei zone ale țării: regiunea de nord (mun. Edineț – Grădina Publică „V. Alecsandri” și mun. Bălți – Parcul „M. Volontir” și Parcul „Victoria”); regiunea de centru (mun. Orhei – Parcul „Ivanos” și „Grădina Publică Orhei”; mun. Chișinău – Parcul „Alunelul”) și regiunea de sud-vest/sud-est (mun. Cahul – Parcul „Grigore Vieru” și Parcul „Veteranilor”; or. Ștefan Vodă – parcul „Kizil”, Parcul „Mihai Eminescu” și Pădurea-Parc „Ion Palancean”). Obiectele de studiu sunt caracterizate printr-o compoziție dendrologică dominată de speciile de arțar (*Acer spp.*), tei (*Tilia spp.*), frasin (*Fraxinus excelsior*), ulm (*Ulmus spp.*), salcie (*Salix spp.*), pinul negru (*Pinus nigra*), pinul de pădure (*Pinus sylvestris*), salcâm (*Robinia pseudoacacia*), jugastru (*Acer campestre*), stejar (*Quercus spp.*).

Analiza și evaluarea impactului poluării atmosferice este efectuată conform metodologiilor recomandate de programele internaționale: ICP Forests (2010) [27]; ICP IM (2000) [15]; EMEP (2001) [12, 22, 23, 13]. Conform modelărilor EMEP/MS-CW (2025) [23], este analizată și utilizată informația științifică privind dinamica emisiilor și depunerilor de poluanți din Republica Moldova, analiza cantitativă și calitativă a noxelor transfrontaliere de SO_x . La fel, este utilizată informația privind sursele locale de poluare, fixe și mobile, care sunt studiate în baza rapoartelor anuale ale Agenției de Mediu [20], Serviciului Hidrometeorologic de Stat [8], Biroul Național de Statistică al Republicii Moldova [14].

Aplicarea lichenoindicației în monitoringul de mediu a fost efectuată prin inventarierea diversității speciilor de licheni epifiti din spațiile verzi urbane cercetate. A fost determinat gradul de acoperire a substratului de către licheni – în baza scalei abundenței-dominanței Braun – Blanquet și cu aprecierea vizuală aproximativă a % de acoperire a tulpinii de către fiecare specie în parte [16, 17]. Determinarea apartenenței sistematice, a fost efectuată în condiții de laborator, începând cu analiza vizuală, apoi cu ajutorul lupei МБС-10 și ulterior, a microscopului Mikmed-5, utilizând determinatoarele speciale [28, 29, 30, 31]. Aplicând metoda lichenoindicației, care ține cont de abundența și toxitoleranța speciilor indicatoare față de SO_2 (Tab. 1), a fost evaluată calitatea aerului din ecosistemele forestiere studiate, conform Scalei de Gradații de Evaluare a Calității Aerului (GECA) propuse de Begu (2009) pentru teritoriul Republicii Moldova (Tab. 2).

Tabelul 1. Toxitoleranța lichenilor în funcție de concentrația SO_2 în aerul atmosferic (scală adaptată de Begu A., 2009, la condițiile Republicii Moldova)

Toxitoleranța	Particularitățile Zonei	Concentrația SO_2 în aer, mg/m ³ aer	Prezența lichenilor cu diferit grad de sensibilitate la poluarea cu SO_2
I	nepoluată	< 0,05	foarte sensibili
II	poluare ușoară	0,05-0,1	sensibili
III	poluare moderată	0,1-0,2	cu rezistență moderată
IV	poluată (de luptă)	0,2-0,3	cu rezistență sporită
V	poluare puternică	0,3-0,5	cu rezistență mare
VI	poluare critică	> 0,5	lipsă completă a lichenilor; „deșert lichenic”

Tabelul 2. Gradații de Evaluare a Calității Aerului (GECA) în baza abundenței speciilor de licheni cu diferit grad al toxitoleranței (Begu A., 2011) [6]

Calitatea aerului	Conținutul SO_2 în aer, mg/m ²	Abundența speciilor cu diferit grad de toxitoleranță, % din suprafața substratului	Culoare convențională
1. Curat	<0,05	I > 10 sau I < 10 și II > 75	albastru
2. Slab poluat	0,05-0,1	I – 0 -10 sau II > 50	verde

3. Moderat poluat	0,1-0,2	II - 10-50 sau III > 50	violet
4. Poluat	0,2-0,3	III - 10-50 sau IV > 50	galben
5. Puternic poluat	0,3-0,5	IV - 10-50 sau V - 1-100	roșu
6. Poluare critică	>0,5	Lipsa deplină a lichenilor	negru

Stabilirea dependențelor dintre datele lichenoindicației și rețeaua EMEP (50x50 km²), conform cadranelor în care sunt cuprinse spațiile verzi urbane, au oferit informații cu mult mai precise și mai concrete pentru fiecare ecosistem în parte sau pentru grupe de ecosisteme compact amplasate, decât privite la nivel general, pe țară.

Rezultate obținute și discuții

Reieșind din scopul cercetărilor noastre, în acest studiu ne-am axat pe evaluarea și analiza emisiilor și a depunerilor atmosferice de SO_x și aprecierea corelației acestui poluant cu lichenodiversitatea unor spații verzi urbane. Actualitatea acestor studii este argumentată și prin faptul că, conform BNS (2025) [14], tendințele de urbanizare sunt în creștere pentru RM (în 2024, 46,4% din populația țării locuia în orașe, comparativ cu 39,4% în 2014), tendințe care induc presiuni asupra calității mediului urban, inclusiv asupra funcțiilor ecologice și sociale ale spațiilor verzi.

Presiuni și amenințări asupra calității mediului urban pot fi reflectate și prin impactul principalilor poluanți atmosferici (NO_x, SO_x, NH₃, PM_{2,5} și PM₁₀). De altfel, poluanții respectivi sunt monitorizați în cadrul Convenției de la Geneva privind poluarea atmosferică transfrontalieră pe distanțe lungi (1979) (CLRTAP, 1979), care are ca scop protejarea mediului uman împotriva poluării atmosferice, reducerea și prevenirea treptată a poluării atmosferice, inclusiv a poluării atmosferice transfrontaliere pe distanțe lungi [12, 13]. Conform rapoartelor EMEP (2025) [23], Republica Moldova nu este o excepție, asemenea situației europene, pe parcursul anilor 1990-2023 s-a înregistrat o descreștere a emisiilor de poluanți atmosferici (1990-2000), cu o stagnare sau mică fluctuație pentru perioada 2000-2020 și o creștere ușoară începând cu anul 2020 (Fig. 2). De asemenea, conform Informative Inventory Report of the Republic of Moldova, 1990-2022 (2024) și EMEP/ MSC-W (2025), emisiile de SO_x s-au micșorat în 2023 comparativ cu 1990 cu peste 97%, și constituiau în anul 2023 – 6 kt [13, 22].

Republica Moldova s-a dovedit a fi un importator net de SO_x, datorită poziției sale geografice, supusă unei poluări transfrontaliere permanente a aerului atmosferic, care în ultimile 2 decenii devine principala sursă de poluare cu compuși ai sulfului. Teritoriul mic al țării și lipsa reliefului muntos, care ar stopa sau redirecționa masele de aer cu poluanți, sunt principalii factori geografici, datorită cărora depunerile transfrontaliere nu înregistrează diferențe mari pe întreg teritoriul țării.

Pe lângă analiza emisiilor și a depunerilor atmosferice de SO_x, în studiile noastre este realizată și evaluarea rezilienței ecosistemelor urbane către impactul antropic prin aplicarea lichenoindicației. Astfel, inventarierea diversității speciilor de licheni epifiti din spațiile verzi urbane cercetate, a particularităților bioindicatoare ale lor - indicarea toxitoleranței speciilor de licheni, oferă informații privind echilibru ecologic al spațiilor verzi urbane și capacitatea lor de autoreglare, în mod natural, a capacităților de reducere a poluării. Cu atât mai mult, lichenii sunt recomandați/utilizați în programele internaționale de monitorizare, precum EMEP, ICP Forests, ICP Vegetation din cadrul Convenției LRTAP (Geneva, 1979), DIRECTIVA 2008/50/CE A privind calitatea aerului înconjurător și un aer mai curat pentru Europa [18, 27, 10].

Prin cercetări în teren și laborator, au fost identificate 18 specii de licheni, cu predominarea speciilor epifite și foliacee – specii recomandate în activitățile de monitorizare, în scopul cuantificării efectelor depunerilor atmosferice asupra ecosistemelor forestiere. De asemenea, multe dintre speciile de licheni analizate aparțin la 2-3 grupe ecologice, fapt benefic în monitorizarea calității mediului în diferite tipuri de ecosisteme. Corologia lichenilor cercetați, indică o abundență sporită a speciilor comune pentru teritoriul țării noastre (13), apreciate în activitatea de monitoring ecologic, dar și prezența a 5 specii rare pentru Republica Moldova, ca: *Parmelia quercina*, *Pertusaria globulifera*, *Ramalina farinacea*, *Parmeliopsis ambigua*, *Candelariella xanthostigma* (specii care merită a fi studiate, în special, pentru stabilirea habitatelor preferabile, cu scopul conservării acestora).

În cele 6 orașe studiate a fost inventariată diversitatea speciilor de licheni epifiți, precum și determinate caracteristicile lor bioindicatoare (Tab. 3), pentru a evalua rezistența ecosistemelor urbane la impactul activităților antropice. Conform Gradațiilor de Evaluare a Calității Aerului, bazate pe abundența speciilor de licheni, cu diferit grad de toxitoleranță [6], s-a stabilit că în 9 parcuri cercetate (Parcul „V. Alecsandri” din orașul Edineț; Parcul „M. Volontir” din orașul Bălți; Parcul „Ivanos” și „Grădina Publică Orhei” din orașul Orhei; Parcul „Alunelul” din orașul Chișinău; Parcul „Gr. Vieru” și Parcul „Veteranilor” din orașul Cahul; Parcul „M. Eminescu” și Parcul „Kizil” din orașul Ștefan Vodă), calitatea aerului este considerată *moderat poluată* (conținutul de SO_2 în aer este de $0,1-0,2 \text{ mg/m}^3$). La extreme opuse sunt amplasate Parcul „Victoria” din orașul Bălți, unde aerul este *poluat* (SO_2 în aer $0,2-0,3 \text{ mg/m}^3$), și Pădurea-Parc „I. Palancan” din orașul Ștefan Vodă, cu aer *slab poluat* (SO_2 în aer $0,05-0,1 \text{ mg/m}^3$). Speciile de licheni cu cea mai mare abundență pe trunchiurile copacilor au fost cele cu rezistență moderată la SO_2 (gradul de toxitoleranță II sau III), cum ar fi: *Parmelia sulcata*, *P. caperata*, *P. acetabulum*, *Pertusaria globulifera*, *Physcia stellaris*, *Ph. caesia*, *Parmeliopsis ambigua*, *Candelariella xanthostigma* etc.

Conform Gradațiilor de Evaluare a Calității Aerului (Begu, 2011), abundența speciilor de licheni cercetați în parcul „V. Alecsandri” or. Edineț ne indică că calitatea aerului este considerată *moderat poluată* (conținutul de SO_2 în aer este de $0,1-0,2 \text{ mg/m}^3$). *Poluarea moderată* este determinată, în mare parte, de depunerile transfrontaliere. Dacă analizăm rapoartele EMEP/MSW (2025) [23], observăm că pentru cadranul EMEP, în care este inclus or. Edineț, depunerile totale de sulf oxidat (SO_x) constituie, pentru anul 2023, $100-200 \text{ mgS/m}^2$, dintre care peste 90% le revin depunerilor transfrontaliere (Fig. 3). Astfel, în cazul depunerilor de SO_x , impactul surselor locale va fi minor, sub 10%, iar starea de sănătate a biodiversității spațiilor verzi urbane din or. Edineț va fi determinată de cantitatea și calitatea depunerilor transfrontaliere. Impactul minor al surselor locale de poluare din r. Edineț este stabilit și în baza datelor BNS (2025), conform cărora în ultimii 5 ani evaluați (2017-2021), în r. Edineț emisiile de SO_2 de la sursele fixe de poluare înregistrează o stabilitate cu mici fluctuații (Fig. 2), astfel pentru anul 2021 emisiile de SO_2 au constituit 3 t.

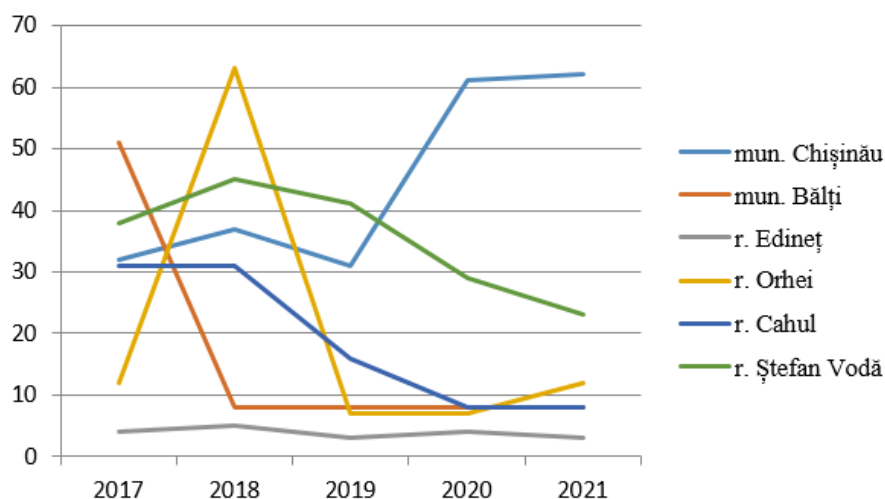


Figura 2. Emisiile de SO_2 în aerul atmosferic de la sursele staționare (tone), BNS (2025) [14]

Pentru mun. Bălți, cu o diversitate mai mare a activităților economice, influențată și de un flux mai sporit al unităților de transport auto, calitatea aerului din parcul „M. Volontir”, după GECA, este *moderat poluat* (conținutul de SO_2 în aer este de $0,1-0,2 \text{ mg/m}^3$) și *poluat* (SO_2 în aer $0,2-0,3 \text{ mg/m}^3$) - în parcul „Victoria”; deși, impactul transfrontalier asupra biodiversității spațiilor verzi din mun. Bălți, conform EMEP/MSW (2025) [23], practic este esemănător cu or. Edineț, unde depunerile totale de SO_x constituie, pentru anul 2023, $100-200 \text{ mgS/m}^2$, dintre care 80-90% le revin depunerilor transfrontaliere (Fig. 3). În cazul mun. Bălți se observă intensificarea impactului emisiilor locale, cu cantități mai mari de emisii pe municipiu de SO_2 - 8 t în anul 2021 (Fig. 2). Totuși, starea de sănătate a biodiversității spațiilor verzi urbane din mun. Bălți va fi determinată, în mare parte, de cantitatea și calitatea depunerilor transfrontaliere.

Tabelul 3. Lichenodiversitatea unor spații verzi urbane – particularități biologice și eco-bioindicatoare (2025-2026)

№	Gradul de toleranță față de SO ₂ atmosferic (Begu A., 2011)	Specii studiate	Locații de studiu										Structura corpului	Grupa ecologică	Corologia, Rep. Moldova	Frecvența
			Parcul V. Alecsandri, or. Edineț	Parcul M. Volontir, mun. Bălți	Parcul Ivanos, or. Orhei	Grădina Publică, or. Orhei	Parcul Alunelul, mun. Chișinău	Parcul Gr. Vieru, or. Cahul	Parcul Veteranilor, or. Cahul	Parcul M. Eminescu, or. Ștefan Vodă	Parcul Kâzâl, or. Ștefan Vodă	Pădurea-Parc I. Palancean, or. Ștefan Vodă				
1	II	Bacidia luteola					5		10				crustos	epifleoid	comun	3
2		Evernia prunastri							3		5		fruticulos	epifleoid	comun	2
3		Parmelia sulcata	10		10		3		3		3		foliculos	epifleoid, epixilic, epilitic	comun	6
4		Parmelia quercina										3	foliculos	epifleoid, epixilic	foarte rar	1
5		Parmelia caperata	20				3		3				foliculos	epifleoid	comun	3
6		Pertusaria globulifera	40		50		10		40	30	70		crustos	epifleoid	rar	6
7		Ramalina farinacea			3								fruticulos	epifleoid, epixilic	rar	1
		№ sp./ abund.max	3/40		3/50		3/10	1/5		4/40	1/30	4/70				
8	III	Physcia stellaris	50		50	10	3	3					foliculos	epifleoid, epilitic	comun	5
9		Physcia caesia						5	10	10			foliculos	epilitic, epifleoid, epixilic	comun	3
10		Parmelia acetabulum						45	3				foliculos	epifleoid, epixilic	comun	2
11		Parmeliopsis ambigua	80	90		70	90	90	70				foliculos	epifleoid, epixilic	rar	6
12		Candelariella xanthostigma	30										crustos-lepros	epifleoid, epixilic	rar	1
13		Lecidea glomerulosa					5		3				crustos	epifleoid, epixilic	comun	2
		№ sp./ abund.max	3/80	1/90	1/50	2/70	3/90	3/90	3/70	2/10						

14	IV	Candelariella vitelina								15		10	crustos-areolat	epifleoid, epixilic	comun	2
15		Physcia tenella	50							3			foliculos	epifleoid, epilitic	comun	2
16		Physcia adscendens	80	70	80	90	70	90	70	80	70	30	foliculos	epifleoid, epilitic	comun	11
17		Physconia enteroxantha	40				3			3			foliculos	epifleoid	comun	3
		№ sp./ abund.max	3/80	1/70	1/80	1/90	2/70	1/90	1/70	4/80	1/70	3/30				
18	V	Xanthoria parietina	80	3	40	30	10	50	30	70	80	80	foliculos	epifleoid, epixilic, epilitic	comun	11
		№ sp./ abund.max	1/80	1/3	1/40	1/30	1/10	1/50	1/30	1/70	1/80	1/80				
Calitatea aerului, conform GECA, Begu, 2011			moderat poluat (III)	moderat poluat (III)	poluat (IV)	moderat poluat (III)	moderat poluat (III)	moderat poluat (III)	moderat poluat (III)	moderat poluat (III)	moderat poluat (III)	slab poluat (II)				

În orașul Orhei au fost efectuate cercetări în Parcul „Ivanos” și „Grădina Publică Orhei”, unde în baza lichenoindicației calitatea aerului este considerată *moderat poluată* (conținutul de SO_2 în aer este de 0,1-0,2 mg/m^3). Cu toate acestea, pentru r. Orhei, conform datelor BNS (2025) [14], în ultimi 5 ani evaluați (2017-2021), se înregistrează o creștere fluctuantă a emisiilor de noxe de la sursele staționare de poluare (Fig. 2). Valorile sunt mai mari comparativ cu mun. Bălți și r. Edineț și constituia, în anul 2021, 12 t pentru SO_2 . Depunerile totale de SO_x , pentru zona or. Orhei, constituie 200-350 mgS/m^2 , astfel se identifică o presiune transfrontalieră mai puternică asupra biodiversității spațiilor verzi din or. Orhei, comparativ cu zona de nord a Republicii Moldova. Ponderea transfrontalieră constituie 80-90% (Fig. 3).

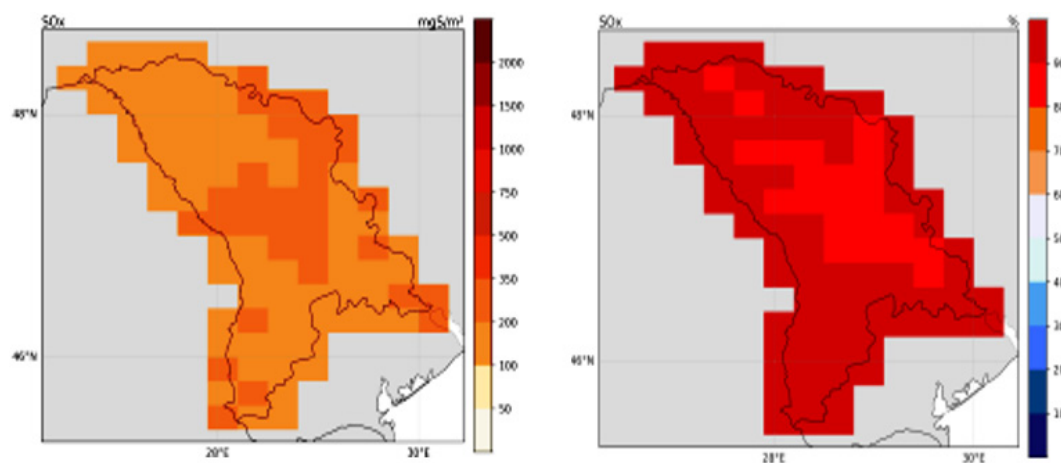


Figura 3. Depunerile totale de sulf oxidat (SO_x), $\text{mg}(\text{S})/\text{m}^2$ și ponderea depunerilor transfrontaliere de SO_x , conform EMEP/MSC-W (2025) [23]

Municipiul Chișinău, comparativ cu toate urbele studiate, înregistrează cele mai mari emisii de la sursele locale de poluare. Conform datelor BNS (2025) [14], în ultimi 5 ani evaluați (2017-2021), în mun. Chișinău,

emisiile de SO_2 , de la sursele fixe de poluare înregistrează o creștere, care este mai accentuată începând cu anul 2019 (Fig. 2). Astfel, pentru anul 2021 emisiile de SO_2 au constituit 617 t. Cu toate acestea, conform GECA, s-a stabilit că în Parcul „Alunelul” calitatea aerului este considerată *moderat poluată* (conținutul de SO_2 în aer este de 0,1-0,2 mg/m³). Calitatea aerului, relativ bună, din acest parc poate fi determinată de amplasarea în partea de nord a orașului – amonte de sursele locale de poluare, favorizată și de direcția dominantă a vântului (N-NV). Impactul transfrontalier în zona EMEP, unde este amplasat mun. Chișinău, este identic cu caracteristicile zonei de centru a țării. Conform rapoartelor EMEP/MS-CW (2025) [23], depunerile totale de sulf oxidat (SO_x) constituiau, pentru anul 2023, 200-350 mgS/m², dintre care 80-90% le reveneau depunerilor transfrontaliere (Fig. 3). Chiar dacă impactul transfrontalier este practic același pentru toate urbele studiate, cantitățile mari de emisii locale din mun. Chișinău pot avea efecte mai pronunțate asupra biodiversității zonelor verzi ale orașului, comparativ cu alte zone verzi studiate.

În or. Ștefan Vodă lichenodiversitatea a fost studiată în trei spații verzi urbane. Conform GECA, s-a stabilit că în Parcul „M. Eminescu” și Parcul „Kizil” calitatea aerului este considerată *moderat poluată* (conținutul de SO_2 în aer este de 0,1-0,2 mg/m³), iar în Pădurea-Parc „I. Palancean” – aer *slab poluat* (SO_2 în aer 0,05-0,1 mg/m³). Calitatea aerului, relativ bună, poate fi explicată și prin dinamica negativă a emisiilor locale de SO_2 (Fig. 2), unde conform datelor BNS (2025) [14], în anul 2021, în r. Ștefan Vodă, au constituit 23 t. Emisiile locale din această zonă pot fi determinate de emisiile de SO_x de la centrala termoelectrică Dnestrovsk de la Cuciurgan, amplasată în apropiere de zona de studiu. De asemenea, amplasarea raionului Ștefan Vodă la hotar cu Ucraina este factorul fizico-geografic ce determină căderea acestei zone de studiu sub un impact transfrontalier mai pronunțat. Conform rapoartelor EMEP/MS-CW (2025) [23], depunerile totale de sulf oxidat (SO_x) constituiau, pentru anul 2023, 100-200 mgS/m², dintre care peste 90% le reveneau depunerilor transfrontaliere (Fig. 3).

Lichenodiversitatea studiată în orașul Cahul, Parcul „Gr. Vieru” și Parcul „Veteranilor”, ca și în majoritatea cazurilor, atestă o calitate *moderat poluată* a aerului (conținutul de SO_2 în aer este de 0,1-0,2 mg/m³). De asemenea, se înregistrează o scădere a emisiilor de SO_2 de la sursele fixe de poluare (Fig. 3). Conform rapoartelor EMEP/MS-CW (2025) [23], depunerile totale de sulf oxidat (SO_x) constituiau, pentru anul 2023, 200-350 mgS/m², dintre care peste 90% le reveneau depunerilor transfrontaliere (Fig. 3). Astfel, obiectele de studiu amplasate la hotarele țării, spre deosebire de celelalte zone studiate, se înregistrează un impact transfrontalier mai sporit.

În final, putem deduce că emisiile de SO_2 de la sursele locale fixe pot induce unele efecte negative asupra biodiversității ecosistemelor urbane Chișinău și Bălți. Dar totuși, acestea sunt infime în comparație cu poluarea transfrontalieră, care constituie 80-90 % pentru toate regiunile Republicii Moldova. Astfel, reziliența ecosistemelor urbane către impactul antropic, capacitatea spațiilor verzi de reducere a poluării atmosferice, de conservare a biodiversității și de reglare a serviciilor ecosistemice va fi dependentă de impactul transfrontalier și efectele schimbărilor climatice.

Concluzii

- Lichenodiversitatea spațiilor verzi urbane studiate, în dependență de abundența și toxitoleranța speciilor indicatoare de licheni față de SO_2 , indică faptul că calitatea aerului în majoritatea spațiilor verzi cercetate, este considerată moderat poluată ceea ce imprimă o stabilitate structurală și o funcționalitate fragilă a infrastructurii verzi urbane.

- Concordanța legăturilor obținute, privind poluarea atmosferică cu SO_x , obținute prin metoda lichenoindicației (aer moderat poluat; conținutul SO_2 în aer este de 0,1-0,2 mg/m³), și prin modelările EMEP privind depunerile de SO_x (conținut de 100-350 mgS/m²), confirmă fiabilitatea evaluării prin bioindicație și oferă o imagine coerentă a impactului poluării atmosferice asupra ecosistemelor urbane.

Bibliografie:

1. *Air quality status report 2025*. European Environment Agency (EEA). ISBN: 978-92-9480-710-6 - ISSN: 1977-8449 - doi: 10.2800/9895153. Disponibil: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/air-quality-status-report-2025> [Accesat: 21.02.2025].

2. ASTA, J., et al. *European guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental stress*. 2002. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/303255153_European_guideline_for_mapping_lichen_diversity_as_an_indicator_of_environmental_stress[Accesat: 10.01.2025].
3. BEGU, A., LIOGCHII, N., DONICA, A. Aspecte privind realizarea monitoringului biologic pasiv și activ în ecosistemele forestiere și urbane. *Mediul Ambiant*. Chișinău., 2007, nr. 5(35), p. 1-4.
4. BEGU, A., BREGA, V. The Assessment of Air quality Through Lichen Indication in Forest Ecosystems. În: *Studia Universitatis Babeș-Bolyai. Series Geographia*, vol. 54 (3), Cluj-Napoca, p. 95-102.
5. BEGU, A. *Studiul ecobioindicației în Republica Moldova și implimentarea ei în monitoringul calității mediului*/ Autoref. tezei de dr., hab., Chișinău, 2010. 45 p.
6. BEGU, A. *Ecobioindicația: premise și aplicare*. Ch.: „Digital Hardware” SRL, 2011. 166 p. ISBN 978-9975-4022-3-1.
7. BRÜMMER, G., HERMS, U. Influence of Soil Reaction and Organic Matter on The Solubility of Heavy Metals in Soils. In: Ulrich, B., Pankrath, J. (eds) *Effects of Accumulation of Air Pollutants in Forest Ecosystems*. Springer, Dordrecht. 1983. https://doi.org/10.1007/978-94-009-6983-4_18. p. 233-243.
8. *Buletine lunare privind calitatea mediului*. SHS 2018. Disponibil: <https://www.meteo.md/index.php/mediu/c/buletine-curente/>[Accesat 13.06.2025].
9. CREȚU, A., BEGU, A. Evaluarea calității aerului atmosferic din spațiile verzi ale municipiului Chișinău în baza ecobioindicației. *Mediul Ambiant*. Chișinău, 2005, nr. 3 (21), p 1-4.
10. *DIRECTIVA 2008/50/CE A PARLAMENTULUI EUROPEAN ȘI A CONSILIULUI din 21 mai 2008 privind calitatea aerului înconjurător și un aer mai curat pentru Europa*. Disponibil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050> [Accesat: 19.02.2026].
11. EMEP: *Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe*. Manual for sampling and chemical analysis, EMEP/CCC-Report 1/95, Norwegian Institute for Air Research, Norway, 1996. 185 p.
12. EMEP: *MSC-W modelled air concentrations and depositions*. EMEP/MSW Disponibil: http://emep.int/mscw/index_mscw.html [Accesat 2025].
13. EMEP: *Centre on Emission Inventories and Projections*. Disponibil: <https://www.ceip.at/> [Accesat 01-02.2026].
14. Biroul Național de Statistică, 2025. *Emisiile de substanțe poluante în aerul atmosferic de la sursele staționare ale agenților economici pe ingrediente, în profil teritorial, 2017-2021*. Disponibil: https://statbank.statistica.md/pxweb/pxweb/ro/60%20Statistica%20regionala/60%20Statistica%20regionala__01%20MED/MED030600reg.px/?rxid=b2ff27d7-0b96-43c9-934b-42e1a2a9a774 [Accesat 19.02.2026].
15. ICP IM. *Manual for Integrated Monitoring. Internat. Coop. Prog. on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems*, Finnish Environment Institute, 2000. 244 p. Disponibil: http://www.vyh.fi/eng/intcoop/projects/icp_im/manual/index.htm [Accesat: 05.08.2025].
16. IVAN, D. *Fitocenologie și vegetația Republicii Socialiste România*. București: Didac. și pedagog., 1979. 332 p.
17. IVAN, D., DONIȚĂ, N. *Metode practice pentru studiul ecologic și geografic al vegetației*. București, 1975. 250 p.
18. LORENZ, M., et al. *Forest Condition in Europe, 2012 Technical Report of ICP Forests*. Work Report of the Thünen Institute for World Forestry 2012/1. ICP Forests, Hamburg, 2012. 167 p. ISSN 1020-587X.
19. NIMIS, P., SCHEIDEGGER, C., WOLSELEY, P. *Monitoring with lichens: monitoring lichens*. Kluwer Academic published in association with the NATO Scientific Affairs Division, Dordrecht, London. 2002. DOI: 10.1639/0007-2745(2002)105[0501:]2.0.CO;2. ISBN: 978-1-4020-0430-8.
20. Agenția de Mediu 2025. *Rapoarte privind starea mediului*. Disponibil: <https://am.gov.md/ro/content/rapoarte-privind-starea-mediului> [Accesat 10.02.2026].
21. STOFER, S. et al., *Assessment of Epiphytic Lichen diversity*. Manual Part VII.2. UN/ECE ICP Forests Programme, Hamburg. ISBN: 978-3-926301-03-1. 14 p. Disponibil: <http://www.icp-forests.org/Manual.htm> [Accesat: 14.10.2025].
22. EMEP/CEIP, *The Emission Database*. Disponibil: <http://www.ceip.at/webdab-emission-database/> [Accesat 2025].
23. *Transboundary air pollution by sulphur, nitrogen, ozone and particulate matter in 2023*. The Republic of Moldova. 23 p. ISSN 1890-0003. Disponibil: https://emep.int/publ/reports/2025/Country_Reports/report_MD.pdf [Accesat 05.02.2026].

24. *Transboundary particulate matter, photo-oxidants, acidifying and eutrophying components*. EMEP Status Report 2/2025. 366 p. ISSN 1504-6192 (on-line). Disponibil: https://msc-east.org/wp-content/uploads/2025/09/EMEP_Status_Report_2_2025.pdf [Accesat: 15.02.2025].
25. TYLER, G. The impact of heavy metal pollution on forest: A case study of Gusum, Sweden. In: *Ambio*, 1984, no. 13, p. 18-39.
26. ULRICH, B. *Acute und chronische Wirkungen von Luftverunreinigungen auf unsere Walder*. Rehein Ruhr Druck. Sander Dortmund, 1983. p. 85-92.
27. UNECE ICP. *Forests Programme Co-ordinating Centre. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Hamburg, 2010. Disponibil: <http://www.icp-forests.org/Manual.htm> [Accesat 21.08.2025].
28. ГАРИБОВА, Л., и др. *Водоросли, лишайники и мохообразные СССР*. «Мысль». М, 1978. 365 с.
29. ГОЛУБКОВА, Н. *Определитель лишайников средней полосы Европейской части СССР*. Изд-во «Наука» М. – Л., 1966. 256 с.
30. ОКСНЕР, А. *Флора лишайників України*. Київ, 1970, Т. 2.
31. СИМОНОВ, Г. *Эпифитная флора лишайников влажных и свежих дубрав Молдавии*. // *Флора и геоботаника*: Ботан. исл. Кишинев: Штиинца, 1990, Вып. 7 с. 113-121.

N. B.: *Studiul a fost efectuat în cadrul proiectelor: - 25.80012.7007.24SE „Fundamente pentru orașe verzi, sănătoase și reziliente - Evaluarea complexă, protecția și promovarea sustenabilității biodiversității spațiilor verzi urbane - sanogene în contextul modificărilor de mediu, inclusiv a schimbărilor climatice”; - 010801 „Sporirea securității ecologice și rezilienței geo-ecosistemelor la modificările actuale de mediu”.*

Date despre autori:

Valeriu BRAȘOVEANU, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0006-0488-8096

E-mail: valeriubrasoveanu@yahoo.com

Ala DONICA, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-3308-8048

E-mail: aladonica1980@gmail.com

Prezentat: 02.02.2026

Recenzat: 05.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 581.524.2:712(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_37](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_37)

SPECII DE PLANTE ALOGENE INVAZIVE DIN SPAȚIILE VERZI URBANE: STUDIU DE CAZ – BĂLȚI, CHIȘINĂU ȘI CAHUL, REPUBLICA MOLDOVA

Corina CERTAN,
Ala DONICA,

Universitatea de Stat din Moldova

Spațiile verzi urbane joacă un rol esențial în menținerea conectivității habitatelor și în furnizarea serviciilor ecosistemice. Totuși, acestea sunt supuse unor perturbări antropogene intense, care pot crea condiții favorabile răspândirii speciilor alogene invazive. Sub impactul problemelor de mediu, dar și al urbanizării accelerate, speciile invazive pot înlocui treptat vegetația autohtonă, modificând biodiversitatea locală și funcționarea ecosistemelor urbane. În articol s-a inventariat și analizat spectrul speciilor alogene invazive din spațiile verzi ale trei ecosisteme urbane din Republica Moldova (mun. Bălți, mun. Chișinău și or. Cahul) prin monitorizare în teren (2025). Cercetările de teren au vizat parcurile „Victoria” (Bălți), „Alunelul” (Chișinău) și Parcul Central „Grigore Vieru” (Cahul). Proportia speciilor invazive identificate în parcurile analizate a variat între 12% și 16% din totalul speciilor înregistrate, cele mai frecvente fiind *Robinia pseudoacacia* L. și *Ambrosia artemisiifolia* L. Rezultatele subliniază necesitatea integrării managementului speciilor invazive în politicile locale de administrare a spațiilor verzi urbane.

Cuvinte-cheie: *specii alogene invazive, spații verzi, ecosistem urban, plante invazive, parc, impact, biodiversitate.*

INVASIVE ALIEN PLANT SPECIES IN URBAN GREEN SPACES: A CASE STUDY OF BĂLȚI, CHIȘINĂU, AND CAHUL, REPUBLIC OF MOLDOVA

Urban green spaces play an essential role in maintaining habitat connectivity and providing ecosystem services. However, they are subject to intense anthropogenic disturbances, which may create favorable conditions for the spread of invasive alien species. Under the combined impact of environmental problems and accelerated urbanization, invasive species can gradually replace native vegetation, modifying local biodiversity and the functioning of urban ecosystems. The article inventoried and analyzed the invasive alien species spectrum of the green spaces from three urban ecosystems, in the Republic of Moldova (Balti municipality, Chisinau municipality and Cahul city) through field monitoring (2025). Field investigations focused on “Victoria” Park (Bălți), “Alunelul” Park (Chișinău), and the “Grigore Vieru” Central Park (Cahul). The proportion of invasive species identified in the analyzed parks ranged between 12% and 16% of the total recorded species, with *Robinia pseudoacacia* L. and *Ambrosia artemisiifolia* L. being the most frequent. The results emphasize the need to integrate invasive species management into local policies for the administration of urban green spaces.

Keywords: *invasive alien species, green spaces, urban ecosystem, invasive plants, park, impact, biodiversity.*

Introducere

Specii alohtone de plante sunt cele introduse/răspândite, accidental sau intenționat, din altă regiune geografică ca urmare directă ori indirectă a activității umane, lipsind în mod natural într-o anumită regiune cu o evoluție istorică cunoscută într-o arie de răspândire naturală, alta decât zona de interes, care pot fi în competiție, pot domina sau pot avea un impact negativ asupra speciilor native, putând chiar să le înlocuiască. Pe când *speciile invazive* pot fi atât speciile indigene, cât și alohtone care și-au extins arealul de distribuție ori au fost introduse accidental sau intenționat într-o arie și/sau s-au reproduș într-o asemenea măsură și atât de agresiv, încât influențează negativ/domină/înlocuiesc unele dintre speciile indigene, determinând modificarea structurii cantitative și/sau calitative a biocenozelor naturale, caracteristică unui anumit tip de biotop [18].

Convenția privind Diversitatea Biologică (1992) oferă cadrul internațional pentru prevenirea, monitorizarea și gestionarea speciilor alogene invazive, iar riscurile generate de aceste specii sunt evidențiate de extinderea continuă a Listei acestora, cu impact negativ asupra biodiversității, serviciilor ecosistemice,

sănătății publice și economiei [9]. De aceea, prin Strategia Uniunii Europene pentru biodiversitate, se propune reducerea cu 50% până în 2030 a numărului speciilor amenințate cu dispariția din cauza speciilor alogene invazive [29]. Problema speciilor invazive și ritmul accelerat de răspândire a acestora au impus revizuirea, în mai multe rânduri, a Regulamentului (UE) nr. 1143/2014, de la adoptarea sa în anul 2016 [25, 26].

Republica Moldova se află într-o etapă incipientă în gestionarea speciilor alogene invazive. În acest context, Ministerul Mediului a inițiat, la 29 mai 2025, procesul de elaborare a proiectului „Legii privind speciile alogene invazive”. Proiectul de lege stabilește măsuri pentru prevenirea introducerii și răspândirii acestora, reducerea impactului asupra biodiversității, ecosistemelor și serviciilor ecosistemice, precum și pentru gestionarea și eradicarea lor, prin reglementarea responsabilităților autorităților competente și a obligațiilor persoanelor fizice și juridice, în vederea protecției mediului, economiei și sănătății publice [23]. În ultimele decenii, problematica speciilor invazive a devenit un subiect central în cercetările de mediu, având în vedere impactul semnificativ asupra ecosistemelor și biodiversității. Starea invazivă a unei specii este, de obicei, evaluată prin creșterea rapidă a populației și prin competiția cu plantele autohtone pentru resurse precum nutrienți, apă și lumină, ceea ce poate duce la scăderea numărului de plante native și, în unele cazuri, chiar la extincția speciilor locale [27]. Modificările actuale de mediu, inclusiv schimbările climatice, favorizează instalarea și răspândirea speciilor non-native, cu un impact profund asupra echilibrului ecologic al ecosistemelor locale [24]. Inclusiv în sisteme protejate (arii naturale protejate), plantele invazive (de exemplu: *Amorpha fruticosa*, *Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Fallopia japonica* și *Impatiens glandulifera*) reprezintă una dintre principalele amenințări asupra biodiversității [12]. Pe lângă impactul ecologic (degradarea fertilității solului și modificarea proprietăților fizico-chimice ale acestuia, alterarea caracteristicilor cantitative și calitative ale covorului vegetal, concurență agresivă asupra speciilor native, competiția pentru resurse esențiale, etc.) [16], speciile invazive cauzează daune semnificative inclusiv sistemului socio-economic (îndeosebi prin reducerea capacității biodiversității de a presta servicii ecosistemice de aprovizionare și culturale) [3].

În contextul urbanizării accelerate și al intensificării presiunilor antropice, biodiversitatea vegetală urbană, cu rol important în asigurarea echilibrului ecologic și al serviciilor ecosistemice, este supusă unui șir de riscuri, ca: schimbările climatice, distrugerea habitatelor, poluarea, supraexploatarea resurselor, impactul speciilor invazive, etc. [4]. Deși, urbanizarea este un simbol al progresului și dezvoltării umane, ea reprezintă și o amenințare gravă pentru ecosistemele naturale. Extinderea orașelor vine, adesea, în detrimentul habitatelor naturale, ducând la defrișări, pierderea biodiversității și alterarea peisajelor (ultimul raport din domeniu indică că ponderea medie globală a spațiilor verzi în zonele urbane a scăzut de la 19,5% în 1990 la 13,9% în 2020) [13]. Componente vitale ale orașelor - spațiile verzi, îndeplinesc un șir de funcții ecologice, economice, sociale și publice, de aceea dezvoltarea și extinderea carcasei verzi în urbe constituie obiectiv prioritar în planificările urbane regionale și revitalizarea orașelor din Republica Moldova [2, 15]. La nivel național, spațiu verde este definit drept un sistem complex, important din punct de vedere estetic, biologic și ecologic, și care include, de regulă, o comunitate floristică și faunistică [19]. Restrângerea spațiilor verzi accentuează semnificativ riscurile ecologice urbane, având un impact negativ imediat asupra viabilității și sustenabilității acestora, precum și asupra calității vieții și stării de sănătate a populației. Se impune, astfel, implementarea măsurilor de prevenire, control și atenuare a efectelor negative (inclusiv a impactului speciilor invazive) asupra ecosistemelor urbane [14].

În „Strategia națională de mediu pentru perioada 2024-2030” sunt indicate, ca necesare, acțiuni de management durabil al spațiilor verzi urbane, evaluarea complexă și adoptarea soluțiilor bazate pe natură în infrastructura verde, cât și adoptarea/implementarea măsurilor de prevenire a introducerii și reducerii semnificative a impactului speciilor invazive asupra ecosistemelor terestre și acvatice [17].

Prin acest articol se evaluează impactul speciilor de plante invazive asupra biodiversității locale, din ecosisteme urbane naționale și se propun măsuri pentru aplicarea eficientă a prevederilor Convenției privind Diversitatea Biologică (1992) în Republica Moldova.

Metode și materiale aplicate

Studiul biodiversității vegetale în orașe implică o serie de metode adaptate condițiilor specifice mediului urban: fragmentarea habitatelor, schimbările climatice, poluarea mediului etc. [28]. Astfel, monitorizarea și determinarea speciilor de plante alogene invazive au fost realizate pe întreaga durată a perioadei de vegetație, prin evaluarea prezenței, frecvenței și dinamicii acestora, în contextul presiunilor antropice specifice mediului urban, determinate de factori geografici, ecologici și socio-economici. Pentru studiul speciilor invazive au fost aplicate metodologiile de eșantionare și colectare a datelor descrise în literatura de specialitate [1].

Materialele prezentate în această lucrare reflectă rezultatele cercetărilor floristice de teren, desfășurate în perioada 2022–2025. Determinarea și încadrarea sistematică a speciilor de floră au fost realizate pe baza determinatoarelor de specialitate [8, 22, 30]. Prezentarea fiecărei specii este însoțită de date sistematice, corologice, bioforme, elemente floristice, mărimea populației, căi de pătrundere.

Inventarierea și analiza speciilor alogene invazive și potențial invazive din spațiile verzi a trei ecosisteme urbane, amplasate de la nordul la sudul Republicii Moldova (mun. Bălți, mun. Chișinău și or. Cahul), s-a realizat atât prin cercetări proprii, cât și prin analiza informațiilor bibliografice, disponibile la nivel național [5, 6, 7, 10, 11, 21].

Drept obiect de studiu au servit spațiile verzi din intravilanul orașelor și anume:

- Parcul „Victoria” din mun. Bălți;
- Parcul „Alunelul” din mun. Chișinău;
- Parcul Central „Grigore Vieru” din or. Cahul.

Rezultate obținute și discuții

Datele cercetărilor anterioare, realizate în cadrul ecosistemului urban Bălți [5, 6, 7] au indicat că, din numărul total de specii de plante înregistrate în spațiile verzi urbane, 18 specii sunt considerate alohtone (adică 13% din numărul total).

Datele recente (studiile noastre în teren, 2025) indică prezența a 7 specii de plante invazive în Parcul „Victoria” din mun. Bălți, aparținând la 4 familii. Astfel, 84% dintre speciile de plante înregistrate în parc, sunt native, adică plante care fac parte natural din flora locală și contribuie la stabilitatea ecosistemului, iar restul - 16% sunt specii invazive (fig. 1), introduse accidental sau intenționat, care se pot răspândi rapid și concura cu speciile locale pentru lumină, apă și nutrienți. Deși, pare că proporția speciilor invazive este mai mică, acestea pot avea un impact ecologic semnificativ, afectând negativ biodiversitatea și echilibrul natural al parcului.

Pentru mun. Chișinău, cercetările realizate în perioada 1986–2011, au identificat 90 de specii de plante alohtone, ceea ce reprezenta aproximativ 50% din numărul total al speciilor adventive de pe teritoriul Republicii Moldova [10].

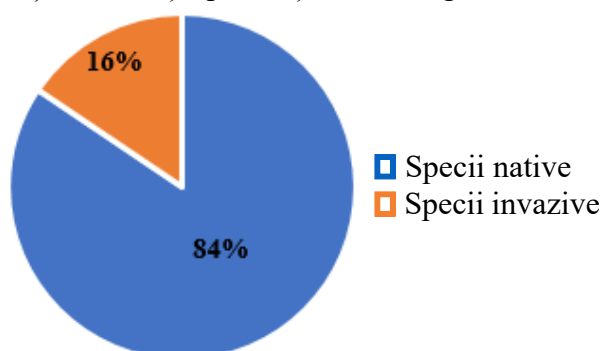
În urma cercetărilor de teren, efectuate în 2025 în Parcul „Alunelul”, au fost identificate 3 specii de plante invazive, aparținând la 2 familii, din totalul speciilor de plante înregistrate în zonă. Astfel, din numărul total de specii de plante din parc, 88% sunt native, contribuind la menținerea biodiversității locale și prestarea beneficiilor de mediu, pe când 12% sunt invazive, având potențial de răspândire rapidă și impact asupra speciilor locale (fig. 2). Condițiile fizico-geografice locale induc condiții de mediu favorabile dezvoltării plantelor native, iar gestionarea adecvată a parcului limitează răspândirea speciilor invazive, oferind vizitatorilor un mediu plăcut și sigur de recreere și socializare.

Pentru ecosistemul urban Cahul, cercetările anterioare au indicat prezența a 26 de specii de plante invazive, aparținând la 14 familii, ceea ce reprezenta 17% din totalul speciilor de plante din zonă [29].

Studiile noastre (2025), în Parcul Central „Grigore Vieru” din or. Cahul, au identificat 4 specii invazive, fiecare aparținând unor familii diferite. Din totalul de specii de plante, 87% sunt native, adică fac parte natural din flora locală, iar restul de 13% sunt specii invazive (fig. 3), introduse accidental sau intenționat, cu potențial de răspândire rapidă și impact negativ asupra speciilor locale în competiția lor pentru resurse, lumină și spațiu. Faptul că parcul este bine amenajat și întreținut, favorizează dezvoltarea plantelor native și controlul răspândirii speciilor invazive.

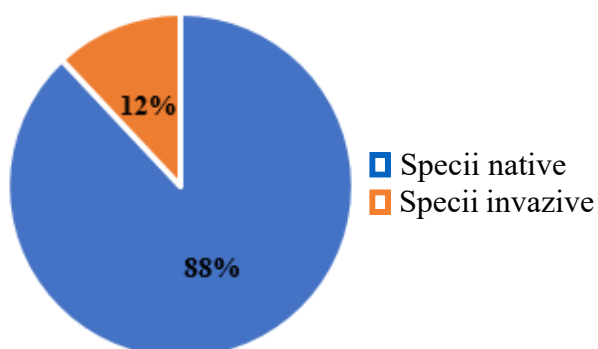
O analiză a datelor din teren, indică faptul că speciile invazive comune pentru ecosistemele urbane, din cele trei orașe cercetate includ: *Amaranthus retroflexus* L., *Artemisia annua* L., *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Erigeron canadensis* L., *Acer negundo* L., *Robinia pseudacacia* L., *Grindelia squarrosa* (Parsh) Dun., *Xanthium strumarium* L., *Cardaria draba* (L.) Desv., *Humulus lupulus* L., *Armoracia rusticana* P. Gaertn., *Cuscuta europaea* L. și *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. (fig. 4). Aceste specii prezintă un potențial ridicat de răspândire și influențează negativ flora autohtonă, competiția pentru resurse și structura ecologică a habitatului urban. Speciile invazive comune celor trei parcuri studiate sunt *Robinia pseudacacia* L. și *Ambrosia artemisiifolia* L., cu impact ecologic semnificativ asupra ecosistemelor urbane. Rezultatele evidențiază faptul că, deși proporția speciilor invazive din parcuri este mai redusă comparativ cu cea din întregul ecosistem urban, prezența lor poate afecta negativ compoziția floristică și dinamica ecosistemelor locale.

Gestionarea activă a acestor specii, împreună cu menținerea sănătății și diversității vegetației native, reprezintă măsuri esențiale pentru conservarea funcțiilor ecologice și pentru asigurarea unui mediu urban durabil, plăcut și sigur pentru vizitatori. În acest context, monitorizarea periodică a speciilor invazive și implementarea de strategii de control adecvate în parcuri și alte spații verzi urbane devin priorități esențiale pentru autoritățile locale și specialiștii în managementul biodiversității.



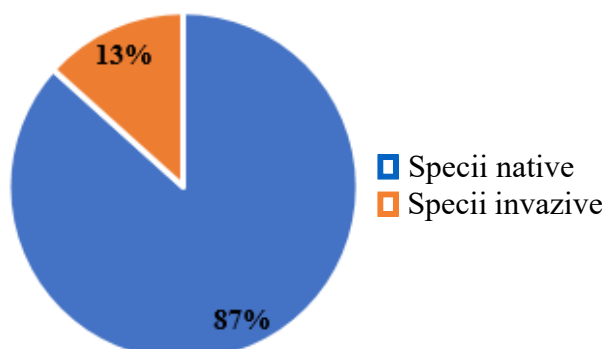
Acer negundo L.

Figura 1. Proporția speciilor de plante native și invazive în Parcul „Victoria”, mun. Bălți (2025)



Robinia pseudacacia L.

Figura 2. Proporția speciilor de plante native și invazive în Parcul „Alunelul”, mun. Chișinău (2025)



Ambrosia artemisiifolia L.

Figura 3. Proporția speciilor de plante native și invazive în Parcul „Grigore Vieru”, or. Cahul (2025)



Figura 4. Speciile invazive comune pentru ecosistemele urbane Bălți, Chișinău și Cahul (2025)

Acer negundo L., cu dezvoltare agresivă în spațiile verzi cercetate, pe marginea drumurilor sau în zonele neîngrijite, unde înlocuiesc speciile autohtone și afectează structura habitatelor. Dintre speciile erbacee - *Ambrosia artemisiifolia* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Erigeron annuus* (L.) Pers., *E. canadensis* L., *Grindelia squarrosa* (Pursh) Dun. și *Artemisia annua* L., colonizează rapid terenurile neîngrijite sau abandonate, au o capacitate ridicată de adaptare, se înmulțesc rapid, contribuind la degradarea biodiversității locale.

La nivelul Uniunii Europene, măsurile de gestionare a speciilor alogene invazive constau în acțiuni fizice, chimice sau biologice care vizează eradicarea, controlul sau izolarea unei populații aparținând unei specii alogene invazive. Dacă este cazul, măsurile de gestionare includ acțiuni orientate asupra ecosistemului destinat, desfășurate în vederea creșterii rezistenței acestuia la invaziile actuale și viitoare. Utilizarea comercială a speciilor alogene invazive, stabilite deja, poate fi permisă temporar ca parte a măsurilor de gestionare destinate eradicării, controlului populației sau izolării acestora, cu justificare strictă și cu condiția să se aplice măsuri de control adecvate pentru a se evita orice răspândire suplimentară [25].

Atunci când sunt selectate metodele de eradicare a speciilor invazive, sunt luate în considerare, în mod corespunzător, sănătatea umană și mediul, precum și speciile nevizate și habitatele acestora. De asemenea, există un sistem de monitorizare a eficacității măsurilor de eradicare, control sau izolare a populațiilor, în vederea minimizării efectelor asupra biodiversității, serviciilor ecosistemice aferente și, după caz, asupra sănătății umane sau economiei [20].

Bazându-ne pe liniile directoare ale Regulamentului (UE) nr. 1143/2014, propunem următoarele măsuri în combaterea impactului negativ al speciilor invazive asupra biodiversității urbane:

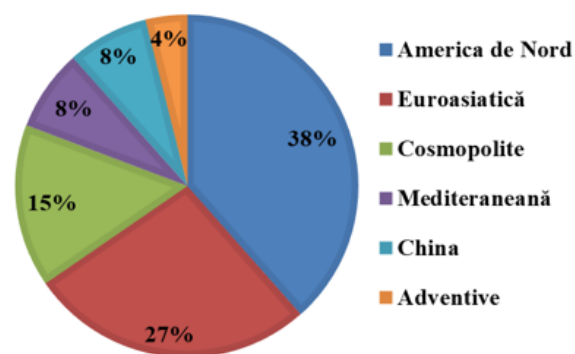


Figura 5. Raportul procentual al geoelementelor

Analiza speciilor din punct de vedere al originii lor geografice pune în evidență predominarea speciilor Nord Americane, urmate de cele cu origine eurasiatică, cosmopolită, mediteraneană și din alte regiuni biogeografice (fig. 5). Dominanța speciilor nord-americane în flora invazivă a Republicii Moldova poate fi explicată prin similitudinea condițiilor climatice dintre cele două regiuni, care favorizează adaptarea și naturalizarea acestor plante.

În ecosistemele urbane, speciile invazive beneficiază de condițiile favorabile oferite de mediul antropic perturbat. Printre cele mai frecvent întâlnite specii se numără *Robinia pseudacacia* L., un arbore introdus pentru fixarea solului, dar care s-a răspândit agresiv, afectând flora nativă, urmat de

- stoparea introducerii acestora ca specii ornamentale în spațiile verzi urbane;
 - monitorizarea continuă a răspândirii speciilor invazive;
 - eradicarea lor în stadii incipiente de invazie;
 - restaurarea ecosistemelor afectate;
 - evaluarea eficienței măsurilor implementate de eradicare, control și restaurare;
- consolidarea activităților de informare, educare și conștientizare a publicului larg.

Considerăm că, prin cunoașterea distribuției speciilor invazive, a impactului exercitat de acestea asupra habitatelor și ecosistemelor, se oferă instrumente pentru stabilirea unui management adecvat, orientat spre îndepărtarea speciilor invazive, stopării răspândirii lor și refacerea habitatelor naturale.

Concluzii

1. Identificarea și monitorizarea speciilor non-native, invazive sau cu potențial invaziv în diverse tipuri de ecosisteme, alături de analiza impactului acestora asupra structurii și funcționării comunităților vegetale locale, constituie un obiectiv esențial al cercetărilor actuale privind biodiversitatea. Această direcție de studiu este fundamentală pentru înțelegerea dinamicii ecologice și pentru elaborarea strategiilor de conservare a habitatelor naturale și antropizate.

2. Analiza datelor din literatura de specialitate indică prezența a 18 specii de plante invazive în ecosistemul urban Bălți, a 34 de specii în ecosistemul urban Chișinău și a 26 de specii în ecosistemul urban Cahul.

3. În spațiile verzi urbane, datele obținute prin cercetări de teren (2025) indică prezența a șapte specii de plante invazive în Parcul „Victoria” din mun. Bălți, aparținând la patru familii, acestea reprezentând 16% din totalul speciilor identificate, în timp ce 84% sunt specii native. În Parcul „Alunelul” din mun. Chișinău au fost identificate trei specii de plante invazive, aparținând la două familii (12%), restul de 88% fiind specii native. De asemenea, în Parcul „Grigore Vieru” din or. Cahul au fost identificate patru specii invazive (13%), în timp ce 87% dintre speciile de plante sunt native. Aceste rezultate indică o bună reziliență a spațiilor verzi cercetate, caracterizate prin ecosisteme diversificate și sănătoase, mai puțin predispuse la invazii, precum și existența unui management activ al zonelor verzi, care permite monitorizarea și eradicarea timpurie a speciilor alogene, minimizând impactul acestora.

4. Prezența speciilor alogene invazive în spațiile verzi urbane este determinată, preponderent, de activitățile umane (poluarea componentelor de mediu, schimbările climatice, fragmentarea și diminuarea suprafețelor habitatelor naturale, suprautilizarea și activitățile recreative, urbanizarea în creștere, impactul infrastructurii etc.), dar și de particularitățile ecologice ale acestora, precum capacitatea de a ocupa rapid noi habitate prin diverse căi de pătrundere, ratele ridicate de reproducere și plasticitatea ecologică ridicată.

În prevenirea și combaterea răspândirii speciilor invazive în spațiile verzi urbane, gestionarea adecvată joacă un rol esențial, prin creșterea rezilienței ecosistemelor locale (utilizarea speciilor de plante native, adaptate condițiilor pedo-climatice locale; monitorizarea periodică; intervenții de eradicare timpurie; supravegherea operațiunilor de întreținere a spațiilor verzi și de gestionare a deșeurilor etc.), fiind acompaniată de acțiuni de educare și informare, precum campanii de informare a comunităților privind riscurile asociate speciilor invazive și importanța menținerii biodiversității locale.

Bibliografie:

1. ANASTASIU, P., SÎRBU, C., URZICEANU, M., et al. *Ghid de inventariere și cartare a distribuției speciilor de plante alogene invazive și potențial invazive din România*. București: Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor & Universitatea din București. 2019. 101 p.
2. ATHOKPAM, V., CHAMROY, T., NGAIRANGBAM, H. The role of urban green spaces in mitigating climate change: an integrative review of ecological, social, and health benefits. In: *International Journal Environmental Reports*. Vol. 6., Issue 1, 2024. p. 10-14. Disponibil: <https://er.researchfloor.org/the-role-of-urban-green-spaces-in-mitigating-climate-change-an-integrative-review-of-ecological-social-and-health-benefits/> [Accessed: 8.05.2025].
3. BINIMELIS, R., BORN, W., MONTERROSO, IL., et al. Socio-economic impact and assessment of biological invasions. In book: *Biological Invasion*. 2007. pp. 331-347. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/227270572_Socio-Economic_Impact_and_Assessment_of_Biological_Invasions [Accessed: 23.07.2025].

4. BOUKITA, H., EL AMMARI, M., ELWAHAB, F., et al. Invasive plants in urban settings: a systematic review and bibliometric analysis of trends, gaps, and future implications. In: *Trees, Forests and People*. Volume 22, 2025. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666719325002778> [Accessed: 15.09.2025].
5. CERTAN C., GRABCO N., PORTARESCU A. Taxonomic structure, ecology and impact of invasive plant species on the Bălți urban ecosystem in the Republic of Moldova. In: *Present Environment and Sustainable Development*. Ed. 17, 3 iunie 2022, Iași. pp. 47-48.
6. CERTAN, C., DONICA, A. Studiul plantelor alogene invazive din spațiile verzi urbane ale Republicii Moldova. In: *Book of Abstracts Seminarul Geografic Internațional „Dimitrie Cantemir”*, XLV Ediție. Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, Facultatea de Geografie și Geologie, Departamentul de Geografie, Iași, Romania, 2025. pp. 41-42.
7. CERTAN, C., GRABCO, N., BULIMAGA, C., PORTARESCU, A. Structura taxonomică și impactul speciilor de plante invazive asupra ecosistemului urban Bălți. În: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective*. Ed. 6, 20-21 mai 2022, Bălți, Republica Moldova, 2022. pp. 338-340.
8. CIOCÂRLAN, V. *Flora ilustrată a României. Pteridophyta et Spermatophyta*. Ed. a II. Ed. „Ceres”, 2000. București, 1136 p.
9. Convention on Biological Diversity. Adopted at the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil, 5 June 1992. Entered into force 29 December 1993. Available: <https://www.cbd.int/convention/text/> [Accessed: 20.01.2026]
10. CUHARSCAIA, L. Structura taxonomică, ecologia și impactul speciilor de plante invazive asupra ecosistemului Chișinău. În: *Studia Universitatis Moldaviae. Seria Științe reale și ale naturii*. 2016, nr.1(91), p. 103-107. ISSN 1814-323.
11. CUHARSCAIA, L., BURACINSCHI, N. Unele date despre elementul adventiv din flora sectoarelor Botanica și Râșcani ale mun. Chișinău. În: *Biodiversitatea vegetală a R. Moldova: Culegere de articole științifice*. Chișinău: CEP USM, 2001, p. 89-91.
12. DUMITRAȘCU, M., GRIGORESCU, I., KUCSICSA, G. et al. Invasive terrestrial plant species in the Romanian protected areas: A geographical approach. In: *Romanian Journal of Geography*. 58(2), 2014. pp. 145–160.
13. European Committee of the Regions. State of regions and cities 2024 – EU annual report – A closer, stronger, cohesive and ambitious European Union. Publications Office of the European Union, 2024. Disponibil: <https://data.europa.eu/doi/10.2863/802688> [Accessed: 18.12.2025].
14. FIORETTI, C., PERTOLDI, M., BUSTI, M., et al. *Manual privind strategiile de dezvoltare urbană durabilă*. EUR 29990 RO, Oficiul pentru Publicații al Uniunii Europene. Luxemburg, 2020. ISBN 978-92-76-24534-6.
15. Ghid privind revitalizarea urbană pentru orașele din Republica Moldova. Ministerul Agriculturii, Dezvoltării Regionale și Mediului. 2020. 75 p. Disponibil: <https://madrm.gov.md/sites/default/files/Ghid%20privind%20revitalizarea%20urbana.pdf> [Accesat: 23.05.2025].
16. HAPCA, I. A. *Influența speciilor de plante invazive asupra biodiversității ariilor protejate. Studiu de caz: Reynoutria japonica în Parcul Natural Munții Maramureșului* / Autoreferat al tezei de doctor. Cluj-Napoca, 2014. 15 p.
17. Hotărârea Guvernului Nr. 409 din 12-06-2024 cu privire la aprobarea Strategiei de mediu pentru anii 2024-2030. În: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 325-328 art. 650, 2024. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=144295&lang=ro [Accesat: 12.11.2025].
18. Legea Nr. 239 din 08.11.2007 privind regnul vegetal, Republica Moldova. *Monitorul Oficial* Nr. 40-41 art. 114. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=152470&lang=ro# [Accesat: 12.01.2026].
19. Legea Nr. 591 din 23-09-1999 cu privire la spațiile verzi ale localităților urbane și rurale. Parlamentul Republicii Moldova. În: *Monitorul Oficial* Nr. 133-134 art. 649. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=141075&lang=ro# [Accesat: 27.02.2025].
20. *Managementul adecvat al speciilor invazive din România, în conformitate cu Regulamentul (UE) nr. 1143/2014 al Parlamentului European și al Consiliului din 22 octombrie 2014 privind prevenirea și gestionarea introducerii și răspândirii speciilor alogene invazive*. 2020. Disponibil: <https://invazive.ccmesi.ro/wp-content/uploads/2020/10/2.Livrabil-3.1.2.-Raport-Silvicultura.pdf> [Accesat: 14.01.2026].

21. MÂRZA, M. *Flora și vegetația sinantropă necultivată a Republicii Moldova* / Autoreferatul tezei de doctor habilitat în biologie. Chișinău, 2010. 43 p.
22. NEGRU, A. *Determinator de plante din flora Republicii Moldova*. Ed. „Universul”. Chișinău, 2007. 391 p.
23. Proiectul „Legii privind speciile alogene invazive”. Disponibil: <https://particip.gov.md/index.php/ro/document/stages/anunt-privind-initierea-elaborarii-proiectul-de-lege-privind-speciile-alogene-invazive/14580> [Accesat: 14.01.2026].
24. PYSEK, P., RICHARDSON, D. M. Invasive species, environmental change and management, and health. In: *Annual Review of Environment and Resources*. 35, 2010. pp. 25–55. Disponibil: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-033009-095548>. [Accessed: 17.10.2025].
25. *Regulamentul (UE) nr.1143/2014 al Parlamentului European și al Consiliului din 22 octombrie 2014 privind prevenirea și gestionarea introducerii și răspândirii speciilor alogene invazive* (JO L 317, 4.11.2014, pp. 35-55). Disponibil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/ALL/?uri=CELEX:32014R1143> [Accesat: 8.01.2026].
26. *Regulamentul de punere în aplicare (UE) 2025/1422 al Comisiei din 17 iulie 2025 de modificare a Regulamentului de punere în aplicare (UE) 2016/1141 pentru actualizarea listei speciilor alogene invazive de interes pentru Uniune*. Disponibil: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2025/1422/oj [Accesat: 8.01.2026].
27. RICHARDSON, D. M., PYSEK, P., REJMÁNEK, M., et al. Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. In: *Diversity and Distributions*. 6(2), 2000. pp. 93–107. Disponibil: <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x> [Accessed: 20.05.2025].
28. SÎRBU, C., OPREA, A. *Plante adventive în flora României*. Ed. „Ion Ionescu de la Brad”, 2011. Iași, 737 p.
29. *Strategia UE privind biodiversitatea pentru 2030*. Eur-lex. European Union. Disponibil: <https://eur-lex.europa.eu/RO/legal-content/summary/eu-biodiversity-strategy-for-2030.html> [Accesat: 18.11.2025].
30. ГЕЙДЕМАН, Т. *Определитель высших растений МССР*. Штиинца, 1986. Кишинев, 638 с.

N. B.: *Articolul a fost realizat în cadrul proiectului: 25.80012.7007.24SE „Fundamente pentru orașe verzi, sănătoase și reziliente - Evaluarea complexă, protecția și promovarea sustenabilității biodiversității spațiilor verzi urbane - sanogene în contextul modificărilor de mediu, inclusiv a schimbărilor climatice” (2025-2026), finanțat de Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare, Republica Moldova și a subprogramului de cercetare 010801 „Sporirea securității ecologice și rezilienței geo-ecosistemelor la modificările actuale de mediu”.*

Date despre autori:

Corina CERTAN, doctor în științe biologice, secretar științific, cercetător științific coordonator (în cadrul proiectului cu cifrul: 25.80012.7007.24SE), Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9476-5309>

E-mail: certancorina@gmail.com

Ala DONICA, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3308-8048>

E-mail: aladonica1980@gmail.com

Prezentat: 28.01.2026

Recenzat: 10.02.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 547.792:632.4

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_38](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_38)

ACTIVITATEA ANTIMICROBIANĂ A UNOR DERIVAȚI VINIL-TRIAZOLICI ASUPRA UNOR IZOLATE FUNGICE ȘI TULPINI BACTERIENE

Lucian LUPAȘCU,
Eugenia STÎNGACI,
Marina CEABANOVA (ZVEAGHINTEVA),
Natalia SUCMAN,
Fliur MACAEV,
Galina LUPAȘCU,
Nicolae CRISTEA,

Universitatea de Stat din Moldova

Valerina SLĂNINĂ,

Universitatea Tehnică a Moldovei

Importanța cercetărilor constă în aceea că pe fundalul condițiilor ambientale extremale crește diversitatea tulpinilor fungice și bacteriene fitopatogene sub diferite aspecte – morfologie, virulență, rezistență la diferiți factori, inclusiv la acțiunea preparatelor chimice, astfel solicitându-se tot mai mult elaborarea unor preparate eficiente contra acestor agenți fitopatogeni. Scopul cercetărilor a constat în stabilirea efectului antimicrobian al noilor derivați vinil-triazolici (DVT) către unele izolate de fung *Fusarium semitectum* și bacterii fitopatogene în condiții *in vitro*. Obiectivele au constat în cercetarea acțiunii noilor compuși asupra agenților fitopatogeni menționați, ceea ce a condus la identificarea DVT: EPS-860, EPS-165, EPS-297, cu activitate antimicrobiană complexă, oferindu-se astfel oportunități de utilizare a acestora în măsurile de protecție a plantelor împotriva fungului *F. semitectum* și a bacteriilor *Erwinia carotovora*, *Xanthomonas campestris*.

Cuvinte-cheie: izolate, fungi, tulpini, bacterii, derivați, vinil-triazoli, activitate, inhibiție.

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF SOME VINYL-TRIAZOLE DERIVATIVES ON SOME FUNGAL ISOLATES AND BACTERIAL STRAINS

The importance of the research lies in the fact that on the basis of extreme environmental conditions, the diversity of phytopathogenic fungal and bacterial strains increases in various aspects - morphology, virulence, resistance to various factors, including the action of chemical preparations, thus increasingly requiring the development of effective preparations against these phytopathogenic agents. The purpose of the research was to establish the antimicrobial effect of new vinyl-triazole derivatives (DVT) on some isolates of the *Fusarium semitectum* fungus and phytopathogenic bacteria under *in vitro* conditions. The objectives were to investigate the action of the new compounds on the mentioned phytopathogenic agents, which led to the identification of DVT: EPS-860, EPS-165, EPS-297, with complex antimicrobial activity, thus providing opportunities for their use in plant protection measures against the fungus *F. semitectum* and the bacteria *Erwinia carotovora*, *Xanthomonas campestris*.

Keywords: isolates, fungi, strains, bacteria, derivatives, vinyl-triazoles, activity, inhibition.

Introducere

Micozele și bacteriozele plantelor aduc grave prejudicii economice agriculturii și sănătății omului în întreaga lume prin diminuarea randamentului de productivitate, dar și prin compromiterea calității produselor agricole în urma poluării acestora cu toxine.

Dintre speciile patogene de *Fusarium* spp. frecvent întâlnite la plantele de porumb, grâu, soia, bumbac, arbori de banane etc. cu simptome de putregai de rădăcină se poate menționa *F. semitectum*.

Fungul are un efect foarte distructiv în cadrul germinării boabelor, creșterii și dezvoltării plantelor, conducând la pierderea viabilității acestora. Acest patogen există constant în sol și în condiții nefavorabile de mediu atacă masiv plantele slăbite, poluând boabele/semințele/fructele cu micotoxine și este deosebit de dăunătoare pentru organismul animal și uman [4, 10, 8, 11].

Fungul *F. semitectum* se caracterizează prin creștere rapidă pe mediu PDA. Miceliul coloniei este aerian, dens, de culori diferite – de la culoarea somonului până la cafeniu sau maro. Hifele sunt septate și hialine, microconidiile – rare sau absente, macroconidiile – cu 3-7 septuri. Clamidosporii sunt maronii, pot fi rari, solitari sau în lanțuri scurte [6].

Studiul a 10 izolate de *F. semitectum* prin metoda RAPD-PCR și aplicarea analizei clusteriene (metodă UPGMA) care a înregistrat coeficienți de similaritate genetică între izolate în limite largi, relevă existența diversității genetice semnificative în cadrul speciei *F. semitectum* [8].

Izolatele de *F. semitectum* extrase din fructe de banane s-au deosebit puternic pe baza capacității de producere a micotoxinelor fumonizină B1, deoxinivalenol și zearalenon în mediul nutritiv pe bază de orez. Este de menționat că primerii repetitivi trinucleotidici (PCR) nu au făcut distincție între producătorii și neproducătorii de micotoxine [1], ceea ce poate sugera ideea că deosebirile toxigene ale izolatelor sunt determinate epigenetic.

Bacteriozele – boli provocate de bacterii produc pierderi devastatoare la plante de importanță socio-economică practic în toate țările. Nu există tratamente pentru plantele infectate, iar acestea trebuie distruse prin ardere pentru a preveni răspândirea patogenilor.

Erwinia carotovora – bacterie gram-negativă produce putregaiul moale la diverse culturi (ardei, tomate, cartofi, varză). De obicei, din semințele infectate apar plante bolnave. Specia *E. carotovora* este un taxon complex format din tulpini cu o gamă largă de însușiri diferite – fenotipice, biochimice, genetice și apartenență de gazdă [5, 3].

Xanthomonas campestris – bacterie gram-negativă, este agentul cauzal al putregaiului negru la crucifere. La plantele bolnave, simptomele apar sub forma unor leziuni clorotice sau necrotice care ulterior duc la ofilire, oprirea creșterii și putrezirea tulpinii [9, 15, 14]. Specia conține mai mult de 140 de varietăți patogene care provoacă o diversitate de infecții [13].

Solicitarea tot mai mare din agricultură pentru preparate eficiente contra fitopatogenilor contribuie la intensificarea cercetărilor în scopul identificării noilor compuși cu activitate antimicrobiană. Actualitatea problemei mai este amplificată și de faptul că pe fundalul condițiilor ambientale extremale, crește diversitatea tulpinilor fungice sub diferite aspecte – morfologie, virulență, rezistență la diferiți factori, inclusiv la acțiunea preparatelor chimice.

Un număr impunător de compuși triazolici sunt folosiți frecvent pentru tratamentul diferitelor tipuri de boli umane datorită potențialului larg de activități biologice, inclusiv antifungică, anticancerigenă, antibacteriană și antivirală. Fenomenul se explică prin faptul că, compușii triazolici cu nuclee aromatice pentaatomice cu trei atomi de azot în inelul azolic aromatic cu cinci membri sunt capabili să se lege cu o varietate de enzime și receptori în sistemul biologic prin diverse interacțiuni non-covalente care îi conferă proprietăți biologice versatile [16].

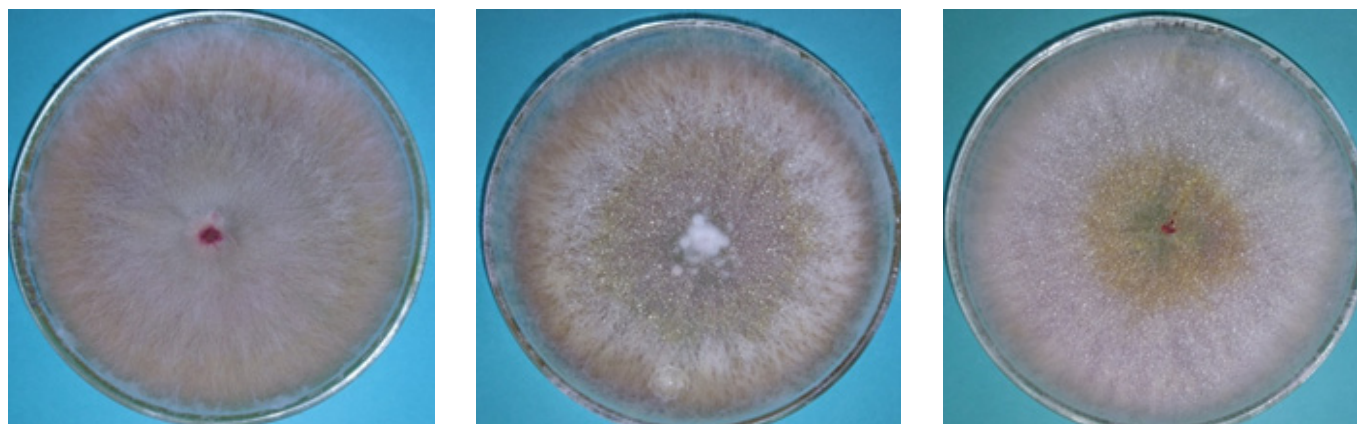
Pe baza fungului *Aspergillus fumigatus* – agent patogen al bolilor de plante și alergiilor, toxicozelor la om și animale, s-a constatat că, unul din mecanismele de bază ale acțiunii triazolilor asupra fungului constă în inhibarea activității 4 α -sterol-dimetilazei, ca rezultat diminuându-se conținutul sterolilor celulari. Acest fenomen, constatat și la alte specii fungice, provoacă acumularea sterolilor toxici intermediari care perturbă activitatea membranei celulare fungice [12].

În opinia noastră, deosebirile genetice la nivel molecular ale izolatelor *F. semitectum* și numărul impunător de variații patogene bacteriene la *E. carotovora*, *X. campestris* s-ar putea reflecta asupra multor însușiri biologice și adaptive, inclusiv, a sensibilității la substanțele cu activitate antimicrobiană.

Pornind de la cele menționate, scopul cercetărilor noastre a constat în stabilirea efectului antimicrobian al noilor derivați vinil triazolici asupra unor izolate de fungi și bacterii fitopatogene în condiții *in vitro*.

Materiale și metode

În cercetări au fost utilizate 3 izolate de *F. semitectum* (*F.s.* 1; *F.s.* 2, *F.s.*3) extrase din partea bazală a tulpinii de grâu comun de toamnă cu semne de putregai de rădăcină (Fig.1).



F. semitectum 1

F. semitectum 2

F. semitectum 3

Fig. 1. Colonii ale izolatelor de *F. semitectum* pe mediu PDA (7 zile de cultivare)

Izolarea tulpinilor de *F. semitectum* s-a efectuat în condiții aseptice pe mediu PDA (*Potatoes Dextrosis Agar*) [17]. Specia de fung a fost stabilită pe baza analizelor macro- și microscopice [2]. Testarea activității antifungice a 4 derivați vinil-triazolici (DVT): **DVT1 (EPS-165)** ((Z)-1-(2,4-diclorofenil)-5-metil-2-(1H-1,2,4-triazol-1-il)hex-1-en-3-ona)), **DVT2: (SIP-36)** (chitosan hidrolizat), **DVT3 (EPS-297)** ((Z)-1-(2,4-diclorofenil)-3-(2-hidroxifenil)-2-(1H-1,2,4-triazol-1-il)prop-2-en-1-ona), **DVT4 (EPS-860)** ((Z)-1,3-bis(2,4-diclorofenil)-2-(1H-1,2,4-triazol-1-il)prop-2-en-1-ona) s-a efectuat în concentrațiile 0,00125; 0,0025; 0,005; 0,01% prin suplimentarea în mediul nutritiv PDA (Fig. 2).

În legătură cu faptul că fungul *F. semitectum* are o creștere rapidă, măsurarea diametrului coloniilor a fost posibilă doar în zilele 3 și 4 de creștere, timp în care izolatele *F.s.* 1 și *F.s.* 2, au acoperit suprafața maximă a mediului PDA în cutia Petri, cu diametrul de 90 mm. Cutiile cu fungii însămânțați au fost menținute în termostat la temperatura de 24°C. Înregistrarea diametrului coloniilor s-a efectuat pe baza a 2 diametre perpendiculare, media cărora a servit ca indice biometric. Experiența s-a efectuat în 3 repetiții. Datele înregistrate au fost prelucrate statistic conform analizei varianței și analizei factoriale în pachetul de soft STATISTICA 7.

Tulpinile de bacterii *Erwinia carotovora*, *Xanthomonas campestris* (gram-negativ), *Pseudomonas fluorescens* (gram-negativă) și *Bacillus subtilis* (gram-pozitivă) au fost cultivate pe mediu agar-peptonat. Primele 2 specii de bacterii sunt fitopatogene, iar ultimele 2 au fost utilizate în cercetare în calitate de microorganisme bacteriene model.

Pentru stabilirea concentrațiilor minime bactericide a fost utilizată metoda diluțiilor succesive duble [7] în 3 repetiții.

Rezultate și discuții

Analiza datelor obținute a demonstrat că în prima zi de înregistrare a datelor (ziua 3 de creștere), în cazul izolatei *F.s.*1 în varianta martor media diametrului coloniilor a înregistrat $77,0 \pm 1,04$ mm. S-a observat că capacitatea de creștere a coloniilor a sporit odată cu micșorarea concentrației compușilor DVT. În variantele cu DVT1 (EPS-165) diametrul coloniilor a variat în limitele 30,83... 47,17 mm, DVT2: (SIP-36) – 55,0...73,17 mm; DVT3 (EPS-297) – 36,83...53,5 mm; DVT4 (EPS-860) – 41,67...56,83 mm. O tendință similară de inhibare mai puternică a creșterii fungilor la acțiunea concentrațiilor mari s-a observat și în cazul altor două izolate – *F.s.*2, *F.s.*3. În ziua 4 de creștere s-a observat că la primii 2 funghi (*F.s.*1, *F.s.*2) în varianta martor, miceliul a acoperit toată suprafața, diametrul coloniilor înregistrând maximul posibil – 90 mm. În varianta DVT1 diametrul coloniilor a înregistrat: 40,0; 50,0; 55,2; 67,33 mm, respectiv concentrațiilor 0,01; 0,005; 0,0025; 0,00125%. Este de menționat că o capacitate de inhibare mai puternică s-a observat pentru DVT1, dar mai slabă – DVT2 (Fig. 2).

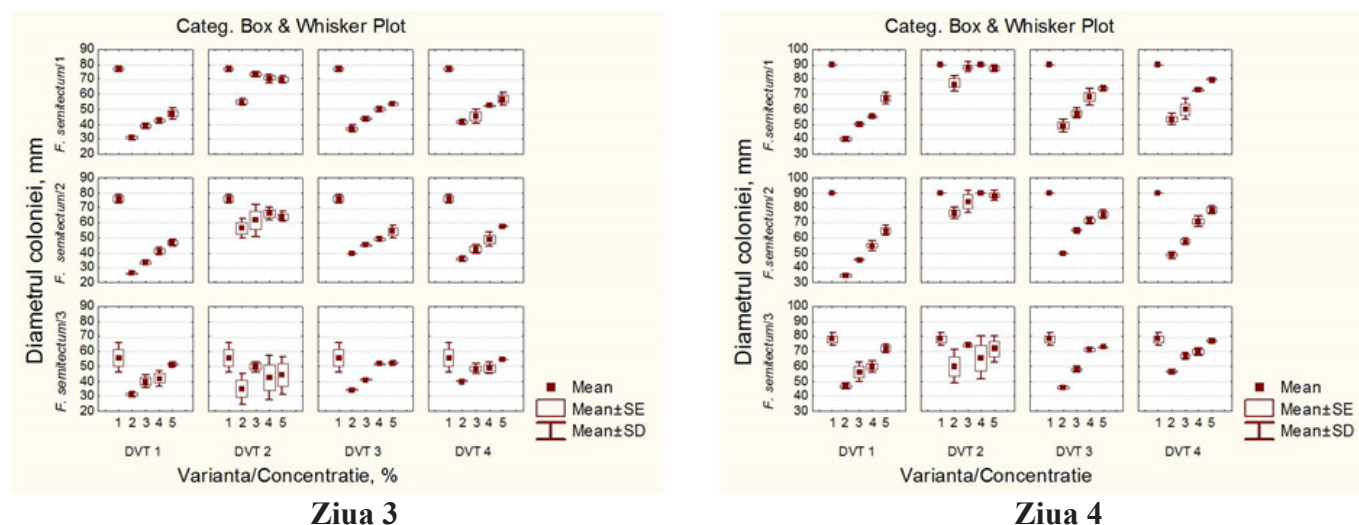


Fig. 2. Acțiunea derivaților vinil-triazolici asupra creșterii izolatelor de *F. semitectum*

Calculul procentual al diametrului coloniilor în prima zi de înregistrare, în raport cu martorul, a demonstrat că pentru izolatele *F.s.* 1, indicele a variat în limitele 40,0...61,3%, 71,4...90,7%, 47,8... 69,5%, 54,2...73,8%; izolata *F.s.* 2 – 34,6...61,6%, 74,1...84,5%, 52,6...71,3%, 47,4...75,7%; izolata *F.s.* 3 – 56,1...91,9%, 62,7...79,2%, 61,8...93,6%, 71,7...98,6%, respectiv, compușilor DVT1, DVT2, DVT3, DVT4.

În ziua a 2-a, s-au constatat următoarele valori pentru *F.s.* 1: 44,4...74,38%, 85,7...97,2%, 54,7... 82,4%, 59,2...88,6%; *F.s.* 2 – 38,6...72,0%, 85,2...98,1%, 55,6...84,2%; 54,1...87,0%; *F.s.* 3 – 59,8 ...92,0%, 76,9...91,6%, 58,8...92,9%, 72,4...98,6%, respectiv, compușilor. Este de menționat că pentru limitele indicate, valorile mici ale diametrului coloniei aparțin concentrației mari – 0,01% DVT, iar valorile mari – concentrației mici – 0,00125% DVT.

Cel mai inhibitor DVT pentru toate 3 izolate *F. semitectum* s-a dovedit a fi EPS-165. Este de menționat că la a 2-a măsurare, diferența dintre variantele cu DVT și martor ușor a scăzut, ceea ce denotă că patogenul se adaptează treptat la mediul toxic.

Analiza trifactorială a ponderii factorilor de izolată, DVT, concentrație DVT în variația diametrului coloniei, adică a capacității de creștere a fungilor a demonstrat că la prima înregistrare a datelor (ziua 3) factorii au înregistrat 16,46; 18,73; 54,92%, respectiv, izolatei, compusului, concentrației. Diferitele tipuri de interacțiuni, deși au avut suport statistic ($p < 0,05$) au prezentat o pondere mult mai mică (0,46...5,0%). La ziua 2 de înregistrare a datelor, s-au constatat schimbări semnificative în ceea ce privește rolul factorului de izolată (3,68%) și de compus/structură (32,41%). Fenomenul denotă că în procesul de creștere, calitatea biochimică a substratului are o importanță tot mai mare în raport cu entitatea izolatei. Factorii de interacțiune au înregistrat un nivel comparabil cu cel din prima înregistrare (0,37...3,84%) (Fig. 3).

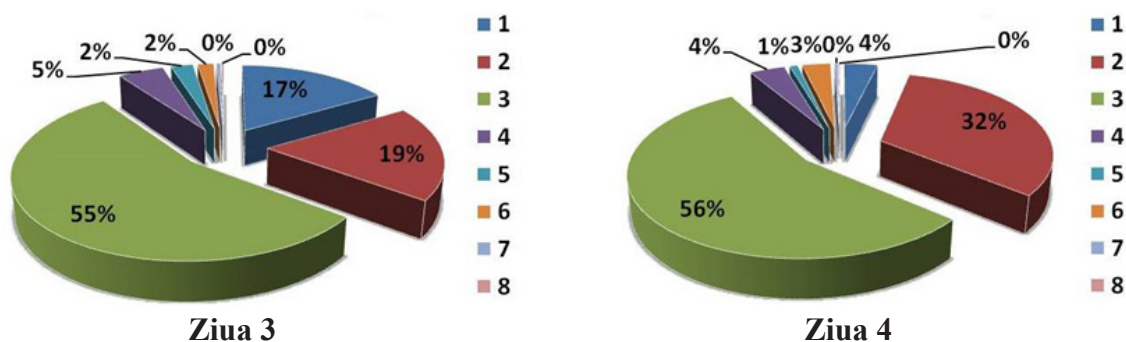


Fig. 3. Ponderea factorială a izolatei (1), compusului (2), concentrației DVT (3), interacțiunilor (4-7) și efectelor aleatorii (8) în sursa de variație a creșterii radiale a coloniilor de *F. semitectum* in vitro

1 – izolată, 2 – DVT, 3 – concentrație, 4 – interacțiune izolată – DVT, 5 – izolată – concentrație, 6 – DVT – concentrație, 7 – izolată – DVT – concentrație, 8 – efecte aleatorii.

Conform datelor din Tabelul 1, cele mai înalte proprietăți antibacteriene s-au înregistrat pentru compusul EPS-860, urmat în continuare de EPS-165 și EPS-297. Cea mai diminuată capacitate de inhibiție a manifestat SIP-36, dar suficientă pentru un efect bactericid complet (Tabelul 1).

Tabel 1. Activitatea antibacteriană a noilor derivați vinil-triazolici

Derivați vinil-triazolici	<i>P. fluorescens</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>X. campestris</i>	<i>E. carotovora</i>
	Concentrația minimă bactericidă, %			
EPS-165	0,012	0,0015	0,0007	0,0015
SIP-36	0,12	0,03	0,007	0,015
EPS-297	0,009	0,009	0,018	0,018
EPS-860	0,012	0,0007	0,0007	0,0007

Concluzii

1. Derivații vinil-triazolici aflați în studiu – EPS 165, în concentrațiile 0,00125; 0,0025; 0,005; 0,01% și EPS-297, EPS-860 în concentrațiile 0,005; 0,01% în mediu nutritiv manifestă activitate antifungică pronunțată pentru izolatele de *F. semitectum*.

2. Analiza factorială a demonstrat că cea mai înaltă pondere în sursa de variație a diametrului coloniilor de *F. semitectum* aparține factorului de concentrație (55-56%), urmat de structura compusului (19-32%) și izolata fungului (4-17%). Aceasta relevă: i) oportunitatea de sinteză dirijată a noilor compuși cu efect fungicid pentru patogen; ii) diversitatea intraspecifică a fungului *F. semitectum* în ceea ce privește vulnerabilitatea izolatelor pentru derivații vinil-triazolici.

3. Studiul comparativ al activității DVT a demonstrat că cele mai înalte proprietăți antibacteriene a manifestat EPS-860, urmat de EPS-165 și EPS-297. Compusul SIP-36 a înregistrat efecte mai slabe, dar suficiente pentru un efect bactericid complet.

4. Activitatea antimicrobiană complexă a derivaților vinil-triazolici EPS-165, EPS-297, EPS-860 oferă oportunități de utilizare largă în măsurile de protecție a unor culturi agricole de micoze și bacterioze.

Bibliografie:

1. ALGHUTHAYMI, M. A., BAHKALI, A. H. Toxigenic profiles and trinucleotide repeat diversity of *Fusarium* species isolated from banana fruits. In: *Biotechnol Biotechnol Equip.*, 2015, 29(2), p. 324–330. doi: 10.1080/13102818.2014.995519
2. BARNETT, H. L., HUNTER, B. B. *Illustrated genera of imperfect fungi*. Am. Phytopathological Society. Fourth edition. APS Press, 1998. 218 p.
3. BENADA, M., BOUMAAZA, B., BOUDALIA, S. et al. Variability of Aggressiveness and Virulence of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovorum* Causing the Soft Rot on Potato Tubers in the Western of Algeria. In: *Int. J. Plant Biol.*, 2018, 9(1), 7568; <https://doi.org/10.4081/pb.2018.7568>.
4. COSTA, M.L.N., DHINGRA, O.D., DA SILVA, J.L. Influence of internal seedborne *Fusarium semitectum* on cotton seedlings. In: *Fitopatologia Brasileira*, 2005, 30, p. 183-186.
5. HADASA, R., KRITZMAN, G., GEFENA, T. et al. Detection, quantification and characterization of *Erwinia carotovora* ssp. *carotovora* contaminating pepper seeds. In: *Plant Pathology*, 2001, 50, p. 117-123
6. <https://drfungus.org/knowledge-base/fusarium-semitectum/> *Fusarium semitectum*
7. <https://studfile.net/preview/6878370/page:38/>
8. INGLE, A., RAI, M. Genetic diversity among Indian phytopathogenic isolates of *Fusarium semitectum* Berkeley and Ravenel. In: *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 2011, 2, p. 142-148. doi: 10.4236/abb.2011.23023
9. JENSEN B.D., MASSOMO S., SWAI I.S. et al. Field evaluation for resistance to the black rot pathogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in cabbage (*Brassica oleracea*). In: *European Journal of Plant Pathology*, 2005, 113(3), p. 297-308. doi: 10.1007/s10658-005-2799-y
10. KNIGHT, C., CUTTS, D. F., COLHOUN, J. The role of *Fusarium semitectum* in causing crown rot of banana. In: *Journal Phytopathology*, 2008, 89, p. 170-176. doi:10.1111/j.1439-0434.1977.tb02853.x

11. LIU, BO, GIESLER LOREN, J., JACKSON-ZIEMS, TAMRA A. et al. Major Fusarium Diseases on Corn, Wheat, and Soybeans in Nebraska. In: *Papers in Plant Pathology*, 2012, 542, <https://digitalcommons.unl.edu/plantpathpapers/542>
12. RYBAK, J. M., XIE, J., MARTIN-VICENTE, A. et al. A secondary mechanism of action for triazole antifungals in *Aspergillus fumigatus* mediated by hmg1. In: *Nat Commun.*, 2024, 29, 15(1): 3642. doi: 10.1038/s41467-024-48029-2.
13. TANG, J., TANG, D.-J., DUBROW, Z. E. et al. An S. *Xanthomonas campestris* Pathovars. In: *Trends in Microbiology*, 2021, 29 (2), p. 182–183. doi:10.1016/j.tim.2020.06.003. ISSN 0966-842X
14. VEGA-ÁLVAREZ, C., FRANCISCO, M., CARTEA, M.E. et al. The growth-immunity tradeoff in Brassica oleracea – *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* pathosystem. In: *Plant Cell Environ.*, 2023, 46(10), p. 2985-2997. doi: 10.1111/pce.14454
15. VICENTE, J. G., HOLUB, E. B. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to brassica crops. In: *Mol Plant Pathol.*, 2013, 14(1), p. 2-18. doi: 10.1111/j.1364-3703.2012.00833.x. Epub 2012 Oct 11. PMID: 23051837; PMCID: PMC6638727.
16. ZHOU, C.-H., WANG, Y. Recent researches in triazole compounds as medicinal drugs. In: *Curr. Med. Chem.*, 2012, 19(2), 239-80, doi: 10.2174/092986712803414213
17. *Методы экспериментальной микологии*. Киев: Наукова думка, 1982. 550 с. ISBN 978-5-458-27224-7.

N. B.: Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramelor: - 010601 „Studiul chimic al metaboliților secundari din sursele naturale locale și valorificarea potențialului lor aplicativ în baza lărgirii diversității moleculare cu funcționalitate multiplă”;- 011102 „Extinderea și conservarea diversității genetice, ameliorarea genofondurilor de culturi agricole în contextul schimbărilor climatice”, finanțate de Ministerul Educației și Cercetării.

Date despre autori:

Lucian LUPAȘCU, dr., cercetător științific coordonator, Institutul de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-5006-5265

E-mail: lucian.lupascu@sti.usm.md

Eugenia STÎNGACI, dr., cercetător științific superior, Institutul de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-0731-3424

E-mail: eugenia.stingaci@sti.usm.md

Marina CEABANOVA (ZVEAGHINTEVA), dr., cercetător științific superior, Institutul de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-1553-5246

E-mail: marina.zveaghinteva@sti.usm.md

Natalia SUCMAN, dr., cercetător științific coordonator, Institutul de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8733-3040

E-mail: natalia.sucman@sti.usm.md

Fliur MACAEV, dr. hab., prof. cerc. m.c. al AȘM, șef de laborator, Institutul de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-3094-1990

E-mail: fliur.macaev@sti.usm.md

Galina LUPAȘCU, dr. hab., prof. cerc., m.c. al AȘM, șef de laborator, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-3363-3595

E-mail: galina.lupascu@sti.usm.md

Nicolae CRISTEA, cercetător științific, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0008-7259-3884.

E-mail: nicolae.cristea@sti.usm.md

Valerina SLĂNINĂ, cercetător științific, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, Universitatea Tehnică a Moldovei.

ORCID: 0000-0002-9833-7933

E-mail: valerina.slanina@imb.utm.md

Prezentat: 01.03.2026

Recenzat: 20.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

DIN ISTORICUL CERCETĂRILOR ȘI NOI DESCOPERIRI PALEONTOLOGICE ÎN APROPIEREA COMUNEI GURA GALBENEI

Andrian DELINSCHI,

Univeristatea de Stat din Moldova

Elena DELINSCHI,

Muzeul Național de Etnografie și Istorie Naturală

Lucrarea prezintă istoricul cercetărilor paleontologice și rezultatele noilor investigații efectuate în intravilanul și extravilanul comunei Gura Galbenei (raionul Cimișlia), zonă cunoscută pentru descoperiri fosilifere încă de la începutul secolului XX. Sunt sintetizate datele vechi privind situl Râpa Coțofana și sunt descrise descoperirile recente din punctele fosilifere Gura Galbenei II, III și IV. O atenție specială este acordată noului sit Gura Galbenei IV, caracterizat printr-o succesiune litologică argilo-nisipoasă cu lentile de prundiș bogate în resturi de vertebrate mici. Analiza taxonomică indică o faună diversă, dominată de ochotonide, cricetide și muride. Datele biostratigrafice sugerează atribuirea sitului vârstei Meotianului (Turolian mediu, MN 12), contribuind semnificativ la cunoașterea biodiversității și paleoambientelor Miocenului târziu din sudul Republicii Moldova.

Cuvinte-cheie: *Gura Galbenei, raionul Cimișlia, istoricul cercetărilor, stratigrafie, biostratigrafie, paleontologie, tafonomie, sit nou.*

HISTORY OF RESEARCH AND NEW PALEONTOLOGICAL DISCOVERIES NEAR THE GURA GALBENEI COMMUNITY

The paper presents the history of paleontological research and the results of recent investigations carried out within the built-up and surrounding areas of Gura Galbenei commune (Cimișlia District), a region known for fossil discoveries since the early 20th century. Classical data regarding the Râpa Coțofana site are summarized, and new findings from the fossiliferous localities Gura Galbenei II, III, and IV are described. Special attention is given to the newly discovered Gura Galbenei IV site, characterized by an argillaceous–sandy lithological succession with gravel lenses rich in small vertebrate remains. Taxonomic analysis reveals a diverse assemblage dominated by ochotonids, cricetids, and murids. Biostratigraphic evidence suggests that the Gura Galbenei IV fauna is of Meotian age (Middle Turolian, MN 12), providing important new data on Late Miocene biodiversity and paleoenvironmental conditions in southern Republic of Moldova.

Keywords: *Gura Galbenei, Cimișlia district, history of research, stratigraphy, biostratigraphy, paleontology, taphonomy, new site.*

Introducere

Comuna Gura Galbenei este așezată în zona de confluență a râului Cogîlnic și a afluentului său de stânga - râul Gălbinița. Prezența acestor două râuri a dus la formarea unor diferențe mari de altitudini pe un teritoriu relativ mic. Astfel, relieful zonei de interfluviu a acestor două râuri este destul de accidentat cu precădere în partea de Nord a localității și se diminuează simțitor până la dispariția completă în centrul localității, odată cu revărsarea r. Gălbinița în r. Cogîlnic. Localitatea se află în raionul Cimișlia, la o distanță de 20 km Nord de orașul Cimișlia.

Metode și materiale aplicate

În calitate de obiect de studiu a fost selectat intravilanul și extravilanul comunei Gura Galbenei, raionul Cimișlia. Studiarea istoricului cercetărilor paleontologice în zona propusă pentru cercetare a fost efectuată utilizând materialele din arhiva Muzeului de Etnografie și Istorie Naturală (rapoartele cercetărilor ce au activat în cadrul muzeului în perioada postbelică). Cercetările recente au fost efectuate fiind

utilizat materialul cartografic pentru precizarea poziției aflorimentelor în zona de studiu și deja nemijlocit la extragerea resturilor fosile de vertebrate mici. Au fost utilizate metoda de cernere uscată a rocii cu conținut de resturi fosile prin site de diferit diametru (3 mm, 0,5 mm), după care roca rămasă, a fost supusă cernerii umede prin spălare, ulterior uscare și cernere repetată pe uscat. Cantitatea de rocă rămasă a fost examinată în laborator pentru extragerea resturilor fosile de vertebrate mici. Lucrările de determinări taxonomice au fost efectuate utilizând microscopul binocular Zeiss Stemi DV4, iar măsurătorile au fost efectuate folosind microscopul Leica DVM500 (Porrentruy, Elveția) cu o precizie de 0,01 mm.

Istoricul cercetărilor

Primele informații cu caracter paleontologic, din satul Gura Galbenei, au fost menționate în 1913 de I. Khomenko [10], care a descoperit un dinte de *Hipparion* în una din ravenele de pe teritoriul acestei localități fără o poziționare exactă a locului descoperirii.

În toamna anului 1933, lui Ioan Suhov i s-a transmis un molar de *Mastodont borsoni* Kaup, descoperit pe teritoriul acestei localități, iar în vara următorului an, în urma expediției din sudul Basarabiei, Ioan Suhov descoperă punctul fosilifer din „Râpa Coțofana” [6, 7, 9].

În 1936 Nicolaie Macarovici [5] din localitatea Gura Galbenei (poziția exactă nu este cunoscută) descrie mai multe resturi fosile atribuite speciei *Aceratherium simplex* Krokos.

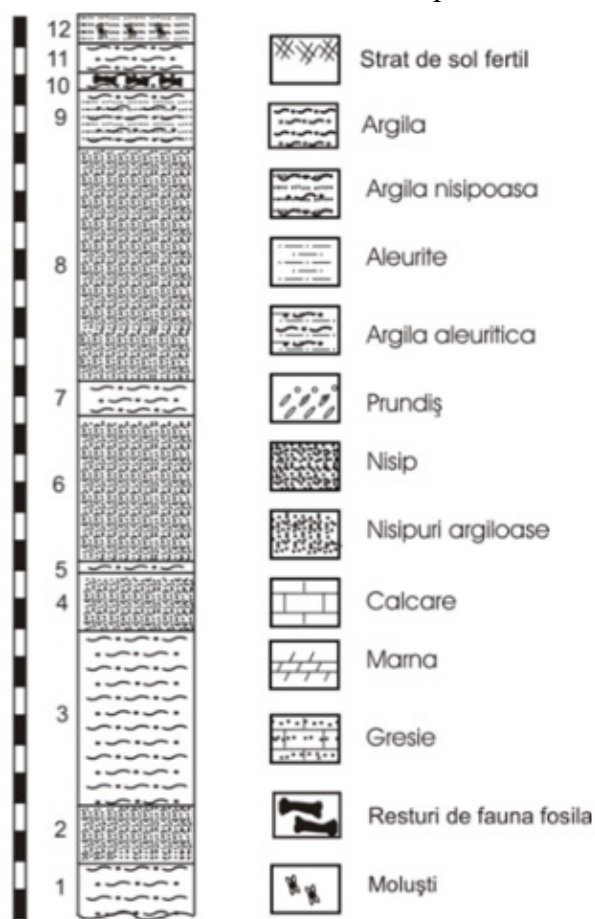


Figura 1. Coloana litologică din Râpa Coțofana după Suhov [6, 7, 9]

La o distanță de aproximativ 300 m în direcția Nord-Vest de comuna Gura Galbenei (46°42'52.5"N 28°41'14.6"E), la o altitudine absolută de 150 m (altitudinea este precizată, inițial fiind menționată eronat), într-o carieră neautorizată de nisip au fost descoperite lentile de nisip aluvial cu resturi rare de vertebrate mici preponderent rozătoare. În baza studiului preventiv a resturilor de mamifere mici, aceste depozite au fost atribuite vârstei Pliocen-Pleistocen (Gura Galbenei II) (Fig. 2).

I. Suhov [9] menționează că resturile fosile din stratul 10 (Fig. 1) formează o acumulare sub formă de lentilă. Lățimea lentilei constituie aprox. 1 m, grosimea - aprox. 30-40 cm. Resturile fosile din stratul de argilă mărnosă de culoare verde, se pot observa pe versantul ravenei la aceeași altitudine pe o distanță de 40-50 m. Conservarea resturilor fosile aflate la suprafață era una precară, fosilele fiind puternic fisurate. În același punct Suhov [9] descoperă amprente de floră fosilă.

Conform datelor primare ale lui Suhov [6, 7, 9], revizuite de Godina și David [8] și Delinschi [1, 2], în acest sit sunt prezente următoarele forme de vertebrate fosile:

Lagomorpha: *Alilepus* sp.

Carnivora: *Machairodus* sp.

Proboscidea: *Mastodon borsoni* Hays.

Perissodactyla: *Hipparion gracile* Kaup.; *Chilotherium schlosseri* Weber; *Aceratherium incisivum* Kaup.

Artiodactyla: *Microstonyx major* Gervais; *Cervavitus variabilis* Alexejew; *Helladotherium duvenoy* Gaudry et Lartet; *Gazella deperdita* Gervais.

Urmează o pauză de mai bine de 100 de ani, perioadă în care nu au fost descoperite resturi fosile noi în această localitate. Cercetările ulterioare au fost efectuate doar în baza resturilor fosile colectate în anii 1913-1936.

În vara anului 2011 în intravilanul și extravilanul localității Gura Galbenei au fost descoperite 2 puncte fosilifere noi: Gura Galbenei II și Gura Galbenei III [2].



Figura 2. Lentila de nisip aluvial din situl Gura Galbenei II

Un alt punct fosilifer descoperit în 2011 (Gura Galbenei III), este amplasat în partea de Nord a localității (intravilan), pe versantul drept al r. Galbena, la o altitudine absolută de 145 m (la fel altitudinea absolută în urma precizărilor a fost modificată) ($46^{\circ}42'38.3''N$ $28^{\circ}41'42.7''E$), într-o carieră neautorizată de nisip, rezultată în urma unei alunecări de teren (Fig. 3).



Figura 3. Lentila cu nisip și prundiș din situl Gura Galbenei III

Ca rezultat al lucrărilor de teren din anii 2011-2013 din situl paleontologic Gura Galbenei III au fost determinați următorii taxoni [2, 3, 4]:

Amphibia: *Testudo* sp., *Ophisaurus* sp.

Reptilia: *Vipera* sp.

Insectivora gen et sp. ident.

Rodentia: *Castoridae* gen et sp. ident. *Myomimus dehmi* (De Bruijn, 1966)/*maritsensis* De Buijn, Dawson & Mein, 1970-group of species, *Muscardinus* sp. *Microdyromys* sp, *Eozapus* aff *intermedius* (Bachmayer and Wilson 1970) *Lophocricetus cimisiensis* Delinschi 2014, *Neocricetodon progressus* Topachevski et Scorik, 1992, *Apodemus lugdunensis* (Shaub 1938).

Delinschi [2] presupune că biostratigrafic, situl Gura Galbenei III are asemănări cu situl Cimișlia, corespunzător i se atribuie vârstă Meotianului (Turolianul mediu MN 12).

În urma proceselor geomorfologice recente (surpări, alunecări de teren), situl paleontologic Gura Galbenei III în prezent nu este accesibil pentru efectuarea cercetărilor și colectarea resturilor fosile.

Situl paleontologic Gura Galbenei IV

În vara anului 2025, a fost descoperit un alt sit bogat în resturi fosile de vertebrate cu denumirea Gura Galbenei IV. Acest sit este localizat în extravilanul localității, pe versantul stâng al r. Galbenă (46°42'19.2"N 28°42'40.4"E) la o altitudine absolută de 138 m. Astfel, într-o mică carieră neautorizată de nisip au fost descoperite roci argilo-nisipoase cu lentile de prundiș grezos cu următoarea succesiune (de jos în sus):

1. Nisip de culoare cenușiu-verzuie, stratificare orizontală, pe alocuri stratificare oblică (Fig.4), cu grosimea vizibilă de 2 m;
2. Strat cu prundiș grezoș și găleți de argilă de diferite dimensiuni, în care au fost descoperite resturi fosile de vertebrate mici, grosimea variabilă 0,2 – 0,3 m;
3. Nisip galbui-suriu, stratificare orizontală, grosimea 1,5 m;
4. Stratul de sol. Grosimea 1,3 m.



Figura 4. Situl Gura Galbenei IV cu poziționarea stratului de prundiș, unde au fost descoperite resturi fosile de vertebrate

(aprox 700 kg). Un aspect comun cu situl Gura Galbenei III este prezența a numeroase resturi fosile de pești, reptile și amfibii reprezentate prin dentiție, vertebre etc.

Tafonomia acestui sit are trăsături comune cu situl Gura Galbenei III, cu presupunerea că în ambele cazuri nisipul cu prundișul grezos și gălețile de argilă au fost sedimentate în albia unui râu cu viteză redusă a apei și un potențial scăzut de transportare.

În urma unui studiu preliminar a resturilor fosile din situl Gura Galbenei IV au fost determinați taxonii:

Piscies: gen et sp. ident

Amphibia: *Testudo* sp., *Ophisaurus* sp.

Reptilia: *Vipera* sp.

Lagomorpha: *Alilepus* sp., *Ochotona eximia* (Khomenko 1914)

Insectivora: gen et sp. ident

Rodentia: *Euroxenomys* cf. *minutum* Franzen, Storch, 197, *Myomimus dehmi* (De Bruijn, 1966)/*maritsensis* De Buijn, Dawson & Mein, 1970-group of species, *Ramys* sp., *Vaseuromys* sp., *Muscardinus* cf. *pliocenicus austriacus* Bachmayer & Wilson, 1970, *Anomalospalax* sp., *Anomalomys* sp., *Microscoptes* sp., *Sinotamias topachevski* Sinitza and Delinschi 2022, *Csakvaromys* sp., *Lophocricetus cimishliensis* Delinschi 2014, *Neocricetodon* aff. *progressus* Topachevski et Skorik, 1992, *Pseudocricetus* aff. *orienteuropaeus* Topachevski et Skorik 1992, *Byzantinia* sp., *Progonomys* cf. *woelferi* Bachmaer & Zapfe, 1970, *Apodemus* cf. *lugdunensis* (Shaub 1938).

Predomină resturile de ochotonide cu 12 fragmente de mandibule și peste 100 de dinți solitari (total diferit de situl Gura Galbenei III, unde acest gen lipsește complet), urmat de fosile de cricetide și muride unde de asemenea sunt întâlnite fragmente de maxile și mandibule. Reprezentanții altor genuri de mamifere mici sunt puțin numeroase, o cauză probabilă fiind cantitatea relativă mică de rocă prelucrată

Concluzii

Cercetările desfășurate în intravilanul și extravilanul comunei Gura Galbenei evidențiază importanța deosebită a acestei zone pentru studiul faunelor de vertebrate fosile din Miocenul târziu al Republicii Moldova. Analiza istorică arată că, după descoperirile realizate în prima jumătate a secolului XX (Râpa Coțofana), zona a rămas insuficient investigată timp de mai multe decenii, noile date fiind obținute abia începând cu anul 2011.

Descoperirea și cercetarea siturilor Gura Galbenei II, III și, în special, Gura Galbenei IV extind semnificativ informațiile cu privire la distribuția și diversitatea faunelor meoțiene din sudul Platformei Moldovenești. Siturile Gura Galbenei III și IV sunt caracterizate prin asociații bogate de vertebrate mici, cu predominanța rozătoarelor și lagomorfelor, însoțite de resturi de pești, reptile și amfibii, indicând condiții paleoecologice similare.

Fauna din situl Gura Galbenei IV se distinge prin abundența remarcabilă a ochotonidelor, element absent în situl Gura Galbenei III, ceea ce sugerează diferențe locale de habitat și/sau particularități tafonomice în cadrul aceluiași interval de timp. Compoziția taxonomică a asociației de mamifere mici, corelată cu prezența unor taxoni-cheie (de ex. *Myomimus*, *Lophocricetus*, *Neocricetodon*, *Apodemus*), susține atribuirea biostratigrafică a sitului vârstei Meoțianului (Turolian mediu, MN 12).

Caracteristicile tafonomice și sedimentologice indică un mediu de acumulare fluvial cu energie redusă, favorabil conservării resturilor fosile autohtone sau transportate de la distanțe mici. În ansamblu, noile date contribuie la precizarea corelațiilor regionale cu alte situri din raionul Cimișlia și din estul Paratetisului și subliniază potențialul ridicat al zonei Gura Galbenei pentru cercetări paleontologice viitoare.

Bibliografie:

1. DELINSCHI A. *Studiul faunei de microvertebrate Meoțiene din partea de Sud a R. Moldova* / Autoreferat al tezei de doctor în geologie, Iași, 2008.
2. DELINSCHI A. Unele informații cu privire la siturile paleontologice din apropierea s. Gura Galbenei. În: *Buletin Științific. Revistă de Etnografie, Științele Naturii și Muzeologie, fascicula Științele Naturii*, serie nouă. 2007, vol. 16 (29), p. 88-92. Disponibil: <https://www.muzeu.md/buletin-stiintific/vol-16-29-chisinau-2012/>
3. DELINSCHI A. New dormice records from the Late Miocene of the Republic of Moldova. In: *Acta Zoologica Cracoviensia*, 2012. 56(2), p. 13-28.
4. DELINSCHI A. A new Turolian species *Lophocricetus cimishliensis* (Rodentia, Dipodidae) from the Republic of Moldova. In: *Palaeontologica Electronica*. 2014. Vol. 17, Issue 3; 35A, 13p. Disponibil: <https://palaeo-electronica.org/content/2014/923-new-dipodid-from-moldova>
5. MACAROVICI N. Restes de mamifères de la Bessarabie meridionale. In: *Annales scientifiques de l'Université Jassy*. XX. 1936.
6. SUHOV I. Zăcămintele de mamifere fosile din Basarabia. În: „*Natura*”, XXIV. 1935. nr. 6, p.33-37.
7. SUHOV I., 1935. Zăcămintul osifer din Gura Galbenei. În: *Bulletin scientifique de l'Ecole Polytechnique de Timișoara*. 1935 Tom VI, fasc. 1-2, Timișoara.
8. ГОДИНА А. Я., Давид А. Н. *Неогеновые местонахождения позвоночных на территории Молдавской ССР*. Кишинев, «Штиинца». 98 с.
9. СУХОВ И. М. *Остатки ископаемых позвоночных в Бессарабии*. Рукопись. Кишиневский Краеведческий Музей. Кишинев. 1945. 69 с.
10. ХОМЕНКО И. Заметка о костеностных отложениях с. Тараклии, Бендерского уезда, Бессарабкой губернии. В: *Труды Бессарабского общества Естествоиспытателей*. 1913. Том IV, Кишинев.

N. B: „Această lucrare a fost efectuată în urma realizării proiectelor: „Late Miocene precipitation changes influencing biodiversity dynamics in Eastern Paratethys (Central Eurasia)”. Project number: 200021_197323. Swiss National Science Foundation și Proiect nr. 25.80012.7007.2 5SE „Clarificări cu privire la biodiversitatea și paleomediul din Miocenul tardiv prin valorificarea potențialului științific a siturilor cu faună de vertebrate fosile din raionul Cimișlia”.

Date despre autori:

Andrian DELINSCHI, doctor în geologie, cercetător științific superior, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8140-401X>

E-mail: andrian.delinschi@usm.md

Elena DELINSCHI, cercetător științific, Muzeul Național de Etnografie și Istorie Naturală.

E-mail: lenutzadelinschi@gmail.com

Prezentat: 04.02.2026

Recenzat: 19.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

APRECIERE ECOLOGICĂ A DIVERSITĂȚII COMUNITĂȚILOR PROCARIOTE DIN SOL

Nina FRUNZE,

Universitatea Tehnică a Moldovei

Studiul diversității taxonomice a microbiomului procariotic din cernoziomul carbonatic al RM la nivel de încrengături are loc în premieră. S-a constatat că spectrul comunităților procariote e format din 17 componente, ceea ce denotă o varietate biologică a procariotelor aparent înaltă. Evaluarea diversității procariote prin indicii ecologici Shannon, Margalef și Jacquard a relevat, însă, prin faptul că aceste comunități procariote nu numai că se caracterizează printr-o diversitate biologică joasă. În funcție de tipul și cantitatea fertilizantului, diversitatea lor biologică se află în continuă scădere, înregistrând și o similaritate înaltă între opțiuni. Această situație poate condiționa diminuarea sănătății solului și, cel mai important – a sănătății umane. Având în vedere relația complexă dintre microorganismele solului și microbiomul uman, conservarea și/sau sporirea diversității microorganismelor solului devine o sarcină extrem de importantă pentru umanitate întru susținerea și menținerea vieții pe Pământ.

Cuvinte-cheie: procariote, analiza metagenomică, gena 16S ARNr, diversitate biologică, indici ecologici, cernoziom carbonatic.

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF COMMUNITY DIVERSITY SOIL PROKARYOTES

The study of the taxonomic diversity of the prokaryotic microbiome in the carbonate chernozem of the Republic of Moldova at the phylum level is taking place for the first time. It was found that the spectrum of prokaryotic communities consists of 17 components, which denotes an apparently high biological variety of prokaryotes. The assessment of prokaryotic diversity using the Shannon, Margalef and Jacquard ecological indices revealed, however, that prokaryotic communities are not only characterized by low biological diversity. Depending on the type and amount of fertilizer, their biological diversity is constantly decreasing, also recording a high similarity between options. This situation may condition the decline of soil health and, most importantly, human health. Given the complex relationship between soil microorganisms and the human microbiome, the preservation and/or increase of the diversity of soil microorganisms becomes an extremely important task for humanity in order to support and maintain life on Earth.

Keywords: prokaryotes, metagenomic analysis, 16S rRNA gene, biological diversity, ecological indices, carbonate chernozem.

Introducere

Odată cu descoperirea celui de-al treilea domeniu al vieții – Archaea [27], procariotele includ două domenii – Bacteria și Archaea, reprezentând „unitatea elementară și baza universală a vieții” [6]. Aproximativ 5% din numărul total de procariote de pe Pământ, estimat la 10^{28} – 10^{30} organisme, sunt concentrate în sol [4]. Diversitatea microbiotei solului în general și a procariotelor, în particular, este un factor important în stabilitatea biologică a solului, intensitatea și direcția multor procese biochimice din sol și un instrument de biodiagnostic cu un potențial informativ larg [32]. La evaluarea diversității comunităților biologice se utilizează diverși indici – indicatori numerici calculați pe baza numărului de taxoni dintr-o comunitate și a numărului de indivizi din diferiți taxoni. Important este ca aprecierea să includă două componente: bogăția (numărul de taxoni) și uniformitatea (abundența relativă) a taxonilor. Metagenomica utilizează o varietate de indici de diversitate, inclusiv cei clasici, utilizați pe scară largă în ecologie pentru analiza comunităților de organisme superioare și unii mai specifici, propuși relativ recent [33]. Unii dintre cei mai simpli indici de diversitate, care nu iau în considerare abundența relativă a taxonilor sunt indicele Margalef. Calculul lor ia în considerare doar numărul de taxoni detectați – S și numărul total de indivizi – N. Totodată, similaritatea structurii comunităților bacteriene se determină conform indicelui Jaccard. Cel mai frecvent indice utilizat pentru caracterizarea diversității comunităților microbiene este indicele Shannon, uneori numit și indicele Shannon-Wiener – H [32].

Metagenomul solului este specific prin structura sa, caracterizat printr-o diversitate taxonomică extrem de mare a microorganismelor [6] și, de regulă, prin absența unor dominanți clar exprimați la un nivel taxonomic scăzut, de aceea numai aplicarea unor indici potriviți de apreciere a diversității comunităților microbiene poate releva adevărata diversitatea lor. Cu toate acestea, în timp ce în ecologia clasică, aplicarea diferiților indici de diversitate și a limitelor variabilității lor sunt bine cunoscute, pentru datele metagenomice aceste aspecte abia se conturează.

Scopul studiului de față l-a constituit determinarea diversității comunităților procariote din sol și aprecierea ei cu ajutorul unor indici ecologici de diversitate.

Metode și materiale aplicate

Obiectul studiului a fost reprezentat de comunitățile microbiene ale cernoziomului carbonatic: ușor lutos cu 2,5-3,0% humus, 0,8-1,5 mg /100 g fosfor mobil (după Machigin), 18-22 mg/100 g potasiu schimbabil și 1,8-2,2% carbonați în stratul de sol de 0-20 cm. Studiile au fost efectuate în perioada 2020-2022 în cadrul unui experiment staționar de lungă durată a Universității Agrare „Chetrosu”, raionul Anenii-Noi (înființat în 1950). Probele de sol au fost colectate primăvara de sub plantele de grâu de toamnă dintr-o rotație de culturi cu opt câmpuri, în următoarele variante: 1 – fără îngrășăminte din 1950, 2 – îngrășăminte minerale, 3 – îngrășăminte organice și 4 – pârlăoagă. Ratele de îngrășământ: total pentru rotația culturilor: N675P480K480 (N90P60K60 pentru fiecare cultură de porumb boabe, N120P60K60 pentru grâu de toamnă înainte de porumb și înainte de floarea-soarelui, N45P60K60 pentru floarea-soarelui și mazăre). Total pentru rotația culturilor: 144 t/ha de gunoi de grajd semi-putrezit (40 t pentru fiecare cultură de porumb/ boabe, 22 t pentru grâu de toamnă înainte de porumb și înainte de floarea-soarelui, 20 t pentru floarea-soarelui).

Analiza metagenomică la prima etapă a inclus extragerea ADN-ului din probele de sol. Pentru aceasta a fost utilizat un kit de reactivi MACHEREY-NAGEL NucleoSpin Soil de la MACHEREY-NAGEL (Germania), conform instrucțiunilor producătorului. Analiza taxonomică a comunității procariote a fost determinată pe baza analizei bibliotecilor de ampliconi a fragmentelor de operoni ribozomali, aplicând primerii universali F515/R806 pe regiunea variabilă a genei 16S rRNA-v4 (GTGCCAGCMGCCGCGGTAA/GGACTACVSGGGTATCTAAT). Acești primeri sunt specifici pentru o gamă largă de microorganisme, inclusiv bacterii și arhei [1]. Toți primerii aveau secvențe de serviciu care conțineau linkeri și barcoduri (necesare pentru secvențiere, folosind tehnologia Illumina). Reacția în lanț a polimerazei (RLP) a fost efectuată într-un amestec de reacție de 15 ml conținând 0,5-1,0 unități de activitate Q5® High-Fidelity ADN Polymerase (NEB, SUA), 5 pM fiecare primer direct și invers, 10 ng de ADN șablon și 2 nM din fiecare dNTP (Life Technologies). Amestecul a fost denaturat la 94°C timp de 1 minut, urmat de 35 de cicluri de 94°C timp de 30 s, 50°C timp de 30 s și 72°C timp de 30 s. Elongarea finală a fost efectuată la 72°C timp de 3 minute. Produsele RLP au fost purificate conform metodei recomandate de Illumina folosind AM-PureXP (BeckmanCoulter, SUA). Prepararea ulterioară a bibliotecilor a fost efectuată conform Ghidului de preparare a kitului de reactivi MiSeq (Illumina). (https://support.illumina.com/documents/documentation/chemistry_documentation/16s/16s-metagenomic-library-prep-guide-15044223-b.pdf). Bibliotecile au fost secvențiate conform instrucțiunilor producătorului pe un instrument Illumina MiSeq (Illumina, SUA) utilizând MiSeq® ReagentKit v3 (600 cicluri) cu citire dublă (2x300 nt). Datele obținute ca urmare a secvențierii probelor au fost procesate utilizând pachetele software „Trimmomatic” [3] și „QIIME” [4]. Identificarea taxonomică a fost efectuată folosind baza de date SILVA. Analiza metagenomică a fost efectuată folosind echipamentele Centrului Rus de Cercetare: Tehnologii Genomice, Proteomică și Biologie Celulară al Institutului de Microbiologie Agricolă, Sankt Petersburg, Rusia.

Pe baza datelor obținute a fost calculată diversitatea ecologică a procariotelor, precum și diverși indici ecologici de diversitate a lor [31, 32]. Diversitatea alfa (adică diversitatea în cadrul unei comunități microbiene): indicii Margalef ($d1 = S - 1/\ln N$). Diversitatea generală: indicii Shannon ($H^* = -\sum (ni/N)\log(ni/N)$), unde S – este numărul de specii procariote, N – este masa totală, ni – este estimarea „contribuției” masei fiecărei încrângături. Diversitatea beta (diversitatea dintre comunități): indicele Jaccard, $Kj = c/a+b+c$, unde a – este numărul de specii din prima parcelă de probă, b – este numărul de specii din a doua parcelă de probă și c – este numărul de specii comune primei și celei de-a doua parcele.

Conținut (procese descrise și rezultate obținute)

Secvențierea de randament înalt a genei 16S rARN a relevat că spectrul comunității procariote a cernoziomului carbonatic este format din 17 încrengături (Tab. 1): Actinomycetota, Pseudomonadota, Bacteroidota, Bacillota, Acidobacteriota, Verrucomicrobiota, Planctomycetota, Myxococcota, Nitrospirota, Gemmatimonadota, Cyanobacteriota, Patescibacteriota, Chloroflexota, Fibrobacterota, Abditibacteriota, Bdellovibrionata și Nitrososphaerota, fiind un număr incomparabil de mare cu informația obținută prin metoda tradițională de studiu [4, 5]. Primele 16 încrengături reprezintă domeniul Bacteria, iar încrengătura Nitrososphaerota aparține domeniului

Tabelul 1. Încrengăturile procariote ale cernoziomului carbonatic din Republica Moldova*

Denumire științifică internațională	Sinonime	Scurtă descriere, sursa bibliografică
Actinomycetota , Goodfellow, 2021 [16]	Actinobacteriota Oren et al. 2015 Actinobacteria, Goodfellow. 2012	Formează relații simbiotice cu plantele, participă la descompunerea azotului și fixarea lui. Se întâlnesc în medii bogate în nutrienți. Multe forme sunt patogene. Multe dintre ele formează substanțe biologice active [16].
Pseudomonadota , Garrity et al. 2021 [16]	Proteobacteria, Stackebrandt et al. 1988 Garrity et al. 2005	Sunt omniprezente în sol și apă. Trăiesc în simbioză cu plantele, fixând azotul. Conțin mulți agenți patogeni și sunt surse de antibiotice [20-21].
Nitrososphaerota , Brochier-Armanet et al. 2021 [16]	Thaumarchaeota, Brochier-Armanet et al. 2008	Arhei răspândite în mediile terestre, cu strămoși termofili. Sunt oxidanți de amoniac și joacă un rol important în ciclurile azotului și carbonului [27].
Bacillota , Gibbons and Murray 2021 [16]	Firmicutes, Garrity & Holt 2001, Bacillota, Whitman et al. 2018	Specii simbiotice, extrem de adaptate la tractul gastrointestinal. Sunt răspândite și în rizosferă [16].
Bacteroidota , Krieg et al. 2021 [16]	Bacteroidaeota, Oren et al. 2015	Alcătuiesc ~30% din microbiomul intestinal al șoarecilor și omului, multe produc endospori în condiții extreme din diverse medii și includ agenți patogeni [12].
Acidobacteriota , Thrash, Coates, [16]	Acidobacteria, Thrash and Coates. 2010	Acestea sunt abundente și omniprezente în sol și participă la ciclurile carbonului și azotului [12, 18],
Verrucomicrobiota , Hedlund 2021 [16]	Verrucomicrobaeota, Oren et al. 2015	Sunt răspândite în mediu, relativ inactive. Consumă pentoze sulfatate, metil în timpul înfloririi diatomeelor din apă [12].
Myxococcota , Waite et al. 2021 [16]	Myxococcia, Cavalier-Smith 2020	Bacterii alunecătoare, predominant aerobe, se disting prin comportamentele lor sociale complexe, inclusiv prădarea cooperativă, motilitatea planantă și formarea de corpuri fructifere multicelulare sub stres nutritiv. Se găsesc în medii acvatice și terestre. În ciclurile carbonului și azotului oxidează amoniul [16].
Planctomycetota , Garrity, Holt [16]	Planctomycetaeota, Oren et al. 2015	Larg răspândite în habitate acvatice și terestre. Joacă un rol semnificativ în ciclurile globale ale carbonului și azotului, multe specii fiind capabile de oxidare anaerobă a amoniului, cunoscute și sub numele de anammox [12].
Nitrospirota , Garrity & Holt [16]	Nitrospiraeota, Oren et al. 2015	Conțin taxoni care oxidează nitriții în nitrați (bacterii care oxidează nitriții) [16].
Gemmatimonadota , Zhang et al. 2021	Gemmatimonadaeota, Oren et al. 2015 [16]	Alcătuiesc ~2% din comunitățile bacteriene din sol și mai puțin din mediile acvatice [28].

Patescibacteriota , Parks et al. 2018 Candidate phyla radiation, CPR [7]	Patescibacteria, Parks et al. 2018 Patescibacteriota, Dutkiewicz et al. 2025	Bacterii foarte mici, trăiesc pe suprafața altor bacterii și pe contul acestora. Elimină nutrienți și restabilesc resursele în stațiile de epurare a apelor uzate [7].
Cyanobacteriota , Oren et al. 2022 [16]	Cyanobacteria, Woese et al. 1985	Microorganisme fotosintetice care trăiesc în diverse medii acvatică și sol. Fixează azotul atmosferic [17].
Chloroflexota , Garrity and Holt 2021 [16]	Chloroflexi, Garrity and Holt 2001, Chlorobacteria, Cavalier-Smith. 2006	Bacterii metabolic diverse, variază de la fototrofe anoxi- gene la anaerobe stricte implicate în respirația organohalo- genurilor și degradarea materiei organice. Omniprezente în medii terestre, acvatică și extreme, cum ar fi izvoarele termale, sistemele de epurare a apelor uzate și sedimentele marine adânci. Utilizează compuși cu sulf redus ca tiosul- fatul sau sulfurul elementar [16].
Fibrobacterota , Garrity & Holt [16]	Fibrobacteraeota, Oren et al. 2015	Încrângătură bacteriană mică, ce include multe dintre principalele bacterii din rumen, facilitând degradarea celulozei vegetale la animalele ruminante [16].
Abditibacteriota . Tahon et al. 2018 [21]	Abditibacteriota, Tahon, 2018 Candidate division FBP, Phylum FBP	Răspândite în medii extreme de pe Pământ, în habita- te cu conținut scăzut de nutrienți, chemoheterotrofe. Au rezistență extremă la antibiotice și compuși toxici.
Bdellovibrionota , Waite et al. 2021 [25]	Bdellovibrionota, Waite et al. 2020, Oligoflexaeota	Prădători obligatorii ai altor bacterii. Sunt diverși și omni- prezente în mediul înconjurător. Microbi mici, în formă de vibron, renumiți prin stilul lor de viață prădător obligato- riu, în care invadează și consumă alte bacterii.

**Notă – propuse ca file noi, publicație validă*

Archaea. Conform Comitetului Internațional pentru Taxonomie Procariotă (2021), încrângăturile sunt noi, identificate și/sau confirmate prin analiză metagenomică [8-10, 16]. Procariotele identificate au fost similare în ceea ce privește compoziția componentelor pe parcursul perioadei de studiu, dar abundența lor a variat în funcție de variantă. Toate încrângăturile (17) au fost prezente doar în solul nefertilizat al rotației culturilor (control). În variantele fertilizate, au fost identificați câte 15 reprezentanți, în timp ce în solul lăsat pârloagă au fost identificați doar 13. Încrângăturile au diferit și în proporția lor relativă în comunitate. Conform tabelului 1, de fapt, multe procariote sunt omniprezente în sol și apă [16, 28], au o gamă largă de însușiri: formează relații simbiotice cu rădăcinile plantelor, sunt fixatori de azot și/sau participă la descompunerea materiei organice moarte, fac parte din microbiomul intestinal al oamenilor și animalelor, au capacitatea de a fixa azotul atmosferic în sol [17], contribuie la sănătatea solului prin reciclarea nutrienților și descompunerea deșeurilor [7] și pot juca un rol important în ciclurile azotului și carbonului [12, 18, 27]. În același timp, acestea includ mulți agenți patogeni pentru plante, animale și oameni și sunt, de asemenea, surse excelente de antibiotice și alte substanțe biologice active [20-21] etc. Pot fi găsite în medii cu disponibilitate ridicată/redușă a nutrienților. Cu toate acestea, trăsăturile adaptive care facilitează răspândirea lor nu au fost încă studiate în mod adecvat pentru toate mediile [18]. Această imagine este în general tipică pentru comunitățile din sol. Literatura de specialitate indică prezența unui număr mare de Actinobacterii, Bacteroidetes și Proteobacterii, chiar și în soluri de diferite origini și tipuri. Diferența constă în abundența microorganismelor, relația sa cu alte componente și ponderea sa relativă în comparație cu totalul procariotelor [12].

Ca alternativă la condițiile de sol, bacteriile s-au identificat în următoarea secvență: sol nefertilizat → fond organic → fond mineral → fond natural (pârloagă), în timp ce arheile – au preferat condițiile solului în direcție opusă: fond natural (pârloagă) → fond mineral → fond organic → fond nefertilizat.

Tabelul 2. Structura taxonomică a comunităților procariote și abundența încrengăturilor pe diferite fonduri ale rotației de culturi din cernoziomului carbonatic, cultura – grâu de toamnă

Nr. d/o	Încrengătura	Fondurile experimentale			
		nefertilizat	mineral	organic	natural
1.	Actinomycetota	46,53±0,8747	38,55±0,7247	38,17±0,7176	38,17±0,7176
2.	Pseudomonadota	27,02±0,5188	25,72±0,4938	22,40±0,4301	19,80±0,3802
3.	Nitrososphaerota	7,32±0,1369	13,25±0,2478	13,04±0,2439	22,40±0,4189
4.	Bacteroidota	6,68±0,0131	8,55±0,1676	12,42±0,2434	5,11±0,1002
5.	Bacillota	6,08±0,1179	7,06±0,1369	6,90±0,1339	6,08±0,0608
6.	Acidobacteriota	1,94±0,0361	2,03±0,0378	2,09±0,0389	3,32±0,0618
7.	Verrucomicrobiota	1,37±0,0260	1,71±0,0321	1,37±0,0258	2,09±0,0393
8.	Myxococcota	1,09±0,0207	1,19±0,0225	1,71±0,0323	1,19±0,0225
9.	Nitrospirota	0,52±0,0098	0,65±0,0124	0,65±0,0124	0,48±0,0092
10.	Planctomycetota	0,58±0,0113	0,58±0,0109	0,58±0,0109	0,65±0,0122
11.	Gemmatimonadota	0,44±0,0086	0,36±0,0069	0,36±0,0069	0,58±0,0113
12.	Patescibacteriota	0,19±0,0037	0,19±0,0017	0,17±0,0032	0,08±0,0015
13.	Cyanobacteriota	0,08±0,0015	0,08±0,0016	0,03±0,0006	0,08±0,0016
14.	Chloroflexota	0,03±0,00057	0,07±0,0014	0,06±0,0012	neidentificat
15.	Fibrobacterota	0,05±0,00095	0,01±0,0002	0,03±0,0006	neidentificat
16.	Abditibacteriota	0,07±0,0013	neidentificat	neidentificat	neidentificat
17.	Bdelovibronota	0,01±0,00019	neidentificat	neidentificat	neidentificat

Evaluarea cantitativă a conținutului de procariote din diferite grupuri filogenetice din sol ne permite să concluzionăm că comunitatea bacteriană este cea mai sensibilă la tipul de utilizare a cernoziomului. Printre procariotele identificate, cea mai mare abundență a fost înregistrată pentru microorganismele din domeniul Bacteria (77,60–92,68%). Lideri printre acestea au fost reprezentanții încrengăturii Actinomycetota (38,17-46,53%), atingând cea mai mare valoare în solul fără îngrășămintă și cea mai mică – în solul fertilizat pe termen lung cu îngrășămintă organice, precum și în solul lăsat pârloagă. În continuare, printre majoritatea componentelor comunității procariote, s-au întâlnit pe scară largă reprezentanți ai încrengăturii Pseudomonadota (19,80-27,02%), care, în general, au fost de aproape 2 ori inferiori ca număr, înregistrând totodată variante de dezvoltare similare actinobacteriilor. Al treilea în ceea ce privește reprezentativitatea a fost încrengătura arheală Nitrososphaerota (7,32-22,40%). În ciuda faptului că a avut o pondere de cca jumătate din a celei anterioare, aceasta a înregistrat cele mai mari proporții în solul de pârloagă și cele mai mici în solul nefertilizat, în timp ce în variantele fertilizate aportul arheilor la comunitatea procariotă s-a dublat (13,04-13,25%) față de solul nefertilizat (7,32%), observându-se în același timp o prezență dublă în solul de pârloagă (22,40%) față de variantele fertilizate (13,04-13,25%) și un exces de aproape 4 ori față de solul nefertilizat al asolamentului (7,32%). Încrengătura Bacillota (6,08-12,42%) a fost, de asemenea, caracterizată prin indicatori înalți, distingându-se prin cele mai mari valori ale abundenței sale în solul fondului organic și cele mai mici – în solul neprelucrat de pârloagă. Procariotele din încrengătura Bacteroidota au manifestat o pondere de 5,11-8,55%, cele mai mari valori fiind înregistrate în variantele fertilizate (6,90-8,55%). Remarcabile au fost și încrengăturile: Acidobacteriota (1,94-3,32%), Verrucomicrobiota (1,37-2,09%) și Myxococcota (1,09-1,71%), care nu s-au distins nici prin fluctuații mari, nici prin valori ridicate ale abundenței în comunitate. Acestea au înregistrat cele mai mari valori în solul fondului organic sau în solul de pârloagă, iar cele mai mici – în solul fondului nefertilizat. Dintre acestea, încrengătura Acidobacteriota a înregistrat cele mai mari valori (3,32-1,94%), iar încrengătura Myxococcota cele mai mici, în timp ce Verrucomicrobiota (1,37-2,09%) a ocupat o poziție intermediară printre ele. Următoarele 9 încrengături s-au distins printr-o contribuție foarte mică la abundența comunităților procariote.

Dintre ele, primele 5 încregături: Nitrospirota (0,15-0,65%), Planctomycetota (0,58-0,65%), Gemmatimonadota (0,36-0,58%), Patescibacteriota (0,08-0,19%) și Cyanobacteriota (0,03-0,08%) au fost comparativ mai frecvente și au prezentat o contribuție de 0,03-0,07%, comparativ cu celelalte. Fibrobacterota (0,01-0,05%) și Chloroflexota (0,03-0,07%) au lipsit în solul fondului natural. Iar încregăturile Abditibacteriota (0,00-0,07%) și Bdellovibrionota (0,00-0,01%), cu o contribuție de doar 0,01-0,07% au fost identificate numai în solul fondului nefertilizat.

Evaluarea diversității biologice a comunităților microbiene cu ajutorul indicilor ecologici a demonstrat că în cernoziomul carbonatic studiat diversitatea biologică a procariotelor aparent înaltă, de facto, nu numai că este joasă, dar și în continuă scădere. Astfel, conform indicilor Margalef (d1), diversitatea alfa a scăzut cu 12-25% față de martor, iar variantele studiate se succed în următoarea ordine descrescătoare după acest indicator: nefertilizat (16,63) → mineral (14,63) → organic (14,63) → natural (12,45). Per total, diversitatea generală după indicele Shannon a relevat că probele solului lăsat pârloagă au demonstrat cele mai înalte niveluri de diversitate: indicii Shannon aici au crescut semnificativ (deși aceste valori se consideră scăzute și foarte scăzute [31]). În timp ce valoarea acestui indicator (H) în solul fondului natural a fost de 1,2, în solul fondului organic (0,59), mineral (0,62) și nefertilizat (0,60) aceasta a scăzut semnificativ. Diversitatea beta, conform indicelui Jaccard a arătat o similaritate înaltă și nesemnificativă între variante: 0,9981-1,000. Cea mai mare asemănare (1,000) a fost constatată între solul fondului mineral și celui organic, iar cea mai mică – între variantele arate și solul pârloagă de 75 de ani (0,9981). Indicele Jacquard pentru celelalte variante a fost de 0,9992.

Așadar, complexul procariot al cernoziomului carbonatic este format în principal din reprezentanți ai 17 încregături, ceea ce denotă o diversitatea biologică a procariotelor aparent înaltă. Însă aprecierea ecologică relevă, ca ea nu numai că este joasă, dar și în continuă scădere [11, 13, 30]. Compoziția procariotelor și abundența acestora au fost similare cu spectrul identificat în alte regiuni [20, 23]. Studii comparative ale microbiomului solului cu cel al organismului uman au arătat că încregăturile dominante de procariote sunt similare, în ciuda reprezentării lor cantitative diferite [22, 24]. Mai puține potriviri între microbii din sol și cei intestinali au fost găsite la niveluri taxonomice inferioare.

Solurile din întreaga lume sunt diverse, la fel ca și microbii lor. Există doar câteva specii care pot fi depistate în toate solurile, în timp ce există numeroase specii rare care se găsesc doar în anumite soluri sau zone geografice [23, 26]. Industrializarea crescândă a agriculturii condiționează diminuarea biodiversității solului [2, 14], ceea ce, la rândul său, dă naștere la o serie de probleme pentru umanitate.

1. Schimbările rezultate în ecosistemele microbiene pot afecta, de asemenea, ciclurile biogeochimice, ducând la o deficiență a multor nutrienți în sol, deși solul conține tot de ce au nevoie plantele [15]. Problema constă în disponibilitatea nutrienților ușor absorbiți de plante, ceea ce se realizează cu participarea microorganismelor din sol. Solurile sărace în nutrienți pot provoca carențe ale anumitor micronutrienți la plante, care, la rândul lor, condiționează deficiențe în organismul uman [19, 22].

2. Diminuarea diversității microorganismelor din sol induce diminuarea diversității microbiomului uman și, prin urmare, scăderea sănătății umane și a calității vieții omului [29]. Adică, diminuarea diversității microbiomului solului nu înseamnă doar scăderea sănătății solului. Există o relație complexă între microorganismele solului și microbiomul uman, în care interacțiunile cu mediul și nutriția joacă un rol crucial în menținerea vieții și sănătății umane [34], confirmând că biodiversitatea în general și biodiversitatea microorganismelor solului în special sunt esențiale pentru sănătatea umană.

Având în vedere relația complexă dintre microorganismele solului și microbiomul uman, conservarea și/sau sporirea diversității microorganismelor solului devine o sarcină extrem de importantă pentru umanitate întru susținerea și menținerea vieții pe Pământ. Înțelegerea și interpretarea acestor relații necesită cercetări suplimentare.

Concluzii

1. S-a stabilit că spectrul comunităților procariote ale cernoziomului carbonatic, conform datelor metagenomice, este alcătuit din 17 componente noi, identificate și/sau confirmate prin analiză metagenomică cu randament înalt de secvențiere a genei 16S ARNr. Diversitatea biologică a lor a constat din următoarele încregături:

Actinomycetota (38,17-46,53%), Pseudomonadota (19,80-27,02%), Nitrososphaerota (7,32-22,40%), Bacillota (6,08-12,42%), Bacteroidota (5,11-8,55%), Acidobacteriota (1,94-3,32%), Verrucomicrobiota (1,37-2,09%), Myxococcota (1,09-1,71%), Planctomycetota (0,58-0,65%), Nitrospirota (0,15-0,65%), Gemmatimonadota (0,36-0,58%), Patescibacteriota (0,08-0,19%), Cyanobacteriota (0,05-0,08%), Chloroflexota (0,03-0,07%), Fibrobacterota (0,01-0,05%), Abditibacteriota (0,01-0,011%) și Bdellovibrionata (0,01-0,07%).

2. Aceasta denotă o diversitate biologică a procariotelor aparent înaltă. Însă, evaluarea ei prin indicii ecologici de diversitate Shannon, Margalef și Jacquard a relevat, că comunitățile procariote nu numai că se caracterizează printr-o diversitate biologică joasă. În funcție de tipul și cantitatea fertilizantului, diversitatea lor biologică se află în continuă scădere, înregistrând și o similaritate înaltă între opțiuni.

3. Utilizarea pe termen lung a cernoziomului carbonatic a condiționat scăderea diversității microorganismelor procariote, ceea ce poate condiționa în cele din urmă un declin nu numai al sănătății solului în sine, ci și al sănătății și calității vieții oamenilor. Având în vedere relația complexă dintre microorganismele din sol și microbiomul uman, conservarea și sporirea diversității microorganismelor din sol este o sarcină dificilă pentru umanitate întru păstrarea viații pe Pământ.

Bibliografie:

1. BATES, S. T., BERG-LYONS, D., CAPORASO, J. G., WALTERS, W. A. et al., 2011. Examining the global distribution of dominant archaeal populations in soil. În: *ISME J.* 2011, nr.5. pp. 908–917. <https://doi.org/10.1038/ismej.2010.171>.
2. BENDER, S. F., WAGG, C., VAN DER HEIJDEN, M. G. A. An underground revolution: Biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. In: *Trends Ecol. Evol.* 2016, nr. 31, pp. 440–452. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.016>
3. BOLGER, A.M., LOHSE, M., USADEL, B. Trimmomatic: a flexible trimmer for Illumina sequence data. In: *Bioinformatics.* 2014. nr. 1:30 (15), pp. 2114–20. doi: 10.1093/bioinformatics/btu170
4. CAPORASO, J. G., KUCZYNSKI, J., STOMBAUGH, J. et al. Correspondence QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data Intensity normalization improves color calling in SOLiD sequencing. In: *Nature Publishing Group.* 2010, nr. 7 (5), pp. 335–336. <https://doi.org/10.1038/nmeth.f.303>.
5. CHRIRAK, E. L., PERSHINA, E. V., KUTOVAYA, O. V. et al. Taxonomic structure of microbial Association in different soils investigated by high-throughput. În: *Sel'skokhozyaistvennaya Biol. Agric. Biol.* 2013, nr.3, pp. 100–109. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2013.3.100> eng.
6. DANIEL, R. The metagenomics of soil. In: *Nature Reviews Microbiology.* 2005, V. 3, pp. 470–478. doi: 10.1038/nrmicro1160
7. DUTKIEWIC, Z., SINGLETON, C. M., SERETKA, M. et al. Proposal of Patescibacterium danicum gen. nov., sp. nov. in the ubiquitous bacterial phylum Patescibacteriota phyl. nov. In: *ISME Commun.* 2025, nr. 5: Issue 1. doi. org.10.1093/ismeco/ ycae147
8. GOKER, M. Filling the gaps: missing taxon names at the ranks of class, order and family. In: *Int. Syst. Evol. Microbiol.* 2022, nr. 72, pp. 56–38. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.005638>
9. GOKER, Markus , OREN, Aharon. Valid publication of four additional phylum names. In: *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2023, nr. 73(9). doi: 10.1099/ijsem.0.006024.
10. GOKER, M., OREN, A. Valid publication of names of two domains and seven kingdoms of prokaryotes. In: *Int J Syst Evol Microbiol.* 2024. nr. 74. pp. 62–42. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.006242>
11. IVANOVA, E. A., KUTOVAYA, O. V., TKHAKAKHOVA, A. K. et al. The Structure of Microbial Community in Aggregates of a Typical Chernozem Aggregates under Contrasting Variants of Its Agricultural Use. In: *Eurasian Soil Sciences.* 2015, V. 48 (11), pp. 1242–1256. doi: 10.1134/S1064229315110083
12. KRIEG, N. R., LUDWIG, W., WHITMAN, W. B. et al. The Bacteroidetes, Spirochaetes, Tenericutes (Mollicutes), Acidobacteria, Fibrobacteres, Fusobacteria, Dictyoglomi, Gemmatimonadetes, Lentisphaerae, Verrucomicrobia, Chlamydiae, and Planctomycetes. In: *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology.* 2010, Vol. 4 (2nd ed.). New York: Springer. pp. 908. ISBN 978-0-387-95042-6.

13. KUTOVAYA, O. V., TKHAKAKHOVA, A. K. CHEVERDIN, Yu. Effects of surface flooding on biological properties of meadow-chnozems in Kamennaya steppe. In: *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2017, V. 82, pp. 56–71. doi: 10.19047/0136-1694- 2016-82-56-70.
14. LUPWAYI, N.Z., LAFOND, G.P., ZIADI, N., GRANT, C.A. Soil microbial response to nitrogen fertilizer and tillage in barley and corn. În: *Soil Tillage Res.* 2012, v. 118, pp. 139–146. doi: 10.1016/j.still.2011.11.006
15. MARCEL, G.A.; VAN Der, H., MARTIN, H. Networking in the Plant Microbiome. In: *PLoS Biol.* 2016, nr. 14, e1002378. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002378>
16. OREN, A., GARRITY, G.M. Valid publication of the names of forty-two phyla of prokaryotes. In: *Int J. Syst. Evol. Microbiol.* 2021, nr. 71 (10), pp. 50-56. [https://doi: 10.1099/ijsem.0.005165](https://doi.org/10.1099/ijsem.0.005165)
17. OREN, Aharon; MARES, Jan, RIPPKAF, Rosmarie. Validation of the names Cyanobacterium and Cyanobacterium stanieri, and proposal of Cyanobacteriota phyl. nov. In: *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2022, nr. 72 (10):005528. PMID: 36251754 doi:10.1099/ijsem.0.005528.
18. QUAISER, A., OCHSENREITER, T., LANZ, C. et al. Acidobacteria form a coherent but highly diverse group within the bacterial domain: evidence from environmental genomics. În: *Mol. Microbiol.* 2003, nr. 50 (2), pp. 563–575. [https://doi: 10.1046/j.1365-2958.2003.03707](https://doi.org/10.1046/j.1365-2958.2003.03707)
19. SHENKIN, A. Micronutrients in health and disease. In: *Postgrad. Med. J.* 2006, nr. 82, pp. 559–567. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2006.047670>
20. SPAIN, A. M., KMUMHOLZ, L. R., ELSHAHED, M. S. Abundance, composition, diversity and novelty of soil Proteobacteria. In: *ISME J.* 2009, nr. 3(8), pp. 992-1000. <https://doi.org/10.1038/ismej.2009.43>
21. TAHON, Guillaume, TYTGAT, Bjorn, LEBBE, Liesbeth et al. Abditibacterium utsteinense sp. nov., the first cultivated member of candidate phylum FBP, isolated from ice-free Antarctic soil samples. In: *Systematic and Applied Microbiology*. 2018, nr. 4 (4), pp. 279-290. doi:10.1016/j.syapm.2018.01.009. PMID 29475572. S2C ID 3515091.
22. TASNIM, N., ABULIZI, N., PITHER, J. et al. Linking the Gut Microbial Ecosystem with the Environment: Does Gut Health Depend. on Where We Live? In: *Front. Microbiol.* 2017, nr. 8, pp. 19-35. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01935>
23. TIKHONOVICI, I. A., CHERNOV, T. I., ZHELEZOVA, A. D. et al. Taxonomic structure of prokaryotic communities in soils of different bioclimatic zones. In: *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2018, v. 95, pp. 125–153. [https://doi: 10.19047/0136-1694-2018-95-125-153](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-95-125-153)
24. VAAHTOVUO, J., KORKEAMAKI, M., MUNUKKA, E. et al. Quantification of bacteria in human feces using 16S rRNA-hybridization, DNA-staining and flow cytometry. In: *J. Microbiol. Methods*. 2005, nr. 63, pp. 276–286. [https://doi: 10.1016/j.mimet.2005.03.017](https://doi.org/10.1016/j.mimet.2005.03.017). Epub 2005 Jun 1.
25. WAITE, D.W., CHUVOCHINA, M., PELIKAN, C. et al. Proposal to reclassify the proteobacterial classes Deltaproteobacteria and Oligoflexia, and the phylum Thermodesulfobacteria in to four phyla reflecting major functional capabilities. In: *Int J Syst Evol Microbiol.* 2020, nr. 70 (11), pp. 5972–6016. [https://doi:10.1099/ijsem.0.004213](https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004213). PMID 33151140.
26. WALL, D. H., NIELSEN, U. N., SIX, J. Soil biodiversity and human health. In: *Nature*. 2015, nr. 528, pp. 69–76. doi: 10.1038/nature15744. Epub 2015 Nov 23.
27. WOESE, C.R., KANDLER, O., WHEELIS, M.L. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. In: *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1990, nr. 87(12), pp. 4576-4579. [https://doi: 10.1073/pnas.87.12.4576](https://doi.org/10.1073/pnas.87.12.4576).
28. ZHENG, Xiaowei, DAI, Xin, ZHU, Yaxin et al. (Meta)Genomic Analysis Reveals Diverse Energy Conservation Strategies Employed by Globally Distributed Gemmatimonadota. In: *Msystems*. 2022, volume 7, issue 4. e0022822. doi: 10.1128/msystems.00228-22
29. ZHOU, D.R., BAI, Z.M., ZHANG, H.L. et al. Soil is a key factor influencing gut microbiota and its effect is comparable to that exerted by diet for mice. In: *Fl000Research*. 2018, nr. 7, pp. 15-88. doi: 10.12688/fl000research.14870.1
30. ZVEREV, A. O., KICHKO, A. A., PINAEV, A. G. et al. Diversity Indices of Plant Communities and Their Rhizosphere Microbiomes: An Attempt to Find the Connection. In: *Microorganisms*. 2021, nr. 9, pp. 2339. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9112339> 1-11

31. ЗАВАРЗИН, Г. А., КОЛОТИЛОВА, Н. Н. *Введение в природоведческую микробиологию*. Учебное пособие. М.: Книжный дом «Университет». 2001. 256 с. ISBN: 978-5-19-011982-4
32. МЭГЭРАН, Э. *Экологическое разнообразие и его измерение*. М.: Мир, 1992. 184 р. ISBN 5-03-002404-2
33. ЧЕРНОВ, Т. И. , ТХАКАХОВА, А. К. , КУТОВАЯ, О. В. Оценка различных индексов разнообразия для характеристики почвенного прокариотного сообщества по данным метагеномного анализа*. In: *Почвоведение*, 2015, nr. 4, pp. 462–468. ISSN (PRINT) : 0032-180X
34. ЧЕРНОВ, В.М. , КНЯЗЕВА, О. А. Влияние почвенных микроорганизмов на микробиом человека. In: *«Международный студенческий научный вестник»*. Башкирский Государственный Педагогический Университет. 2025. ISSN 2409-529X.

N. B.: Lucrarea a fost îndeplinită în cadrul Proiectului Instituțional nr. 020101 „Soluții biotehnologice inovatoare pentru agricultură, medicină și protecția mediului”.

Date despre autor:

Nina FRUNZE, doctor habilitat, cercetător științific principal, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, Universitatea Tehnică a Moldovei.

ORCID: 0000-0001-7263-5863

E-mail: ninafrunze@maiul.ru

Prezentat : 01.03.2026

Recenzat: 19.03.2026

Acceptat spre publicare: 20.05.2026

CZU: 582.998.1:581.4

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_41](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_41)

CONTRIBUTIONS TO THE STUDY OF SOME MEDICINAL SPECIES FROM THE *ACHILLEA* L. GENUS

Nina CIOCĂRLAN,
Moldova State University

The paper describes ten species of the genus *Achillea* L. (*A. ageratum* L., *A. clypeolata* Sibth. et Sm., *A. coarctata* Poir., *A. colina* L., *A. filipendulina* Lam., *A. grandifolia* Friv., *A. millefolium* L., *A. nobilis* L., *A. ochroleuca* Ehrh., *A. odorata* L.) introduced and studied in the “Al. Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute) of the Moldova State University. The morphological characteristics of the plants, distribution area, the content of bioactive compounds and the therapeutic importance are presented. A brief analysis of the growth and development peculiarities of the plants under *ex situ* conditions is given. Allochthonous *Achillea* species have demonstrated a high adaptive potential to the pedoclimatic conditions of the Republic of Moldova. The plants consecutively perform all the phenological phases of the seasonal rhythm of development, including the vegetative period, budding, flowering and full seed maturation. They have a stable phenotype, and are long-growing plants, characterized by a long flowering period.

Keywords: *Asteraceae*, *Achillea*, medicinal uses, biology, *ex situ* conservation.

CONTRIBUȚII LA STUDIUL UNOR SPECII MEDICINALE DIN GENUL *ACHILLEA* L.

Lucrarea se referă la zece specii din genul *Achillea* L. (*A. ageratum* L., *A. clypeolata* Sibth. et Sm., *A. coarctata* Poir., *A. colina* L., *A. filipendulina* Lam., *A. grandifolia* Friv., *A. millefolium* L., *A. nobilis* L., *A. ochroleuca* Ehrh., *A. odorata* L.) introduse și cercetate în Grădina Botanică Națională (Institut) “Al. Ciubotaru” a USM. Sunt prezentate caracteristicile morfologice ale plantelor, arealul de răspândire, compușii bioactivi și importanța terapeutică. Este prezentată o scurtă analiză a particularităților de creștere și dezvoltare ale plantelor în condiții *ex situ*. Speciile alohtone de *Achillea* au demonstrat un potențial adaptiv înalt la condițiile pedoclimatice ale Republicii Moldova. Plantele realizează consecutiv toate fazele fenologice ale ritmului sezonier de dezvoltare, inclusiv stadiul pre-generativ, butonizare, înflorire și maturizarea deplină a semințelor. Sunt plante cu fenotip stabil, cu perioadă lungă de vegetație și faza de înflorire îndelungată.

Cuvinte-cheie: *Asteraceae*, *Achillea*, utilizări medicinale, biologie, conservare *ex situ*.

Introduction

One of the main areas of activity of the “Al. Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute) (GBNI) is the introduction of new plant species, including those with economic value, and their maintenance in *ex situ* collections. The preservation of valuable medicinal and aromatic plants (MAPs) in the collections of the botanical gardens make possible their scientific research and, if necessary, supplementing natural sources of raw materials with those from culture, which contributes to reducing anthropogenic pressure on natural populations. Of scientific and practical interest, which has increased especially in the last decades, is the study of the biological peculiarities of growth and development of new allochthonous MAPs for the purpose of their introduction into culture. The large number of promising medicinal plants for the economic sector also includes *Achillea* species, being of great interest as natural sources of bioactive compounds.

The genus *Achillea* L. (family *Asteraceae*) includes about 150 species, widespread mainly in extratropical countries in the Northern Hemisphere, the Mediterranean region and Southwest Asia [8, 21]. In the spontaneous flora of Bessarabia, the genus *Achillea* L. is represented by 13 species [8]. *Achillea* species (Yarrow) are perennial herbaceous plants, 10-150 cm high. Stem erect or ascending. Leaves alternate, with the lamina usually pinnately divided. Anthodia 3-8(10) cm long, gathered in corymbiform inflorescences. Marginal flowers ligulate, female, white, yellow, rarely pink. Central flowers bisexual, actinomorphic; tubular ligules yellow or whitish. Fruit – compressed achene, cuneate-elongated, with two prominent whitish lateral ribs.

The genus *Achillea* L. includes important medicinal species, used for various therapeutic purposes such as antispasmodic, haemostatic, antioxidant and anti-inflammatory agents [22, 23]. Many *Achillea* species have a long history in traditional medicine, primarily used for wound healing, haemorrhages, and treating gastrointestinal issues, inflammation, fever, and menstrual disorders [1]. Even nowadays, many *Achillea* species are used in cosmetic applications, to treat wounds, acne, inflammation, and digestive problems. Although spontaneous populations of *Achillea* L. are widely distributed in the world, some of these species are becoming rare or threatened with extinction due to the pressure of excessive collections and the destruction of natural habitats. Of the five studied *Achillea* species, the pale-yellow yarrow (*A. ochroleuca*) is a rare species, included in the Red Book of the Republic of Moldova (3rd edition), with the status of a critically endangered species [12]. Compressed yarrow (*A. coarctata*) is also rare. In the Republic of Moldova is protected by the state [13, 16]. In this context, conservation through cultivation is one of the effective methods of protecting the genetic resources of rare medicinal plants.

This paper describes ten taxa of the genus *Achillea* L. introduced and studied in the Collection of Medicinal Plants of GBNI, the bio-morphological characteristics under *ex situ* conditions and their importance for the economic sector.

Material and methods

The research was conducted in 2020-2025. Ten medicinal species of the genus *Achillea* L. (*A. ageratum* L., *A. clypeolata* Sibth. et Sm., *A. coarctata* Poir., *A. colina* L., *A. filipendulina* Lam., *A. grandifolia* Friv., *A. millefolium* L., *A. nobilis* L., *A. ochroleuca* Ehrh., *A. odorata* L.) grown in the Collection of Medicinal Plants were selected as study objects. Mobilization of plant genetic resources of the genus *Achillea* L. was achieved through international seed exchange (*Index Seminum*) and from spontaneous flora (Table 1).

Table 1. Origin of germplasm sources of *Achillea* L. species

Scientific name	Origin of germplasm sources institution/year	
<i>A. clypeolata</i>	Botanical Garden Duisburg, Germany	2003
<i>A. filipendulina</i>	Botanical Garden of the University of Padua, Italy	2003
<i>A. grandifolia</i>	Botanical Garden of the University of Medicine and Pharmacy, Târgu-Mureș, Romania	2021
<i>A. odorata</i>	Munich Botanical Garden, Germany	2019
<i>A. colina</i> , <i>A. nobilis</i> , <i>A. ochroleuca</i> , <i>A. millefolium</i>	Spontaneous flora	2016
<i>A. coarctata</i>	Sector of rare plants within the National Botanical Garden	2025

The experiments into the acclimatization and introduction of new taxa were performed in the Experimental Sector of the Collection of Medicinal Plants (Laboratory of Plant Resources) within the GBNI. The establishment of the experimental plots (area of 10 m²), the study of biological characteristics of plants under *ex situ* conditions were carried out according to the methodology accepted in the field [26]. During the growing season, agrotechnical procedures necessary to ensure normal plant development were carried out. Plant propagation through seedlings grown in heated greenhouses and by fragmentation of perennial plants in late autumn was performed. The nomenclature of taxa is given according to floristic works [8, 17] and international data networks [7, 21, 30].

Results and discussion

Long-term research into the introduction of medicinal plants within the Laboratory of Plant Resources of GBNI has led to the creation of plant generic complexes for comparative, complex and interdisciplinary studies in order to highlight promising species for the economic sector. Thus, over the last decades, the genera *Echinacea*, *Artemisia*, *Thymus*, *Teucrium*, *Digitalis*, *Scutellaria*, *Potentilla*, ***Achillea***, *Mentha*, *Origanum*, *Salvia*, *Tanacetum*, *Vitex*, etc. have been enriched with new taxa of scientific and economic value [4, 5].

In the Medicinal Plant Collection, the genus *Achillea* L. is represented by 10 taxa: 5 allochthonous species (*A. ageratum*, *A. clypeolata*, *A. filipendulina*, *A. grandifolia*, *A. odorata*) obtained by the international seed exchange and 5 autochthonous species (*A. coarctata*, *A. colina*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. ochroleuca*) originating from the spontaneous flora.

*Achillea ageratum**Achillea clypeolata**Achillea filipendulina**Achillea odorata**Achillea grandifolia*

Fig. 1. The appearance of non-native species of *Achillea* in the Medicinal Plants Collection

Allochthonous species of *Achillea* introduced into the Medicinal Plant Collection

***Achillea ageratum* L.** (Sweet Yarrow). Perennial, herbaceous plant native to Europe [21]. Stems ascending, simple or branched, pubescent, woody at the base, 10-60 cm high. Leaves glabrous or shortly hirsute, strongly glandular-punctate; the lower ones oblong-obovate, pinnatifid, lobes toothed; the upper ones sessile, oblong, obtuse at the apex, serrated. Corymbs with 15 or more capitula. Flowers yellow. The aerial part or inflorescences are used for medicinal purposes. In the conditions of the Botanical Garden it blooms in June-July (Figure 1).

***Achillea clypeolata* Sibth. et Sm.** (Balkan Yarrow) is an endemic to the Balkan Peninsula [21], widely cultivated in France and Czech Republic. It is a perennial, herbaceous plant, finely tomentose, 30-60 cm high. Stem simple, leafy. Leaves alternate, pinnatisect, smooth, densely tomentose, oblong linear; the basal ones petiolate, serrate pinnatifid; stem ones spaced, about 2 times longer than the internodes, the upper ones 1-2 cm long, sessile. Numerous anthodia, collected in corymbose inflorescences. Marginal flowers with golden-yellow ligules. Fruit – oblong-cuneiform achene. The aerial part (*Herba Achilleae clypeolatae*) or anthodia (*Flos Achilleae clypeolatae*) are used for medicinal purposes. In the conditions of the Botanical Garden it blooms in May-June.

***Achillea filipendulina* Lam.** (Fern-Leaf Yarrow) is a perennial, herbaceous plant, 40-70(120) cm high. Leaves linear, pinnate, lobed and serrated, hairy and rough. Tubular, trilobed, yellow flowers, grouped in corymb-type inflorescences. Fruit – elongated achene. It is native to Central and Southwest Asia; naturalized in Europe and North America [21]. The aerial part or inflorescences are used for pharmacological purposes. In the Botanical Garden conditions it blooms in June-July (Figure 1). The plants prefer sunny places with well-drained soil. It reproduces by seeds and vegetatively, by root fragmentation, in early spring or late autumn.

***Achillea grandifolia* Friv.** (Large-leaved Yarrow) is a robust herbaceous, perennial plant reaching 40–125 cm in height. Stem grey-green, woody at the base. Leaves aromatic, grey-green, deeply pinnatifid to pinnatisect. Inflorescences large, dense, flat corymbs, 5-20 cm across, contain 50-250 small flower heads. Each flower head has 4-5 white ray florets with a central yellowish disc. It is native to the Balkan Peninsula and Asiatic Turkey [21]. The aerial part or inflorescences are used for pharmacological purposes. Under ex situ conditions the plants bloom in June-July.

***Achillea odorata* L.** (Cream-flowered Sneezewort) is a perennial herbaceous plant, 12-30 cm high, pubescent. Stems few or numerous, erect or ascending, simple or, rarely, branched towards the top. Basal and lower stem leaves petiolate, oblong-elliptic, bi-pinnatisect; other sessile, pinnatisect, with equal lobules, dense, linear, entire, apex acute. Numerous anthodia, grouped in corymbose inflorescences. Marginal flowers are yellowish with shortened ligules. The distribution area includes France, Spain, Morocco, and Algeria [21]. In the conditions of the Botanical Garden it blooms in June-July (Figure 1). The leaves and flowers are used for medicinal purposes. Plants are easily propagated by seeds and in a vegetative way.

The chemical composition, therapeutic effects and medicinal uses of *Achillea* L. species introduced into the GBNI are presented in Table 2. The data presented reveal a significant therapeutic importance of *Achillea* species, so much so that in recent decades they have become the subject of many scientific studies.

Table 2. Medicinal importance of *Achillea* L. species.

Scientific name	Bioactive substances	Therapeutic effects	Medicinal applications
<i>Achillea ageratum</i>	flavonoids, essential oil [9]	analgesic, antipyretic anti-inflammatory	wounds, bleeding, digestive disorders (flatulence, dyspepsia), headaches
<i>Achillea clypeolata</i>	diterpenes, coumarins, phenolic compounds, flavonoids, volatile oil [29]	antibacterial, antimicrobial, antioxidant [25]	In folk medicine, it is used to treat haemorrhoids, wounds, gastrointestinal atony, urinary incontinence, kidney inflammation, amenorrhea, and liver diseases [29]
<i>Achillea coarctata</i>	essential oil, flavonoids, phenolic acids, sesquiterpene lactones [1, 14]	anti-inflammatory cytotoxic and antimicrobial [11,14, 23]	gastrointestinal disorders, hypertension, menstrual effects [1]
<i>Achillea colina</i>	phenolic compounds	digestive, anti-inflammatory, analgesic, antipyretic and wound healing, cytoprotective, antioxi-dant [10, 23]	diuresis and urinary stone secretion, blood purification, skin condition, injuries, psoriasis, purulent ulcers, liver ailments, regulation of menstruation, bronchitis, asthma and throat ache [1]
<i>Achillea filipendulina</i>	volatile oil, bitter substances, tannins, flavonoids, phenolic acids, camphor, vitamins, and minerals [1, 31]	anti-inflammatory, antispasmodic, wound healing, antiseptic, antibacterial, antiviral, antifungal [31]	haemorrhoids, headache, cardiovascular illnesses [21], wound healing, gastrointestinal and gynaecological conditions, menopause, menstrual cramps, gout, hypoglycaemia, arthritis, eczema, and varicose veins [1]

<i>Achillea grandifolia</i>	essential oil, flavonoids, phenolic acids [1, 19, 28]	antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, antiradical [6, 28]	wounds, abdominal pain, diarrhoea, flatulence, and menstrual disorders, often prepared as infusions or essential oils [28]
<i>Achillea millefolium</i>	volatile oil, flavonoids, terpenes, phenolic acids, sterols, saponins, amino acids, resins, bitter substances [31]	antispasmodic, anti-inflammatory, stomachic, bitter-tonic, haemostatic, astringent, estrogenic, carminative, antioxidant [20, 24]	hyperacid gastritis, enterocolitis, gastric ulcer, biliary dyskinesia, flatulence, diarrhoea, gynaecological and urinary diseases, urinary incontinence, bronchitis, haemorrhoids. Externally - eczema, purulent wounds, leucorrhoea, varicose ulcers [20, 31]
<i>Achillea nobilis</i>	flavonoids, tannins, vitamins, essential oil, phenolic compounds, flavone glycosides, phytoncides, organic acids [18, 27]	galactagogue, restorative, antibacterial, antifungal, antitumor. antispasmodic [15, 18, 23]	reproductive and cardiovascular system disorders, metrorrhagia, haemorrhoids, diarrhoea, abdominal pain, diabetes, eczema, wounds, dental illnesses [31]; animal parasites, skin wounds and infections [1]
<i>Achillea odorata</i>	phenolic compounds, flavonoids, essential oil [2]	wound healing, diuretic, carminative, antioxidant, cytotoxic, analgesic, anti-inflammatory [3]	rheumatism, skin inflammation, allergic rhinitis, wound healing and improvement of high blood pressure, gastrointestinal tract diseases, diarrhoea, abdominal pain and stomach-ache [2, 3]
<i>Achillea ochroleuca</i>	Insufficiently studied from the perspective of the content of biologically active substances and medicinal uses; phytochemical studies are necessary to highlight the chemical and therapeutic profile.		

Achillea species from spontaneous flora

***Achillea coarctata* Poir.** (Compressed Yarrow) is a perennial, herbaceous plant, native to South-eastern and Eastern Europe to Turkey [21]. Plants 25-40 (70) cm high, densely pubescent tomentose. Rhizome vertical, long, many-headed with numerous roots. Stems solitary or several, erect, round, simple or branched. Basal and the lower cauline leaves petiolate, linear, those median linear or linear-lanceolate sessile, pinnatisect. Capitula many on a dense-pubescent peduncle, gathered in dense and strongly convex corymbose inflorescences, often semiglobular. Marginal floret ligules yellow, reniform. Fruit – achene cuneate-elongate. In the conditions of the Botanical Garden it blooms from late May to July. It is an aromatic and medicinal plant.

***Achillea collina* J. Becker ex Rechb.** (Mountain Yarrow) is an herbaceous plant, 25-60 cm high with creeping, multi-headed rhizome. Stems erect or slightly ascending from the base, simple or branched, often reddish. Leaves tri- pinnatisect, dark-green; the basal ones petiolate, linear or narrow-lanceolate. Middle and upper leaves sessile, linear, with sterile axillary shoots. Anthodia numerous, collected in corymbiform inflorescences. Marginal flowers with white or pale pink ligules. Fruit – achene elongate-wedge. The distribution area includes Central and Eastern Europe, the Mediterranean region [21]. The leaves and inflorescences are used for medicinal purposes. It blooms in June-September.

***Achillea millefolium* L.** (Common Yarrow) is an herbaceous, perennial plant native to Europe, Northern Asia to the Himalayas and North America [21]. Stem solitary or 3-5, erect or ascending from the base, simple or, rarely, branched at the top. Leaves are oblong-lanceolate, tri- pinnatisect, the upper ones bi-pinnatisect. Basal and lower cauline leaves petiolate; middle leaves sessile, often with sterile axillary shoots. Anthodia numerous, grouped in corymbiform inflorescences. Marginal flowers with white ligules, rarely pink, oval. Fruit – elongated achene. In the conditions of the Botanical Garden it blooms in June-July.

The aerial part (*Herba Millefolii*) or inflorescences (*Flores Millefolii*) are used for pharmacological purposes. The medicinal properties of the plant are worldwide recognized and it is included in the Pharmacopoeias of several European countries.

***Achillea nobilis* L.** (Noble Yarrow) is a perennial, herbaceous plant, 20-70 cm high, densely woolly, sometimes glabrescent. Solitary stem or 3-6 are erect or slightly ascending, simple or branched towards the top. Basal leaves and lower stem leaves petiolate, broad-ovate, ovate or oblong-elliptic, tri-penate-sectate; the others, pinnatisect, sessile. Numerous anthodia are grouped in convex corymbose inflorescences. Fruit – obovoid achene. The distribution area includes Europe up to Siberia and the Caucasus [21]. It is an aromatic, medicinal, spicy and ornamental plant. The aerial part and inflorescences are used for medicinal purposes. In the conditions of the Botanical Garden it blooms in June-July.

***Achillea ochroleuca* Ehrh.** (Pale-Yellow Yarrow) is a perennial, herbaceous plant, native to Central and Eastern Europe and the Balkan Peninsula [21]. Generative stems with spaced leaves, the lower ones petiolate, the others sessile, auriculate. Sterile stems with petiolate leaves. Leaves fine-pubescent or almost glabrous, linear, pectinate, segments linear or subulate-linear. Anthodia numerous, gathered in corymbiform, dense, convex inflorescences. Marginal flowers with pale-yellow ligules, elongated-round. Fruit – achene obovoid or almost oval. In the conditions of the Botanical Garden it blooms in May-June. It is a critically endangered species, included in the Red Book of the Republic of Moldova. The plant is insufficiently studied from the perspective of the content of biologically active substances and medicinal uses, requiring further biological and phytochemical studies to highlight the chemical and therapeutic profile.

Achillea plants can be propagated in several ways: by seeds, cuttings, or by dividing the plants. Yarrow seeds are sown in spring (for seedlings) and in autumn (directly into open ground). Spring sowing of yarrow begins around the end of February. In about 2 weeks the seedlings appear. At the stage of 2-3 true leaves, the plants are transplanted into individual pots. Yarrow seedlings are planted in open ground at the mid-May. Autumn sowing of yarrow is carried out in late autumn, shortly before the arrival of frost. Yarrow is very easily propagated by cuttings. The green cuttings (5-10 cm) with 2-4 developed buds are taken in the summer from mature plants. Once roots appear, the cutting can be immediately planted in its permanent location outdoors. It is recommended to divide yarrow every 3-5 years. The mature plant is divided into several sections and planted in a new location. The plants grow well in full sun and well-drained, nutrient-poor soil, requiring little water once established. *Achillea* species are drought and frost-resistant plants.

The field observations during several vegetation periods revealed the adaptive potential of non-native *Achillea* plants to local climatic conditions. Yarrow plants go through all stages of development, flowering and setting seeds annually. They have a stable phenotype, and are long-growing plants, characterized by a long flowering period (about 1.5 months). Based on the success of the introduction, yarrows have proven themselves to be highly hardy to the local climate. The high capacity for vegetative propagation ensures their classification in the group of resistant and very resistant in culture. Allochthonous species (*A. ageratum*, *A. clypeolata*, *A. filipendulina*, *A. grandifolia*, *A. odorata*) under *ex situ* conditions achieve all phenological phases of the seasonal rhythm of development (vegetative stage, budding, flowering, seed maturation). The generative period culminates with abundant fruiting and the development of viable seeds, which demonstrates high adaptability to local pedoclimatic conditions. Propagation methods by seedlings grown in greenhouses and by dividing perennial plants in autumn and early spring are productive and allow the expansion of the crop. In the cultivated populations (in the case of all investigated species), the plants were not affected by diseases or pests. It must be mentioned that all studied *Achillea* species are distinguished by special decorativeness, abundant and long-lasting flowering, being also recommended for landscaping.

Conclusion

The literature survey revealed the high medicinal properties of the *Achillea* L. species introduced and studied in the National Botanical Garden. The results obtained during several vegetation periods showed the adaptive potential of allochthonous *Achillea* species to local pedoclimatic conditions. It has also been established that all ten species have a long growing season, with flowering occurring in mid-summer and

lasting for about 30–45 days. The spontaneous species have also grown well under cultivation conditions, as demonstrated by the improvement of some plant characteristics, such as a longer flowering period and higher morphological parameters than in natural populations. Due to a wide spectrum of pharmacological properties, the *Achillea* L. taxa introduced into the NBGI collections represent valuable sources of raw material with therapeutic importance, while representing, at the same time, important objects for further investigations, with particular attention to the conservation of natural resources in the case of rare species (*A. coarctata* and *A. ochroleuca*).

Bibliography:

1. BARDA, C., GRAFAKOU, M.E., TOMOU, E.M. SKALTSA, H. (2021). Phytochemistry and Evidence-Based Traditional Uses of the Genus *Achillea* L.: An Update (2011–2021). In: *Scientia Pharmaceutica*. 2021. 89(4), p. 50. <https://doi.org/10.3390/scipharm89040050>
2. BOUTENNOUN, H., BOUSSOUF, L., KEBIECHE, M. et al. *In vivo* analgesic, anti-inflammatory and antioxidant potentials of *Achillea odorata* from north Algeria. In: *South African Journal of Botany*. 2017. 112, p. 307-313. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.06.004>.
3. BOUTENNOUN, H., BOUSSOUF, L., RAWASHDEH, A. et al. *In vitro* cytotoxic and antioxidant activities of phenolic components of Algerian *Achillea odorata* leaves. In: *Arabian Journal of Chemistry*. 2017. 10(3), p. 403-409. <https://doi.org/10.1007/S13596-017-0278-6>
4. CIOCARLAN, N. Asteracee medicinale alohtone introduse și cercetate în Grădina Botanică Națională (Institut) “Al. Ciubotaru”. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe Reale și ale Naturii)*. 2024, 1(171), p. 56-64. [https://doi.org/10.59295/sum1\(171\)2024_07](https://doi.org/10.59295/sum1(171)2024_07)
5. CIOCARLAN, N. Diversitatea taxonomică a colecției de plante medicinale din Grădina Botanică Națională (Institut) “Al. Ciubotaru”. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe Reale și ale Naturii)*. 2023, 1(171), p. 29-36. [https://doi.org/10.59295/sum1\(171\)2023_04](https://doi.org/10.59295/sum1(171)2023_04)
6. DROBAC, M.M., KUKIĆ-MARKOVIĆ, J.M., MILENKOVIĆ, M.T. et al. The chemical composition, antimicrobial and antiradical properties of the essential oil of *Achillea grandifolia* aerial parts from Serbia. In: *Botanica Serbica*. 2021. 45, p. 233-240.
7. *Euro+Med PlantBase – the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity*. Disponibil: <http://www.europlusmed.org> [Accessed: 06.02.2026]
8. *Flora Basarabiei: (Plantele superioare spontane)*. A. Negru, Valentina Cantemir, V. Ghendov et al.; sub red. Andrei Negru. Chișinău: Universul. 2022. 5, p. 232-253.
9. GARSIA, M.D., PUERTA, R., MARTINEZ, S., SAENZ, M. Analgesic, antipyretic and anti-inflammatory effects of *Achillea ageratum*. In: *Phytotherapy Research*. 1998. 11(5), p. 376-379.
10. GIORGI, A., BOMBELLI, R., LUINI, A. et al. Antioxidant and cytoprotective properties of infusions from leaves and inflorescences of *Achillea collina* Becker ex Rchb. In: *Phytotherapy Research*. 2009, 23(4), p. 540-5. <https://doi.org/10.1002/ptr.2679>
11. HEGAZY, M-E.F., ABDEL-LATEFF, A., GAMAL-ELDEEN, A.M. et al. Anti-inflammatory activity of new guaiane acid derivatives from *Achillea coarctata*, In: *Natural Product Compounds*. 2008. 3, p. 851-856. <https://doi.org/10.1177/1934578X0800300604>
12. IZVERSCAIA, T., GHENDOV, V., CIOCARLAN, N. *Achillea ochroleuca* Ehrh. In: Red Book of the Republic of Moldova. Plants and Animals, 3rd Edition, Chisinau: Știința, 2015, p. 21.
13. IZVERSCAIA, T., GHENDOV, V., CIOCARLAN, N., BARANCEAN, C. Synopsis on genus *Achillea* L. (Asteraceae Dumort.) in the flora of Dniester-Prut River region. In: *Journal of Botany*. 2020. 1(20), p. 36-52. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4095778>
14. KARAALP, C., YURTMAN, A.N., YAVASOGLU, U.K. Evaluation of antimicrobial properties of *Achillea* L. flower head extracts. In: *Pharmaceutical Biology*. 2009. 47(1), p. 86-91. <https://doi.org/10.1080/13880200802448682>
15. KARAMENDERES, C., APAYDIN, S. Antispasmodic effect of *Achillea nobilis* L. subsp. *sypulea* (O. Schwarz) Bassler on the rat isolated duodenum. In: *Journal of Ethnopharmacology*. 2003. 84(2-3), p. 175-179. [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(02\)00296-9](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(02)00296-9)

16. *Legislația ecologică a Republicii Moldova* (1996-1998). Chișinău: Societatea Ecologică «BIOTICA», 1999, 233 p.
17. NEGRU, A. *Determinator de plante din flora Republicii Moldova*. Chișinău: Universul. 2007. p. 248.
18. OZDEMIR, F.A. Potential Effects of Essential Oil Compositions on Antibacterial Activities of *Achillea nobilis* L. subsp. *neilreichii*. In: *Journal of Essential Oil-bearing Plants*, 2019. 22(2), p. 574-580. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1623722>
19. OZEK, G. Phytochemical Characterization of *Achillea grandifolia* Friv. Essential oil and its potent against oxidative damage, acetylcholinesterase and α -amylase. In: *Applied Sciences and Engineering*. 2018. 19(3), p. 671-684. <https://doi.org/10.18038/aubtda.392366>
20. PFAF. *Plants for a Future Database* (2010-2025). Disponibil: <https://pfaf.org/user/plantsearch.aspx> [Accessed: 06.02.2026]
21. POWO (*Plants of the World Online*) 2025. The Royal Botanic Gardens, Kew. Disponibil: <https://powo.science.kew.org/> [Accessed: 06.02.2026]
22. RAHIMMALEK, M., SAYED TABATABAEI, B.E., ETEMADI, N. et al. Essential oil variation among and within six *Achillea* species transferred from different ecological regions in Iran to the field conditions. In: *Industrial Crops Production*. 2009. 29, p. 348-355. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.07.001>
23. SAEIDNIA, S., GOHARI, A., MOKHBER-DEZFULI, N., & KIUCHI, F. A review on phytochemistry and medicinal properties of the genus *Achillea*. In: *Journal of Faculty of Pharmacy, Tehran University of Medical Sciences*. 2011. 19(3), p. 173-186.
24. SCARLAT, M. A., TOHANEANU, M. *Bazele fitoterapiei*. Ploiesti, World Galaxy, 2009, 643 p.
25. SIMIC, N., PALIC, R., RANDJELOVIC, V. Composition and antibacterial activity of *Achillea clypeolata* essential oil. In: *Flavour and Fragrance Journal*. 2005. 20(2), p. 127-130. <https://doi.org/10.1002/ffj.1391>
26. SPARKS, T.H.; MENZEL, A.; STENSETH, N.C. European Cooperation in Plant Phenology. *Climate Research*. 2009. 39, 12 p.
27. TASKIN, D., TASKIN, T. Phenolic composition and biological properties of *Achillea nobilis* L. subsp. *neireichii* (Kerner) Formanek. In: *Industrial Crops and Products*. 2018. 111, p. 555-562. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.11.022>
28. TSIFTSOGLU, O.S., ATSKAKANI, M.E., KRIGAS, N. et al. Exploring the medicinal potential of *Achillea grandifolia* in Greek wild-growing populations: Characterization of volatile compounds, anti-inflammatory and antioxidant activities of leaves and inflorescences. In: *Plants*. 2023. 12(3), p. 613. <https://doi.org/10.3390/plants12030613>
29. WERNER, I., MUCAJI, P., PRESSER, A., GLASL, S. Sesquiterpenes and phenolic compounds from *Achillea clypeolata*. In: *Zeitschrift für Naturforsch.*, 2007. 62b, p. 267-271. <http://www.znaturforsch.com/ab/v62b/62b0267.pdf>
30. WFO (2026): *Achillea* L. Disponibil: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-4000000214>. [Accessed: 06.02.2026]
31. *Дикорастущие полезные растения России*/Отв. ред. Буданцев А. Л., Лесиовская Е. Е. СПб.: Издательство СПХФА. 2001, стр. 66-68. ISBN 5-8085-0124-5.

N.B: The research was carried out within the framework of Subprogram 010101 “Research and ex situ and in situ conservation of plant diversity in the Republic of Moldova”

Data about author:

Nina CIOCARLAN, PhD, coordinating scientific researcher, National Botanical Garden (Institute) “Al. Ciubotaru”, Moldova State University.

ORCID: 0000-0002-9477-5848

E-mail: nina.g.ciocarlan@gmail.com

Presented: 11.02.2026

Reviewed: 18.03.2026

Accepted for publication: 20.05.2026

CZU: 544.142.3:535.37

[https://doi.org/10.59295/sum1\(191\)2026_42](https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_42)

SYNTHESIS, IR AND PL SPECTRA OF NOVEL COMPLEXES

 $[\text{ZnL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ AND $[\text{CdL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ **Lidia CUBA,**
Ion BULHAC,*Moldova State University***Vladislav GHENEA,***Moldova State University,*
*Technical University of Moldova***Ion CULEAC,***Moldova State University*

Transition metal d^{10} complexes $[\text{ZnL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and $[\text{CdL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ have been synthesized and characterized by infrared (IR) and photoluminescence (PL) spectroscopy. Under near-UV irradiation the powder samples of two complexes exhibit a strong emission in the spectral range $\sim 460\text{-}700\text{ nm}$, with no specific splitting, while the ligand itself shows no luminescence. The coordination of the ligand with Zn(II) or Cd(II) ions within the complexes leads to appearance of strong ligand-centered fluorescence emission in the visible domain. The bright-green luminescence in both complexes is due to the considerable reduction of radiationless rate constants in comparison with the free ligand. The relative intensities of Zn(II) compound is higher than that of Cd(II) compound, similarly as reported in the literature. The relationships between the IR and PL characteristics of Zn(II) and Cd(II) compounds are discussed. Investigated Zn(II) and Cd(II) complexes appear as promising materials for green-emitting components in digital display screens or white-light emitters.

Keywords: d^{10} metal ions, Zn(II) complex, Cd(II) complex, ligand, photoluminescence, optical transitions, white-light emitters.

SINTEZA, SPECTRELE IR ȘI PL ALE NOILOR COMPLECȘI

 $[\text{ZnL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ȘI $[\text{CdL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Compușii coordinați $[\text{ZnL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ și $[\text{CdL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ au fost sintetizați și caracterizați prin spectroscopia în infraroșu (IR) și spectroscopia de fotoluminescență (PL). La iradierea cu un fasciul din domeniul UV apropiat, acești compuși prezintă o emisie puternică cu o bandă largă în domeniul $\sim 460\text{-}700\text{ nm}$, în timp ce ligandul în sine nu prezintă luminescență. Coordinarea ligandului cu ionii de Zn(II) sau Cd(II) conduce la apariția unei emisii puternice în domeniul vizibil, centrate pe ligand. Luminescența verde-intensă a complexelor de Zn(II) sau Cd(II) se datorează reducerii considerabile a ratei proceselor neradiative comparativ cu ligandul liber. Intensitatea relativă a emisiei pentru compusul de Zn(II) este superioară față de intensitatea emisiei compusului de Cd(II), similar cu datele din literatură. Este examinată corelația dintre spectrele IR și proprietățile de fotoluminescență ale compușilor de Zn(II) și Cd(II). Complecșii investigați reprezintă materiale promițătoare pentru aplicații în ecranele de afișaj digitale sau în sursele de lumină albă.

Cuvinte-cheie: ioni metalici d^{10} , complex Zn(II), complex Cd(II), ligand, fotoluminescență, tranziții optice, surse de lumină albă.

Introduction

In recent years considerable research efforts have been devoted to coordination compounds based on transition metals (the group 12 elements) and organic ligands. Of particular interest are coordination compounds containing d^{10} metal ions, such as Zn(II) ($3d^{10}$) and Cd(II) ($4d^{10}$), which have been extensively investigated due to their important roles in biological systems and their attractive photophysical properties [2, 4, 12, 21].

Both Zn(II) and Cd(II) ions possess a closed-shell d^{10} electronic configuration, which results in diamagnetic behaviour and the absence of $d-d$ electronic transitions. Consequently, their optical properties are predominantly governed by ligand-centered (LC) or charge-transfer transitions.

Among group 12 metal complexes, Zn(II) compounds have received particular attention because zinc is abundant, relatively inexpensive, and generally regarded as environmentally benign, making Zn(II)-based materials attractive “green” alternatives [3]. Owing to the wide variety of possible coordination numbers, geometries, and molecular architectures, both Zn(II) and Cd(II) coordination compounds exhibit remarkable versatility in their chemical and luminescent properties [3, 6, 17, 20]. In addition, Zn(II) ions play essential roles in numerous biological processes, including the functioning of the nervous and immune systems [21].

Both Zn(II) and Cd(II) ions readily coordinate with a broad range of ligands, including N-, O-, and S-donor ligands, as well as mixed-donor systems. This versatility enables the rational design of diverse supramolecular architectures such as metal–organic frameworks (MOFs), coordination polymers, and luminescent hydrogels [22]. Coordination compounds of Zn(II) and Cd(II) consist of a central divalent metal ion surrounded by ligand molecules or ions, which are bound through coordinate covalent bonds formed by donation of electron pairs from the ligands to the metal center. In particular, Cd(II), similar to Zn(II), possesses a fully filled d shell ($4d^{10}$) and shows a strong tendency to form stable coordination compounds.

Cd(II) ions are characterized by a relatively large ionic radius and flexible coordination numbers, typically ranging from four to eight. Depending on the nature of the ligands, Cd(II) complexes may adopt a wide variety of coordination geometries, including tetrahedral, octahedral, trigonal, square-pyramidal, or bicapped trigonal-prismatic arrangements [2]. These structural features enable fine tuning of supramolecular architectures and photophysical properties. In particular, emission colour can be efficiently modulated through ligand design, substitution effects, coordination geometry, solvent interactions, or encapsulation, making Cd(II) complexes promising candidates for multicolour optical sensors and luminescent markers.

Furthermore, as a heavy metal, Cd(II) induces strong spin–orbit coupling (SOC) in ligand-centered excited states, which facilitates intersystem crossing (ISC) and increases the probability of phosphorescence from triplet states. Many Cd(II) coordination compounds, especially those containing carboxylate, thiolate, or aromatic ligands, exhibit high photoluminescence quantum yields. This behaviour is often attributed to efficient ligand-centered or charge-transfer emission and to the suppression of nonradiative deactivation pathways due to rigid coordination environments. Because Zn(II) and Cd(II) complexes frequently display intense blue–green emission, they can, in some cases, serve as alternatives to lanthanide(III) compounds, which typically exhibit weak luminescence in this spectral region.

Zn(II) and Cd(II) complexes are therefore often investigated in parallel, as they provide a well-defined comparative platform for assessing the influence of metal ion size, coordination geometry, and structural rigidity on the properties of coordination compounds, particularly in luminescent materials and molecular sensing applications [18]. In this context, the present work focuses on the synthesis and comparative infrared (IR) and photoluminescence (PL) characterization of Zn(II) and Cd(II) coordination compounds, aiming at a deeper understanding of their photoluminescence behaviour with respect to potential practical applications.

1. Materials and methods

1.1. Materials

All the reagents used in this study were obtained from commercial sources and employed as received without additional purification. As starting materials isonicotinic hydrazide, *o*-phthalaldehyde, methanol, diethyl ether, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ were used.

1.2. Synthesis of L^1

Isonicotinic hydrazide (0.112 g, 8 mmol) was dissolved in a methanol (5 mL) with permanent stirring and heating. Then a hot solution of *o*-phthalic dicarboxaldehyde (0.052 g, 4 mmol) in a methanol (5 mL) was added. The resulting mixture was stirred and heating for about 1 h. The white precipitate was filtered off, washed with methanol, diethyl ether and then dried in air. Yield: 0.090 g, 60%. Elemental analysis was calculated for $\text{C}_{20}\text{H}_{16}\text{N}_6\text{O}_2$ (372.380 g/mol): C 64.51, H 4.33, N 22.57; found C 65.48, H 4.17, N 22.77%.

IR (ν , cm^{-1}) 3229 m, 3154 sh, 3069 m, 3047 m, 2949 sh, 2842 w, 2611 w, 2198 w, 1950 w, 1659 vs, 1598 m, 1584 m, 1550 vs, 1480 m, 1444 w, 1408 m, 1369 m, 1331 w, 1286 vs, 1217 m, 1157 w, 1141 m, 1112 w, 1063 sh, 1055 s, 993 w, 960 w, 943 m, 919 m, 862 w, 844 m, 828 sh, 754 s, 747 m, 705 w, 685 sh, 671 sh, 623 w, 542 vw, 516 vw, 492 w, 465 vw.

1.3. Synthesis of $[\text{ZnL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Isoniazid (0.028 g, 2 mmol) was dissolved in a methanol (5 mL) with permanent stirring and heating. Then a hot solution of *o*-phthalic dicarboxaldehyde (0.013 g, 1 mmol) in a methanol (5 mL) was added. After 5 min was added hot solution of $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0.022 g, 1 mmol) in a methanol (5 mL). The resulting solution was stirred and heating for about 1h. After cooling, a yellow precipitate was separated upon filtration, washed with methanol, diethyl ether and dried in air. Yield: 0.049 g, 84%. Elemental analysis was calculated for $\text{C}_{24}\text{H}_{26}\text{N}_6\text{O}_8\text{Zn}$ (591.889 g/mol): C, 48.70; H, 4.43; N, 14.19; Zn, 11.05; found: C, 49.27; H, 3.34; N, 15.73; Zn, 11.50 %. IR (ν , cm^{-1}): 3352 br, 3192 br, 3079 br, 2958 m, 2503 w, 1662 w, 1617 m, 1598 vs, 1574 s, 1516 vs, 1484 vs, 1418 m, 1367 vs, 1315 m, 1271 w, 1238 m, 1153 m, 1085 w, 1057 m, 1031 s, 1022 s, 963 m, 948 m, 935 m, 894 m, 847 m, 804 w, 761 s, 750 s, 699 vs, 666 vw, 581 w, 557 w, 520 w, 469 vw, 445 w, 421 vw.

1.4. Synthesis of $[\text{CdL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Isoniazid (0.168 g, 12 mmol) was dissolved in a methanol (5 mL) with permanent stirring and heating. Then a hot solution of *o*-phthalic dicarboxaldehyde (0.088 g, 6 mmol) in a methanol (5 mL) was added. After 5 min was added hot solution of $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0.069 g, 3 mmol) in a methanol (5 mL). The resulting solution was stirred and heating for about 1h. After cooling, a yellow precipitate was separated by filtration, washed with methanol, diethyl ether and air dried. Yield: 0.110 g, 56%. Elemental analysis was calculated for $\text{C}_{24}\text{H}_{28}\text{N}_6\text{O}_9\text{Cd}$ (656.925 g/mol): C, 43.88; H, 4.29; N, 12.79; Cd, 17.11; found C, 43.79; H, 4.35; N, 13.12; Cd, 17.05%. IR (ν , cm^{-1}): 3600-3350 br, 3329 m, 3247 m, 3052 w, 2976 w, 2937 w, 2898 w, 1659 s, 1610 m, 1539 vs, 1498 m, 1464 sh, 1453 m, 1411 vs, 1373 m, 1335 m, 1311 m, 1261 m, 1224 s, 1181 s, 1159 vw, 1144 m, 1111 m, 1065 m, 1049 w, 1017 s, 945 m, 910 m, 896 m, 851 m, 830 s, 767 s, 739 m, 707 vw, 695 m, 675 m, 647 m, 636 m, 619 m, 541 w, 529 w, 465 w.

Elemental analyses for carbon, hydrogen and nitrogen were carried out on a GmbH Vario-EL-III-CHNOS elemental analyser at the Centre for physical and inorganic chemistry of the Institute of Chemistry.

Photoluminescence characteristics were investigated at room temperature. The low-resolution excitation spectra (0.125 nm) were registered with an MDR-23 single grating monochromator (LOMO, St. Petersburg, Russia) as an excitation source and a double grating spectrometer DFS-52 (LOMO, St. Petersburg, Russia) for collecting the PL emission. A halogen lamp OSRAM 64623 HLX 12V 100W was used as a light excitation source. The spectra were corrected for the instrument spectral sensitivity. Low resolution emission spectra (0.125 nm) were registered with an MDR-23 single grating monochromator and a Hamamatsu photomultiplier head H9319-02-12 (Hamamatsu Photonics K.K., Japan) in a photon counting mode. PL emission spectra were registered with a Thorlabs collimated laser diode module (CPS405 405 nm, 4.5 mW) as an excitation source.

IR spectra were registered with a Perkin-Elmer 100 FT-IR spectrometer at room temperature using ATR technique ($4000\text{--}650\text{ cm}^{-1}$) and in Nujol ($650\text{--}400\text{ cm}^{-1}$). Intensities are presented as: br = broadened, sh = shoulder, vs = very strong, s = strong, m = medium, w = weak, vw = very weak.

2. Results and Discussion

2.1. Infrared spectra

The IR spectrum of the ligand (L^1) (Figure 1) contains an absorption band at 3229 cm^{-1} of medium intensity, assigned to $\nu(\text{N-H})$ vibrations; $\nu(\text{C-H})$ absorption bands at 3069 cm^{-1} (ν_{as}) and 3047 cm^{-1} (ν_{s}). The absorption band at 1659 cm^{-1} , attributed to $\nu(\text{C=O})$ vibrations, has the highest intensity in the spectrum. A high-intensity band at 1550 cm^{-1} is assigned to $\delta(\text{NH})+\nu(\text{C-N})$ vibrations, also known as the “amide II band”, while the intense band at 1286 cm^{-1} corresponds to N-C=O vibrations [14].

The medium intensity absorption bands at 1584, 1480 and 747 cm^{-1} indicate the 1,2-substitution type in the benzene ring [15]. The deformation vibrations C-H in-plane $\delta_{\text{pl}}(\text{CH})$ in the aromatic rings with 1,2/1,4

substitution type occurred at 1217, 1055 and 993 cm^{-1} . The absorption bands at 844 cm^{-1} and 754 cm^{-1} are attributed to the C-H out-of-plane $\delta(\text{CH})$ vibrations of two adjacent hydrogen atoms in the pyridine ring (1,4 substitution type) and of four adjacent hydrogen atoms in the benzene ring (1,2 substitution type), respectively.

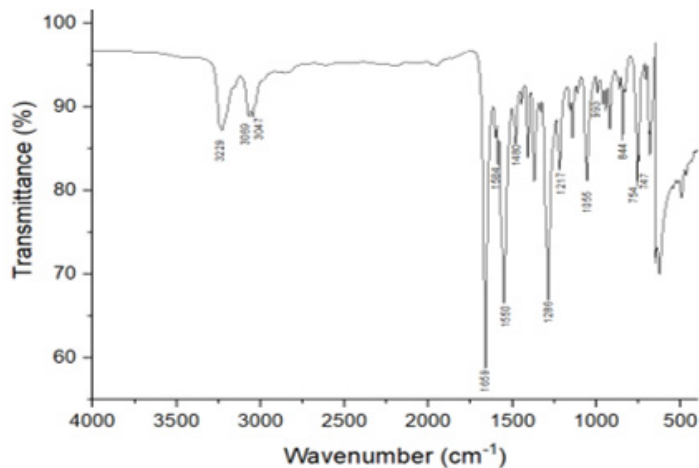


Figure 1. Infrared spectrum of the ligand L1

we can conclude the bidentate mode of coordination to the Cd(II) ion. Medium-intensity bands at 1610, 1498 and 1453 cm^{-1} correspond to stretching vibrations (C=C). The weaker absorption bands at 1464 and 1373 cm^{-1} are assigned to $\delta_{\text{as}}(\text{CH}_3)$ and $\delta_{\text{s}}(\text{CH}_3)$ vibrations, respectively. The absorption bands at 1261 and 1065 cm^{-1} are caused by the 1,2/1,4 substitution type in the aromatic rings [15]. The absorption bands of deformation oscillations C-H in-plane $\delta_{\text{pl}}(\text{CH})$ in aromatic rings with 1,2/1,4 substitution can be observed at 1261, 1224, 1065 and 1017 cm^{-1} ; but out-of-plane for two adjacent hydrogen atoms (1,4 substitution type) – at 830 cm^{-1} , and for four adjacent hydrogen atoms (1,2 substitution type) – at 767 cm^{-1} .

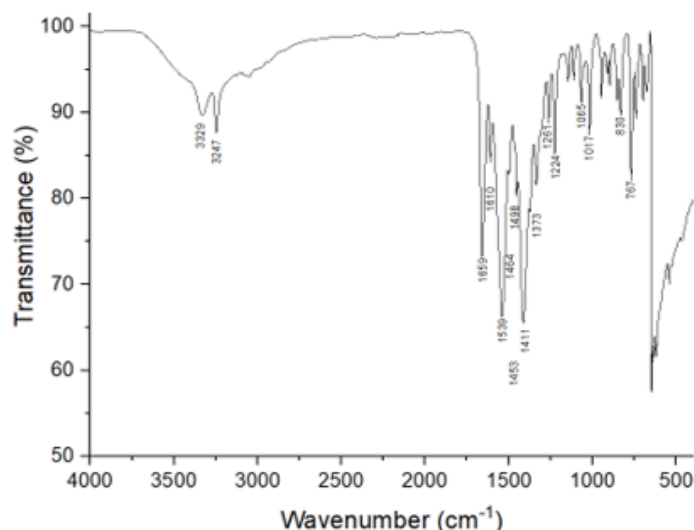


Figure 2. Infrared spectrum of the complex $[\text{CdL1}(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

assumed to represent the ν_{as} and ν_{s} vibrations of the monodentately coordinated carboxylate ions. The high-intensity absorption band at 1520 cm^{-1} is attributed to $\delta(\text{NH}) + \nu(\text{C}-\text{N})$ vibrations (amide II band). Notably, the most intense and very broad bands at 1539 and 1411 cm^{-1} , which are present in the spectrum of the Cd(II) complex, are absent in the spectrum of the Zn(II) complex. The deformation vibrations C-H in-plane of the aromatic rings $\delta_{\text{pl}}(\text{C}-\text{H})$ appear as bands at 1240, 1058 and 962 cm^{-1} ; and the non-planar for two adjacent hydrogen atoms – 848 cm^{-1} , and for four adjacent hydrogen atoms – 701

The IR spectrum of Cd(II) complex (Figure 2) contains a relatively narrow medium-intensity band at 3329 cm^{-1} , attributed to associated $\nu(\text{OH})$ vibrations, and a very narrow band of higher intensity at 3247 cm^{-1} , attributed to the $\nu(\text{NH})$ vibrations. A high intensity band at 1659 cm^{-1} is also observed, which is attributed to the $\nu(\text{C}=\text{O})$ vibrations, matching the position of this band in the IR spectrum of L¹. The carboxylate ions CH_3COO^- in this spectrum absorb at 1539 and 1411 cm^{-1} , showed a highest intensity and broadest than the other bands. Considering that the first value representing the ν_{as} vibrations, and the second - $\nu_{\text{s}}(\text{C}=\text{O})$ vibrations in carboxylate ions $\Delta(\nu_{\text{as}} - \nu_{\text{s}}) = 1539 - 1411 = 128 \text{ cm}^{-1}$,

The IR spectrum of Zn(II) compound (Figure 3) differs significantly from that of the Cd(II) compound. The $\nu(\text{OH})$ at 3352 cm^{-1} and $\nu(\text{NH})$ at 3192 cm^{-1} absorption bands are substantially broader compared to those in the spectrum of the Cd(II) compound, which leads to the conclusion that in the Zn(II) complex these vibrations are associated more strongly. The absorption band $\nu(\text{C}=\text{O})$, present in both the spectra of L¹ and Cd(II) compound spectra at 1659 cm^{-1} , is absented here, but a new absorption band of the highest intensity appears at 1370 cm^{-1} . So the band $\nu(\text{C}=\text{O})$ is transformed to $\nu(\text{C} \equiv \text{O})$ caused by the electronic density delocalization effect as a result of the formation of metallocycles, and shifts to the low-frequency region in this spectrum. The absorption bands at 1617 and 1316 cm^{-1} are as-

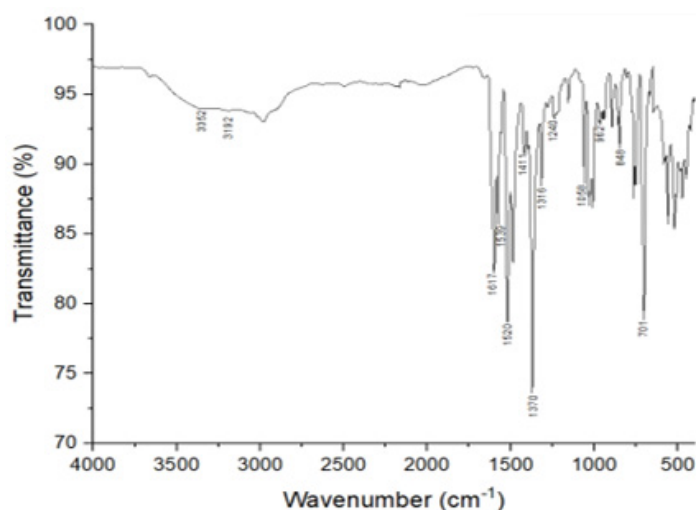


Figure 3. Infrared spectrum of the complex [ZnL1(CH₃COO)₂]·2H₂O

330 to 500 nm is observed, with a pronounced maximum at around 469 nm and a weak shoulder near 398 nm. Such a broad excitation profile is characteristic of ligand-centered or charge-transfer transitions. The weak shoulder at ca. 398 nm can be tentatively assigned to a higher-energy ligand-centered $\pi \rightarrow \pi^*$ transition.

Given the d^{10} electronic configuration of the Zn(II) ion, $d-d$ transitions are absent and the metal center does not contribute directly to the electronic absorption. Consequently, the observed luminescence originates from the organic ligand framework or from ligand-based charge-transfer states, such as ligand-centered (LC) or, less frequently, ligand-to-ligand charge-transfer (LLCT) states, as reported for similar Zn(II) systems [8,9,16]. The proximity of the excitation maximum (~ 469 nm) to the onset of the emission band (~ 506 nm) indicates a relatively small Stokes shift, consistent with fluorescence arising from a ligand-centered excited singlet state ($\pi^* \rightarrow \pi$).

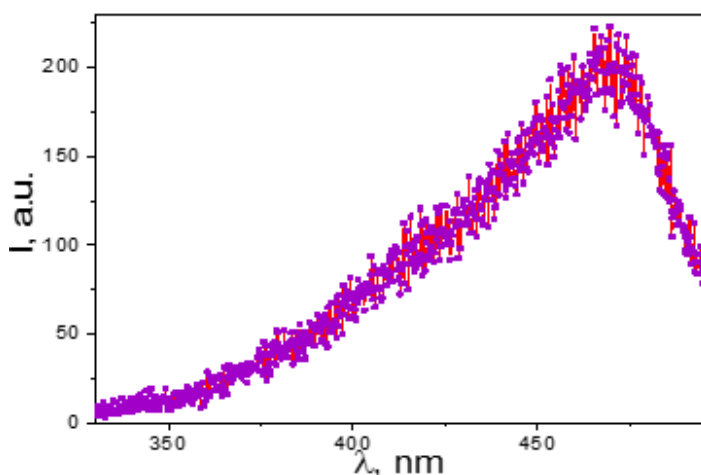


Figure 4. Excitation spectrum of Zn(II) complex powder sample recorded for the emission band at 506 nm

gradual decay toward longer wavelengths. In contrast, the Cd(II) complex displays a significantly lower emission intensity—more than two times weaker than that of the Zn(II) analogue—and exhibits a broad, nearly featureless emission band in the same spectral range, with a flat maximum centered near 530 nm and weak shoulders at approximately 485 and 608 nm.

cm^{-1} . Based on the IR spectral data, it can be assumed that in the case of the Zn(II) complex, the carboxylate ion COO^- most likely coordinates in the monodentate manner ($\Delta(\nu_{\text{as}} - \nu_{\text{s}}) = 1617 - 1316 = 301 \text{ cm}^{-1}$) with the highest value of $\Delta(\nu_{\text{as}} - \nu_{\text{s}})$ among all coordination types and the ionic form of COO^- [15].

2.2. Photoluminescence properties of the complexes

The photoluminescence (PL) properties of the Zn(II) and Cd(II) coordination compounds were investigated on powder samples at room temperature under excitation of laser beam 405 nm. The excitation spectrum of the Zn(II) complex, recorded by monitoring the emission at 506 nm is represented in Figure 4. A broad excitation band extending from approximately

Upon excitation at 405 nm, both Zn(II) and Cd(II) complexes exhibit intense visible luminescence, readily observable by the naked eye. The PL emission spectra of the complexes are presented in Figure 5. Under near-UV excitation, both compounds emit broadly in the green–red spectral region, whereas the free ligand L¹ shows no detectable emission under identical conditions. This behavior clearly indicates that coordination to Zn(II) or Cd(II) ions is essential for activating the luminescence.

The emission spectrum of the Zn(II) complex consists of a broad, asymmetric band spanning approximately 460–720 nm, with a dominant maximum at ~ 507 nm and a shoulder at around 546 nm. A steep rise in emission intensity is observed between 450 and 507 nm, followed by a

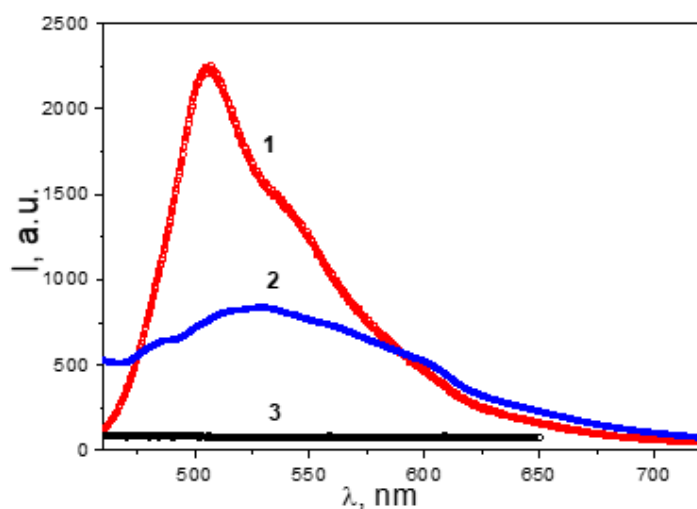


Figure 5. PL emission spectra of coordination compounds registered under excitation of 405 nm laser beam: 1 - $[\text{ZnL1}(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 2 - $[\text{CdL1}(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; 3 - L1

system or from intramolecular charge-transfer (ICT) states [8]. The broad emission tail extending into the red region points to inhomogeneous broadening, which may arise from structural disorder, multiple emissive conformations, or intermolecular interactions in the solid state.

For the Zn(II) complex, the intense maximum at ~ 507 nm is attributed to radiative decay from the lowest singlet excited state ($S_1 \rightarrow S_0$). The shoulder at ~ 546 nm may originate from vibronic coupling or from the presence of additional emissive species, such as different conformers or aggregated states.

It is well established that Zn(II) chelate complexes often exhibit significantly enhanced fluorescence compared to their free ligands [11]. In the uncoordinated state, organic ligands typically possess flexible structures and multiple vibrational degrees of freedom, which favour nonradiative relaxation and result in low quantum yields. Coordination to Zn^{2+} or Cd^{2+} ions increases structural rigidity and reduces these nonradiative pathways. As neither Zn^{2+} nor Cd^{2+} ions support $d-d$ transitions, the emission remains ligand-centered and can be assigned to $\pi^* \rightarrow \pi$, $\pi^* \rightarrow n$, ILCT, or LLCT transitions. Such delocalized electronic transitions naturally give rise to broad, structureless emission bands, as observed in Figure 5.

The luminescence mechanism in Zn(II) and Cd(II) complexes differs fundamentally from that of lanthanide-based systems, such as Eu(III) complexes. In lanthanide compounds, emission arises from intra-4f radiative transitions, producing sharp, line-like spectra with characteristic Stark splitting [5]. In contrast, Zn(II) and Cd(II) complexes are often described as spectroscopically silent with respect to metal-centered transitions, due to their closed-shell electronic configurations, $[\text{Ar}]3d^{10}$ for Zn^{2+} , and $[\text{Kr}]4d^{10}$ for Cd^{2+} . As a result, the metal ions primarily act as structural scaffolds that modulate ligand geometry and electronic structure rather than serving as emissive centers.

In both Zn(II)/Cd(II) and lanthanide complexes, photoexcitation initially occurs within the ligand. However, in Zn(II) and Cd(II) systems, the excited ligand has no energetically accessible metal-centered states to which energy can be transferred. Because Zn^{2+} ($3d^{10}$) and Cd^{2+} ($4d^{10}$) have no low-lying metal-centered excited states, the PL spectrum reflects ligand-based or charge-transfer processes, not $d-d$ transitions [10]. Consequently, the excited state relaxes radiatively via ligand-based fluorescence or, in some cases, phosphorescence, leading to broad molecular emission bands. The photoluminescent properties of these complexes are therefore governed by ligand electronic structure, coordination-induced rigidity, and steric effects [7,19]. Unlike rare-earth ions, Zn(II) and Cd(II) complexes lack atomic-like transitions and do not exhibit Stark splitting, as their emission originates from delocalized molecular orbitals rather than localized atomic states.

Since the free ligand is non-emissive under 405 nm excitation, while both metal complexes exhibit pronounced luminescence, the emission can be attributed to coordination-induced effects. Zn(II) and Cd(II) ions possess closed-shell d^{10} configurations and are therefore not intrinsically emissive. However, metal coordination significantly rigidifies the ligand framework, suppressing nonradiative decay pathways associated with ligand vibrations and rotations [1]. As a result, ligand-centered fluorescence is enhanced upon complexation. In addition, coordination may facilitate intraligand charge-transfer (ILCT) or LLCT processes, contributing to the observed emission [13].

The presence of a single, broad emission band for both Zn(II) and Cd(II) complexes suggests that the luminescence originates from $\pi \rightarrow \pi^*$ transitions within an extended conjugated ligand

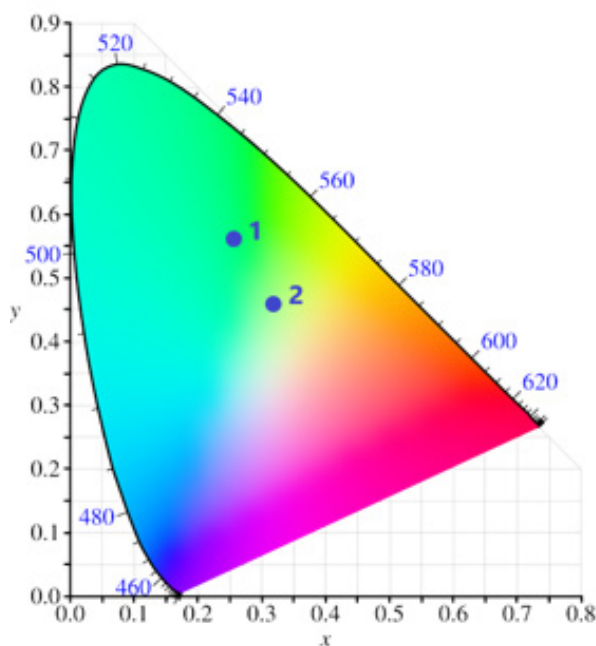


Figure 6. CIE colour coordinate plot showing the x,y coordinates of the emission in Zn(II) and Cd(II) complexes. The emission colour is marked by the blue circles. (1) Zn(II) complex ($x = 0.2785$; $y = 0.5604$); (2) Cd(II) complex ($x = 0.3286$; $y = 0.4555$)

Conclusions

The d^{10} transition-metal coordination compounds $[\text{ZnL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and $[\text{CdL}^1(\text{CH}_3\text{COO})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ were successfully synthesized and characterized by infrared and photoluminescence spectroscopy. Under near-UV excitation, the powder samples of both complexes exhibit intense visible emission, characterized by broad, structureless bands extending over the 460–700 nm spectral range.

In contrast, the free ligand L^1 shows no detectable luminescence under identical excitation conditions. The emergence of strong emission upon coordination to Zn(II) and Cd(II) ions clearly demonstrates that metal–ligand complexation plays a key role in activating and enhancing the photoluminescent response. **The observed bright green emission** originates from ligand-centered excited states and is attributed primarily to coordination-induced rigidification of the ligand framework, which effectively suppresses nonradiative deactivation pathways relative to the free ligand.

A comparative analysis reveals that the Zn(II) complex exhibits higher emission intensity than its Cd(II) analogue, in agreement **with trends reported in the literature for related d^{10} metal systems**. Differences in photoluminescence efficiency are likely related to variations in coordination geometry, ligand–metal interactions, and excited-state relaxation dynamics. The relationships between the PL characteristics of the Zn(II) and Cd(II) complexes have been discussed in detail. Owing to their broad fluorescence bands spanning the green region of the visible spectrum, the investigated Zn(II) and Cd(II) complexes appear to be promising candidates for use as green-emitting components in RGB-based devices or as emissive materials in white-light-emitting systems.

Bibliography:

1. Aragoni, M., Arca, M., Bencini, A., Caltagirone, C., Garau, A., Isaia, F., Light, M., Lppolis, V., Lodeiro, C., Mameli, M., Montis, R., Mostallino, M., Pintus, A., Puccioni, S. *Zn²⁺/Cd²⁺ optical discrimination by fluorescent chemosensors based on 8-hydroxyquinoline derivatives and sulfur-containing macrocyclic units*. Dalton Transactions, 2013, 42, pp. 14516–14530. DOI: <https://doi.org/10.1039/c3dt51292d>

The broad emission bands observed for both complexes can be further attributed to strong coupling between the electronic excited states and molecular vibrations of the organic ligand. Such electron–phonon interactions lead to vibrational and inhomogeneous broadening, effectively washing out fine spectral features. Additional broadening may arise from environmental effects, including local polarity variations, molecular disorder, and intermolecular interactions in the solid state. Particularly, comparing the Zn(II) vs Cd(II) complex, Cd(II) shows broader, red-shifted emission probably due to heavier atom and larger coordination sphere. Additionally, higher PL intensity for the Zn(II) complex may indicate on more rigid framework, while narrower bands for this complex suggest reduced vibrational coupling [9].

The calculated CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) chromaticity coordinates, derived from the PL spectra (Figure 5), are shown in Figure 6. The Zn(II) complex exhibits coordinates of $x = 0.2785$ and $y = 0.5604$, while the Cd(II) complex shows $x = 0.3286$ and $y = 0.4555$. Both values fall within the yellow–green region of the chromaticity diagram, indicating that these materials may be suitable as green-emitting components for applications in RGB-based devices or white-light-emitting systems when combined with complementary blue and red emitters.

2. Barbieri, A., Accorsi, G., Armaroli, N. *Luminescent complexes beyond the platinum group: the d10 avenue*. Chemical Communications, 2008, pp. 2185–2193. DOI: <https://doi.org/10.1039/b716650h>
3. Bolla, G., Chen, Q., Gallo, G., Park, I.-H., Kwon, K., Wu, X., Xu, Q.-H., Loh, K., Chen, S., Dinnebier, R., Ju, W., Vittal, J. *Multifunctional properties of a zinc(II) coordination complex*. Crystal Growth and Design, 2021, 21, pp. 3401–3408. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.cgd.1c00179>
4. Chukwuma, C., Mashele, S., Eze, K., Matowane, G., Islam, S., Bonnet, S., Noreljaleel, A., Ramorobi, L. A comprehensive review on zinc(II) complexes as anti-diabetic agents: the advances, scientific gaps and prospects. *Pharmacological Research*, 2020, 155, 104744. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2020.104744>
5. Culeac, I., Verlan, V., Bordian, O., Melnic, E., Podgornii, D., Bulhac, I., Cojocaru, I., Moise, C., Ghenea, V., Siminel, A., Enachescu, M. Structure and photoluminescence properties of coordination compound [Eu2(o-MBA)6(phen)2] with high quantum yield. *Journal of Luminescence*, 2024, 276, 1208554. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2024.120854>
6. Diana, R., Panunzi, B. The role of zinc(II) ion in fluorescence tuning of tridentate pincers: a review. *Molecules*, 2020, 25, 4984. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25214984>
7. Gennari, M., Lanfranchi, M., Marchio, L. Novel carbon-centered heteroscorpionate ligands: Cu(I) complexes and luminescence properties. *Inorganica Chimica Acta*, 2009, 362, pp. 4430–4438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ica.2009.05.014>
8. Kokina, T., Shekhovtsov, N., Vasilyev, E., Glinskaya, L., Mikheyli, A., Plyusnin, V., Tkachev, A., Bushuev, M. *Efficient emission of Zn(II) and Cd(II) complexes with nopinane-annelated 4,5-diazafluorene and 4,5-diazafluoren-9-one ligands: how slight structural modification alters fluorescence mechanism*. Dalton Transactions, 2023, 52, pp. 7429–7446. DOI: <https://doi.org/10.1039/D3DT00904A>
9. Korolenko, S., Zhuravlev, K., Tsaryuk, V., Kubasov, A., Avdeeva, V., Malinina, E., Burlov, A., Divaeva, L., Zhizhin, K., Kuznetsov, N. Crystal structures, luminescence, and DFT study of mixed-ligand Zn(II) and Cd(II) complexes with phenyl-containing benzimidazole derivatives with linker C=N or N=N group. *Journal of Luminescence*, 2021, 237, pp. 118156–118168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2021.118156>
10. Kubler, J., Pfund, B., Wenger, O. Zinc(II) complexes with triplet charge-transfer excited states enabling energy-transfer catalysis, photoinduced electron transfer, and upconversion. *Journal American Chemical Society Au*, 2022, 2, pp. 2367–2380. DOI: <https://doi.org/10.1021/jacsau.2c00442>
11. Larionov, S., Kokina, T., Plyusnin, V., Glinskaya, L., Tkachev, A., Bryleva, Y., Kuratieva, N., Rakhmanova, M., Vasilyev, E. Synthesis, structure and photoluminescence of Zn(II) and Cd(II) complexes with pyridophenazine derivative. *Polyhedron*, 2014, 77, pp. 75–80. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.poly.2014.04.011>
12. Lee, L., Lo, K. Shining new light on biological systems: luminescent transition metal complexes for bioimaging and biosensing applications. *Chemical Reviews*, 2024, 124, pp. 8825–9014. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.3c00629>
13. Majumder, A., Rosair, G., Mallick, A., Chattopadhyay, N., Mitra, S. Synthesis, structures and fluorescence of nickel, zinc and cadmium complexes with the N,N,O-tridentate Schiff base N-2-pyridylmethylidene-2-hydroxy-phenylamine. *Polyhedron*, 2006, 25, pp. 1753–1762. DOI: <https://doi.org/10.1016/poly.2005.029>
14. Nacanisi, K. *IR spectre and structure of organic compounds*. M., 216 p. (in Russian).
15. Nakamoto, K. *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds. Part B: Applications in Coordination, Organometallic, and Bioinorganic Chemistry*. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, New Jersey, 2009, 416 p. ISBN: 978-0-471-74493-1.
16. Narea, P., Cisterna, J., Cardenas, A., Amo-Ochoa, P., Zamora, F., Climent, C., Alemany, P., Conejeros, S., Llanos, J., Brito, I. Crystallization Induced Enhanced Emission in Two New Zn(II) and Cd(II) Supramolecular Coordination Complexes with the 1-(3,4-Dimethylphenyl)-5-Methyl-1H-1,2,3-Triazole-4-Carboxylate Ligand. *Polymers*, 2020, 12, 1756. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym12081756>
17. Omar Ali, A.-A., Ahmed, R., Al-Karawi, A., Marah, S., Kansiz, S., Sert, Y., Jaafar, M., Dege, N., Poyraz, E., Ahmed, A., Ozen, T., Loukil, M., Jwad, R. Designing of two new cadmium(II) complexes as bioactive materials: synthesis, X-ray crystal structures, spectroscopic, DFT, and molecular docking studies. *Journal of Molecular Structures*, 2023, 1290, 135974. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2023.135974>

18. Parmar, B., Bisht, K., Rachuri, Y., Suresh, E. Zn(II)/Cd(II) based mixed ligand coordination polymers as fluorosensors for aqueous phase detection of hazardous pollutants. *Inorganic Chemistry Frontiers*, 2020, 7, pp. 1082–1107. DOI: <https://doi.org/10.1039/c9qi01549c>
19. Rashamuse, T., Mohlala, R., Coyanis, E., Magwa, N. A review: blue fluorescent zinc (II) complexes for OLEDs – a last five-year recap. *Molecules*, 2023, 28(13), pp. 5272–5288. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28135272>
20. Scaeteanu, G., Maxim, C., Badea, M., Olar, R. Zinc(II) carboxylate coordination polymers with versatile applications. *Molecules*, 2023, 28(3), 1132. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28031132>
21. Tian, X., Hussain, S., Pace, C., Ruiz-Perez, L., Battaglia, G. ZnII complexes for bioimaging and correlated applications. *Chemistry an Asian Journal*, 2019, 14, pp. 509–526. DOI: <https://doi.org/10.1002/asia.201801437>
22. Zhang, J., Gong, L., Feng, J., Wu, J., Zhang, C. Two luminescent Zn(II)/Cd(II) metal-organic frameworks as rare multifunctional sensors. *New Journal of Chemistry*, 2017, 41, pp. 8107–8117. DOI: <https://doi.org/10.1039/c7>

N. B.: *We acknowledge financial support by the Ministry of Education and Research of the Republic of Moldova through research subprograms 010602 “Synthesis and study of new materials based on coordination compounds with polyfunctional ligands with useful properties in medicine, biology and technology”, and 011201 “Functional 2D and 3D oxychalcogenide materials, metals and polymers with advanced magnetic, photoelectric, optical and bioactive properties for applications in spintronics, optoelectronics and biomedicine”.*

Data about the authors:

Ion BULHAC, dr. habilitate, assoc. prof., head of laboratory, Institute of Chemistry, Moldova State University.

ORCID: 0000-0002-2437-2875

E-mail: ionbulhac@yahoo.com

Lidia CUBA, scientific researcher, Institute of Chemistry, Moldova State University.

ORCID: 0009-0003-3540-2712

E-mail: l-koba@list.ru

Vladislav GHENEA, scientific researcher, Institute of Applied Physics, Moldova State University, PhD student at Technical University of Moldova.

ORCID: 0009-0009-0850-2244

E-mail: vladislav.ghenea@ifa.usm.md

Ion CULEAC, dr., assoc. prof., leading scientific researcher, Institute of Applied Physics, Moldova State University.

ORCID: 0009-0005-3915-2583

E-mail: ionculeac@gmail.com

Presented: 06.02.2026

Reviewed: 19.03.2026

Accepted for publication: 20.05.2026

ACADEMICIAN AURELIAN GULEA AT 80 YEARS. ACTIVITY MARKED BY EXCELLENCE IN CHEMISTRY, EDUCATION AND ACADEMIC MANAGEMENT

Outstanding personalities of science contribute decisively to the development of knowledge and the training of generations of specialists. In this context, the 80th birth anniversary of Academician Aurelian Gulea is an opportunity to reflect on his contributions to the development of modern chemistry and interdisciplinary research.

The scientific activity of Academician Aurelian Gulea is distinguished by significant contributions in the field of coordination and bioinorganic chemistry, as well as by the development of research directions located at the intersection of chemistry with biotechnology and medicine.

Academician Aurelian Gulea was born on May 28, 1946, in the village of Baraboi, Dondușeni district, Republic of Moldova. He graduated from the local secondary school with a gold medal in 1964. Later, he continued his studies at the Faculty of Chemistry of the Moldova State University, where he was trained as a specialist in the field of physical and inorganic chemistry. In 1969, he was admitted to doctoral studies at the Institute of Chemistry of the Academy of Sciences of Moldova, and was later transferred to a specialized doctorate at the “V. G. Khlopin” Institute in St. Petersburg. In 1974, he defended his PhD thesis in Chemical Sciences at the “N. S. Kurnakov” Institute of General and Inorganic Chemistry of the USSR Academy of Sciences.

After returning to the Republic of Moldova, he worked as a researcher at the Institute of Chemistry of the Academy of Sciences, and since 1975 he began his teaching activity at the Moldova State University, where he went through all stages of his academic career - from lecturer to university professor and head of department.

The scientific activity of Academician Aurelian Gulea focuses on *coordination and bioinorganic chemistry*, fields that study the structure, properties and reactivity of metal compounds.

The main directions of his research include the synthesis and characterization of metals' coordination compounds; the study of stereochemistry and stereodynamics of assembly reactions of coordination combinations; the investigation of structure-biological activity relationships; the development of biologically active compounds with pharmaceutical applications.

Under his leadership, a scientific school was created with the generic name “Stereochemistry and Stereodynamics of Assembly Reactions of Coordination Compounds”, which contributed to the development of modern chemistry in the Republic of Moldova.

The research of Academician Aurelian Gulea demonstrated the importance of interdisciplinary collaboration between chemistry, biology and medicine. The studied coordination compounds were investigated for their biological potential, including for the development of substances with anticancer properties. This research contributed to the development of biopharmaceutical chemistry and the identification of molecules with therapeutic potential.

A central element of the activity of Academician Aurelian Gulea is the training of scientific researchers. Under his leadership, about 30 doctors and habilitated doctors in chemical and medical sciences were trained, over 100 licentiate (bachelor's) and master's theses were carried out in the scientific research framework.

Within the Moldova State University, he founded the specialty of *Biopharmaceutical Chemistry*, contributing to the development of modern educational programs.

The foundation of licentiate (bachelor's) program in *Biopharmaceutical Chemistry* at the Faculty of Chemistry and Chemical Engineering of the Moldova State University represents one of the important contributions of Academician Aurelian Gulea to the modernization of university chemical education in the Republic of Moldova. The initiation of this program aimed to integrate knowledge from chemistry,

biology and pharmaceutical sciences in accordance with contemporary trends in interdisciplinary research.

In the context of rapid development of the bioinorganic chemistry and medicinal chemistry at the international level, Academician Aurelian Gulea promoted the idea of creating a university specialization oriented towards the study of biologically active compounds and chemical mechanisms involved in biological and pharmacological processes.

Through his scientific activity in the field of coordination chemistry with biological potential, he demonstrated the importance of training specialists capable of working at the intersection of chemistry with biotechnology and medicine. This vision was the basis for the development of Biopharmaceutical Chemistry study program.

Academician Aurelian Gulea actively participated in the development of the program's curriculum structure, contributing to the definition of fundamental and specialized disciplines. The curriculum was designed to provide students with comprehensive training in areas such as: coordination and bioinorganic chemistry; medicinal chemistry and the chemistry of biologically active compounds; modern methods of structural and spectroscopic analysis; evaluation of the biological activity of chemical compounds. The integration of these disciplines allowed the formation of a modern professional profile, oriented towards research and innovation in the field of biopharmaceutical chemistry.

An important role in the development of program was played by the activity of academician Aurelian Gulea in creating and consolidating the research infrastructure within the faculty. The laboratories of coordination and bioinorganic chemistry became training centers for students, master's and doctoral students, offering the possibility of direct involvement in scientific projects. Through this approach, the educational process was integrated with research, and students of the *Biopharmaceutical Chemistry* program had the opportunity to participate in national and international research projects, the development of scientific papers and patents, as well as interdisciplinary collaborations with medical and pharmaceutical institutions.

The ***Biopharmaceutical Chemistry*** licentiate (bachelor's) program contributed to the formation of a new generation of specialists capable of working in areas such as chemical-pharmaceutical research; pharmaceutical and biotechnology industry; chemical and biomedical analysis laboratories; research and development institutions.

Through its interdisciplinary orientation and the integration of research into the teaching process, the program reflects the vision of academician Aurelian Gulea regarding the development of a modern university education, adapted to the requirements of contemporary science.

The contribution of Academician Aurelian Gulea to the creation of the *Biopharmaceutical Chemistry* program demonstrates his essential role not only in the development of chemical research, but also in the modernization of university education system. Through this initiative, he contributed to the consolidation of an interdisciplinary direction of training and research, which continues to evolve and generate relevant results in the field of chemistry and biomedical sciences.

An important chapter of the scientific and academic activity of Academician Aurelian Gulea is the leadership of Scientific Research Laboratory "*Advanced Materials in Biopharmaceutics and Technology*" within the Moldova State University. As the head of this laboratory, he made a decisive contribution to the development of modern research directions at the intersection of coordination chemistry, materials chemistry and biopharmaceutics.

The "*Advanced Materials in Biopharmaceutics and Technology*" Laboratory was created with the aim of developing interdisciplinary research oriented towards the synthesis, characterization and application of coordination compounds and functional materials with biological and technological potential.

Under the leadership of Academician Aurelian Gulea, the laboratory has become a research center that integrates modern methods of chemical synthesis, advanced structural analysis techniques and studies on the biological activity of the obtained compounds.

The laboratory's scientific activity focuses on several strategic directions:

- synthesis and study of coordination compounds of metals with biologically active ligands;

- development of innovative biopharmaceutical materials with therapeutic potential;
- investigation of structure–properties–biological activity relationships;
- development of functional materials with technical and biomedical applications;
- use of modern spectroscopic and structural methods for the characterization of compounds.

This research is part of the current trends of modern chemistry, in which the development of advanced materials is closely linked to biomedical and biotechnological applications.

Under the coordination of Academician Aurelian Gulea, the laboratory has become an important platform for interdisciplinary collaboration between chemists, biologists, pharmacists and specialists in the field of materials science. The research results have been valorized by publishing a large number of articles in international scientific journals; obtaining patents for biologically active compounds; participating in national and international research projects.

The scientific research laboratory coordinated by Academician Aurelian Gulea has played an essential role in training new generations of researchers. It has trained bachelor, master's and doctoral students directly involved in scientific projects. Through this activity, the laboratory has become a center of excellence in research on coordination chemistry and biopharmaceutical materials, contributing to the consolidation of scientific school created by Academician Aurelian Gulea.

The activity of "*Advanced Materials in Biopharmaceuticals and Technology*" laboratory has a significant impact on the development of chemical research in the Republic of Moldova, by promoting modern interdisciplinary research directions; development of the university scientific infrastructure; integration of research with the educational process; strengthening of international scientific collaborations.

By leading this laboratory, Academician Aurelian Gulea contributed to the creation of an academic and scientific environment favorable to innovation, demonstrating the essential role of fundamental research in the development of biopharmaceutical and technological applications.

In addition to research and teaching, Academician Aurelian Gulea has an important role in academic management. During his activity, he worked as a coordinating academician of the Section of Exact and Natural Sciences of the Academy of Sciences of Moldova; member of the Senate of the Moldova State University; chairman of the Commission of experts in the field of chemistry within the National Council for Accreditation and Attestation (CNAA) and The National Agency for Quality Assurance in Education and Research (ANACEC); member of the editorial boards of some international scientific journals; expert and coordinator of international juries at world invention salons and others.

Scientific and academic achievements are reflected in numerous scientific works, patents, participation in international exhibitions of inventions and others. Editorial and scientific activity lists over 1200 scientific publications, including about 20 monographs and textbooks; over 130 patents in the field of coordination and biopharmaceutical chemistry, dozens of gold medals at various international exhibitions and salons of inventions.

The prodigious activity of Academician Aurelian Gulea has been appreciated with multiple national and international awards and distinctions. Among the most important distinctions are: the National Prize in the field of science and technology; the Order of the Republic; the Order of "Glory of Labor"; the "Dimitrie Cantemir" Medal of the Academy of Sciences of Moldova; Gold medals of the World Intellectual Property Organization; the Award of the Government of the Republic of Moldova "Outstanding Inventor".

In recognition of his scientific merits, he was elected Doctor Honoris Causa of the "Al. I. Cuza" University of Iași, Professor Honoris Causa of the University of Bucharest, Honorary Member of the Academic Community of the University of Bacău, Full Member of the New York Academy of Sciences, Doctor Honoris Causa of the "N. Testemetianu" University of Medicine and Pharmacy of Moldova; member of the European Academy, honorary member of the Romanian Academy.

Academician Aurelian Gulea is one of the leading figures of science in the Republic of Moldova. His contributions in the field of coordination and bioinorganic chemistry, as well as his role in the development of interdisciplinary research, have had a significant impact on the evolution of modern chemistry.

Through his scientific, didactic and managerial activity, he contributed to the formation of a solid scientific school and the consolidation of academic research. On his 80th anniversary, his activity remains an example of excellence in science and education.

Viorica GLADCHI,
*PhD, University Professor, Dean, Faculty of Chemistry and Chemical Technology,
Moldova State University*

Adresa redacției:
str. Al. Mateevici, 60
MD 2009, Chișinău, Republica Moldova
Tel. (37322) 24 22 53;
e-mail: studia.universitatis@usm.md
web: <https://studiamsu.md/>

Formatul 60x84 ^{1/8}.
Coli de tipar 26,3. Coli editoriale 21,0.
Comanda 200. Tirajul 100 ex.
Centrul Editorial-Poligrafic al USM
str. Al.Mateevici, 60. Chișinău, MD 2009