

CZU: 633.15:631.527:632.111.6

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_10](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_10)

EFFECTUL STRESULUI DE TEMPERATURĂ NEGATIVĂ ASUPRA MOBILIZĂRII REZERVELOR DIN SEMINȚE PENTRU GERMINARE ȘI CREȘTEREA TIMPURIE A PLANTULELOR DIFERITOR HIBRIZI DE PORUMB

*Maria CAUȘ,**Universitatea de Stat din Moldova*

A fost studiat efectul stresului de temperatură negativă (STN) de -4°C cu durata de 16 ore aplicat semințelor a 14 hibridi de porumb înainte de germinare asupra mobilizării și translocării substanțelor de rezervă din endospermul semințelor în germinare și creștere a plantulelor.

S-a stabilit că STN a avut un impact semnificativ asupra ratei de masă a endospermului (RME) consumată în formarea unei unități de masă de rădăcină, epicotil și respirație, prin inhibarea mobilizării masei endospermului în procesele de germinare și creștere a plantulelor. În baza datelor obținute, în funcție de % RME utilizată în germinare și creștere au fost evidențiați hibridi cu valorile RME: (i) $\approx 24\%-27\%$; (ii) $\approx 15\% - 17\%$ și (iii) $\approx 5\%-8\%$ mai mică, față de valorile variantelor martor.

Cuvinte-cheie: *hibridi de porumb, semințe, stres, temperatură negativă, mobilizarea rezervelor, germinare, creștere.*

THE EFFECT OF NEGATIVE TEMPERATURE STRESS ON THE MOBILIZATION OF SEED RESERVES FOR GERMINATION AND EARLY SEEDLING GROWTH OF DIFFERENT MAIZE HYBRIDS

The effect of negative temperature stress (NST) of -4°C for 16 hours applied to the seeds of 14 maize hybrids before germination on the mobilization and translocation of reserve substances from the seed endosperm to germination and seedling growth was studied. It was established that NTS had a significant impact on the endosperm mass rate (RME) consumed in the formation of a unit mass of root, epicotyl and respiration, by inhibiting the mobilization of endosperm mass in the processes of germination and seedling growth. Based on the data obtained, depending on the percentage of RME used in germination and growth, hybrids were identified with RME values: (i) $\approx 24\%-27\%$, (ii) $\approx 15\% - 17\%$ and (iii) $\approx 5\% - 8\%$ lower, compared to the controls.

Keywords: *maize hybrids, negative temperature stress, seed reserves mobilization, germination, growth.*

Introducere

Porumbul (*Zea mays* L), una dintre cele mai importante culturi de cereale din lume este pe larg folosită ca sursă de hrană atât pentru oameni, cât și pentru animale, ca materie primă energetică, utilizat în diferite ramuri industriale și farmaceutice. Porumbul ca și majoritatea culturilor tropicale și subtropicale este susceptibil la efectele factorilor climatici, inclusiv al stresului temperaturilor extreme [1, 2, p. 252, 3]. Datorită lipsei de aclimatizare la frig în timpul evoluției [5] cultura porumbului este foarte predispusă la temperaturi scăzute, inclusiv al stresului de temperaturi joase pozitive [4, 6] și stresului de îngheț [7, 8]. Creșterea și randamentul culturilor de porumb sunt de obicei limitate din cauza fluctuațiilor de temperatură, care apar primăvara, mai ales dacă aceste fenomene au loc în timpul fazei de germinare [2, p. 252, 9]. Efectele negative ale fluctuațiilor extreme de temperatură apar din ce în ce mai frecvent pe măsură ce schimbările climatice devin mai intense. De aceea, devine din ce în ce mai important să se studieze rezistența porumbului la temperaturi scăzute, adică capacitatea plantelor de a supraviețui în condiții de temperaturi pozitive scăzute și înghețuri. Aprecierea corectă a rezistenței porumbului la temperaturi scăzute este deosebit de importantă în practica agricolă, deoarece de aceasta depinde utilizarea rațională a soiurilor și hibridilor, precum și optimizarea metodelor de ameliorare pentru obținerea de noi genotipuri. Datorită faptului că clima devi-

ne mai extremă, impactul condițiilor meteorologice asupra productivității plantelor va crește și mai mult, necesitând producerea de linii hibride care să se adapteze cu succes la condițiile mediului ambiant. Noii hibridi de porumb pot fi clasificați cu ajutorul cunoștințelor exacte despre cerințele și răspunsurile plantelor la fluctuațiile de temperatură. Rezultatele cercetărilor recente [8] au demonstrat că aplicarea stresului de temperatură negativă semințelor diferitor hibridi de porumb înainte de germinare a determinat ulterior o scădere a procentului de germinare a semințelor la temperatura optimală de 26°C. În același timp, datele obținute la evaluarea creșterii plantulelor în condiții optime nu au coincis cu rezultatele obținute în timpul germinării, ceea ce poate fi explicat probabil prin proprietățile formelor parentale utilizate pentru selecție [9], rolul fitohormonilor endogeni [10] implicați în procesele relevante, sau prin rata substanțelor de rezervă alocate în germinare și creșterea plantulelor în stadiile incipiente ale ontogenezei.

Pentru înțelegerea proceselor impactului stresului de temperatură negativă și pentru a dezvălui amploarea influenței acestuia asupra desfășurării germinării și creșterii plantulelor este important de a determina ratele substanțelor de rezervă cheltuite în evoluția formării componentelor principale ale creșterii și dezvoltării plantulelor.

Scopul acestui studiu a constat în evaluarea comparativă a substanțelor de rezervă din semințele diferitor hibridi de porumb, ce se deosebesc după toleranța lor la stresul de temperatură negativă, alocate pentru supraviețuirea semințelor, germinarea lor și creșterea plantulelor.

Materiale și metode

Ca material de cercetare au fost folosite semințele a 14 hibridi de porumb oferite de către Instituția Publică „Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor”, Republica Moldova. Au fost investigați următorii hibridi: Porumbeni (P.) 427, P. 310, P. 374, P. 180, P. 176 MRf, P. 220, P. 221, P. 230, P. 243, P. 305, Bemo (B.) 203, B. 235, Alimentar (Alim.) și Farmec. Înainte de a fi plasate pentru germinare, semințele variantelor martor și experimentale au fost selectate pentru uniformitate și scufundate în apă la temperatura de +4°C timp de 36 de ore. Preventiv, s-a demonstrat că după această operație, semințele de porumb sunt uniforme și bine pregătite pentru germinare. Semințele variantelor experimentale eliberate de apă au fost expuse acțiunii stresului de temperatură negativă (STN) prin incubare timp de 16 ore într-o cameră climatică RUMED - 3401 (Germania) la temperatura de -4°C. În timp ce semințele variantelor martor, de asemenea eliberate de apă, au fost păstrate la frigider la temperatura de +4°C. Ulterior, semințele martor și cele experimentale au fost semănate simultan în recipiente pe discuri de bumbac umede și setate pentru germinare și creștere în termostat, la întuneric, la temperatură optimă de 26°C și umiditatea relativă a aerului de 70-85%. Incubația a durat 120 de ore. Înainte de plasarea semințelor pentru germinare a fost determinată masa uscată a acestora (MUS0). La sfârșitul perioadei de incubare plantulele de porumb de 5 zile au fost colectate, secționare prin separarea rădăcinilor, epicotilelor (partea aeriană) și semințelor după germinare (rămășița semințelor după germinare și creștere). Apoi componentele individuale au fost cântărite și introduse într-un cuptor la 105°C ± 2°C timp de 72 de ore pentru a determina greutatea uscată. Masa uscată a rădăcinilor (MUR), masa uscată a epicotilelor (MUE), masa uscată a semințelor până la germinare (MUS0) și masa endospermului semințelor uscate după germinare și creșterea plantulelor (rămășița semințelor) (MUSr) au fost determinate pentru toate variantele. Pentru a determina rata de biomasă de endosperm translocată în formarea biomasei rădăcinilor, epicotilelor, biomasă de endosperm neutilizată după germinare și masa de endosperm utilizată pentru respirație, în primul rând, a fost determinată cantitatea de masă de endosperm consumată în respirație (MRE) după formula:

$MRE = MUS0 - (MUR + MUE + MUSr)$; unde, MUS0 - biomasă uscată a semințelor înainte de germinare, MUR - biomasă uscată a rădăcinilor, MUE - masa uscată a epicotilelor, MUSr - biomasă uscată a semințelor după germinare (reziduu de endosperm de semințe după 120 de ore de la momentul plasării semințelor în termostat pentru germinare). Apoi, ratele de biomasă ale endospermului alocate creșterii rădăcinilor (RMER), epicotilelor (RMEE) și endospermului neutilizat (RMEN), precum și consumată pentru respirație (RMRE) au fost determinate conform formulelor [11].

Experimentele au fost efectuate în trei repetări. La fiecare repetare 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 cu ajutorul programului „Statistica 7”.

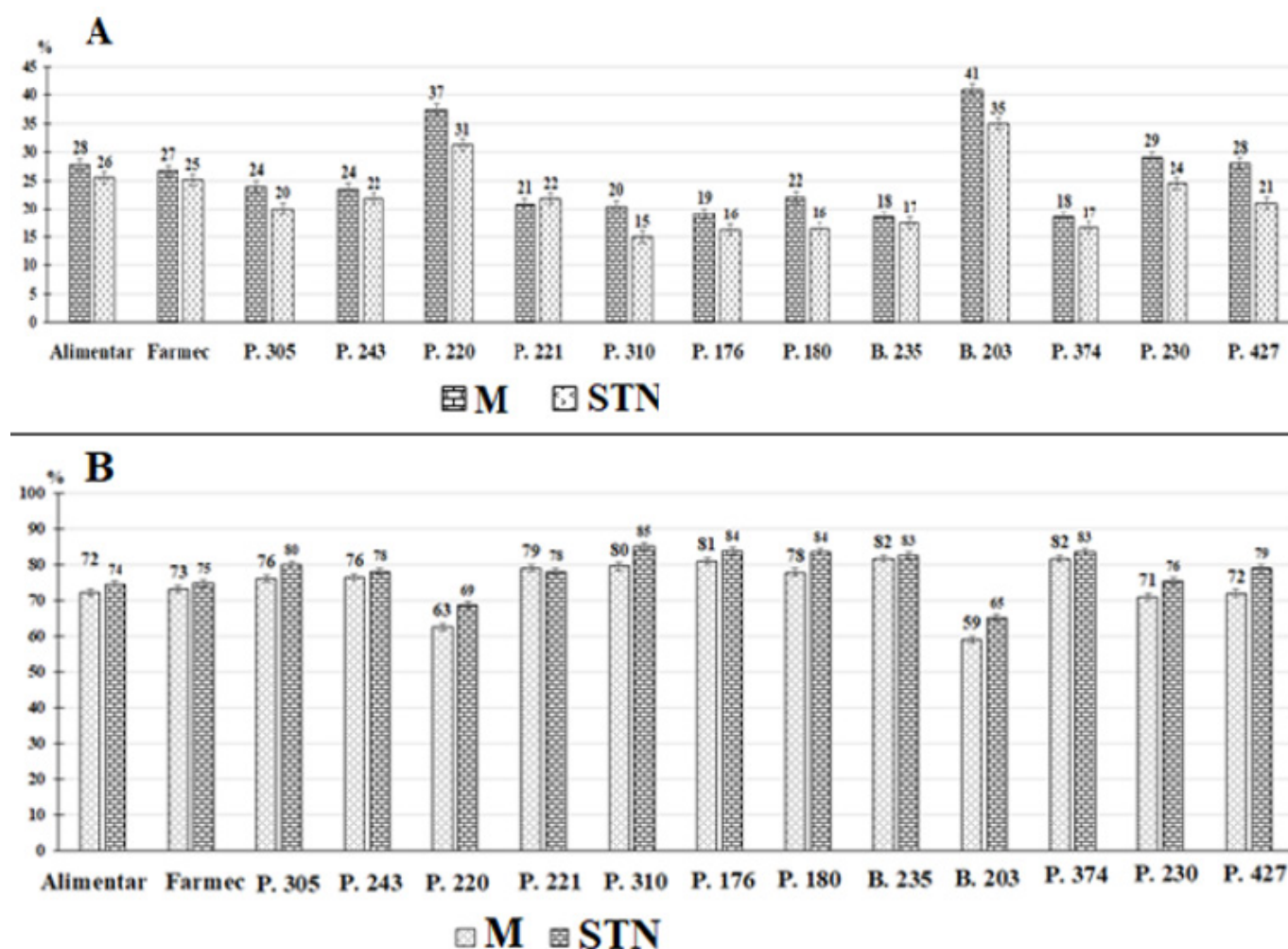
Rezultate și discuții

Mobilizarea rezervelor din semințe este un proces esențial în ciclul de viață al plantelor, asigurând procesele de germinare și creștere timpurie a plantulelor. Acest fenomen biologic complex depinde de condițiile mediului ambiant și implică mobilizarea substanțelor de rezervă stocate în endosperm prin hidroliza enzimatică, utilizarea și translocarea produselor hidrolizate la embrion în formarea structurilor celulare noi, inclusiv a creșterii rădăcinilor și a părții aeriene. Totodată, o parte din rezervele hidrolizate ale endospermului este consumată în respirație pentru a menține metabolismul energetic celular.

Desfășurarea proceselor metabolice induse în timpul germinării semințelor în stadiul inițial al ontogenezei, mobilizarea și translocarea rezervelor din semințe pentru formarea plantulelor este influențată, în primul rând, de cantitatea substanțelor de rezervă depozitate în endosperm, specie, genotip și de condițiile de cultivare [1, 3, 4, 11].

Pe Fig. 1 sunt prezentate datele obținute la studierea influenței STN asupra ratei de utilizare a substanțelor de rezervă din endospermul boabelor de porumb în germinare și creșterea ulterioară a plantulelor. Rezultatele prezentate pe această figură demonstrează că STN de -4°C cu durata de

Fig. 1. Rata masei endospermului boabelor diferitor hibridi de porumb utilizată (A) și neutilizată (B - rezide de endosperm de semințe după 5 zile de la momentul plasării semințelor în termostat pentru germinare și creștere) în procesele de creștere a unei plantule de porumb, ce a germinat în condiții optime (M, martor), precum și rata de biomasă a endospermului celor expuse înainte de germinare stresului hipotermic de -4°C pe parcursul a 16 ore (STN).



16 ore, aplicat boabelor de porumb înainte de germinare, care a provocat șocul hipotermic, rata substanțelor de rezervă consumate din endosperm pentru germinarea semințelor și creșterea plantulelor a

scăzut (Fig. 1A), pe când cea a substanțelor rămase în endosperm, neutilizate, dimpotrivă, a crescut (Fig. 1B). Aceste date arată, că procesele de acumulare a biomasei plantulelor în variantele experimentale au fost inhibitate la un nivel relativ mai înalt în comparație cu consumul substanțelor endospermului alocate pentru germinarea, menținerea viabilității și creșterea biomasei acumulate de către plantulele martor. Așadar, aplicarea STN la tratarea semințelor de porumb înainte de germinare a cauzat diminuarea procentului de masă a endospermului alocat pentru formarea unei plantule de porumb.

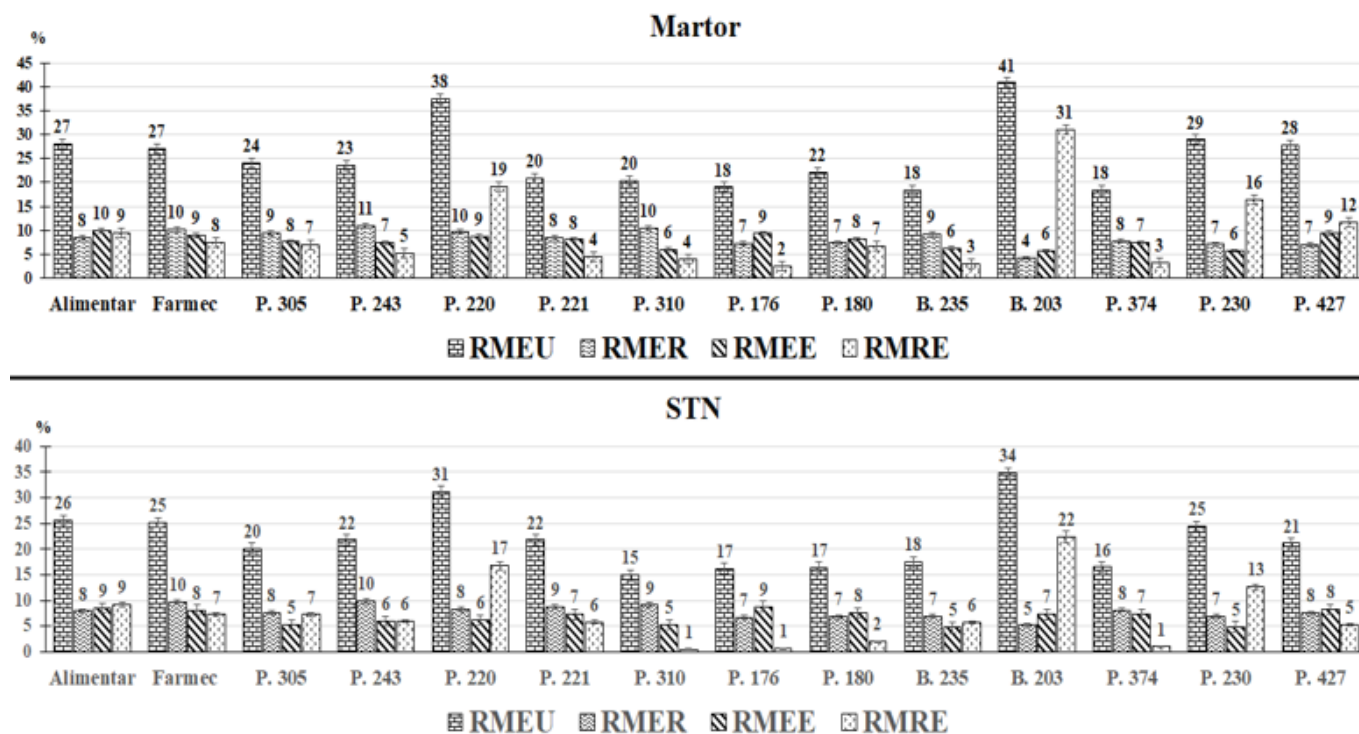
Ca și în cazul investigațiilor efectuate cu diferiți hibridi de porumb la temperaturi ridicate [3], a fost studiată reacția rezistenței hibridilor de porumb la acțiunea temperaturilor negative, cu determinarea ratei substanțelor de rezervă alocate de endosperm pentru creșterea plantulelor, inclusiv al formării rădăcinilor, părții aeriene, precum și cheltuită în respirație, denumită și costul alocat de semințe pentru aceste procese. Datele prezentate în Fig.2 demonstrează că la valoarea temperaturii de stres negativ (STN, -4°C , 16 ore), rata substanțelor de rezervă consumate din endosperm la formarea biomasei rădăcinilor, epicotilelor și consumată pentru respirație la creșterea unei plantule a scăzut. Biomasa eliminată prin respirație a fost utilizată pentru menținerea energetică a germinării semințelor, creșterii și viabilității plantulelor. Rezultatele prezentate pe Fig. 2, de asemenea, denotă că în variantele cu aplicarea STN acumulara sumei biomasei de către rădăcini și epicotile a diminuat mai pronunțat, în comparație cu cea care caracterizează diminuarea ratei masei endospermului alocate pentru respirație.

În cercetările precedente [8] noi am determinat rezistența constitutivă a hibridilor de porumb studiați la stresul de temperatură negativă (STN) de -4°C cu durata de 16 ore prin procentul de germinare a semințelor, după aplicarea căruia 50% de semințe au rămas viabile. În baza datelor obținute hibridii de porumb luați în studiu au fost distribuiți în 3 grupe, inclusiv I, II și III, care pot fi considerați, respectiv, hibridi cu rezistență constitutivă înaltă (I), medie (II) și joasă (III) la acțiunea STN [8].

Datele menționate mai sus au servit drept premisă a cercetărilor pentru evaluarea comparativă a ratei de masă a endospermului cheltuită în respirație pentru a forma o unitate de masă uscată a unei plantule (rădăcini și epicotil), în vârstă de 5 zile în variantele martor și experimentale la setul de hibridi cu diferit nivel de rezistență la STN. Rezultatele prezentate în Fig.2 demonstrează că cea mai mare parte a endospermului boabelor de porumb cheltuită în respirație se observă la hibridii cu rezistență joasă de germinare la temperatura extremă negativă, inclusiv B. 203, P. 230, P. 427, precum și la hibridul cu rezistență înaltă P. 220, atât în varianta martor, cât și cea experimentală. Procentul ratei masei endospermului cheltuită în respirație pentru hibridii respectivi atât în varianta martor (M), cât și cea experimentală (STN) - M-STN a fost de: 31-22% (B. 203), 16-13% (P. 230) și respectiv 12-5% (P. 427). De menționat, că un nivel înalt de masă a endospermului alocată în respirație a fost observată și la hibridul cu rezistență înaltă, P. 220, procentul ratei masei a endospermului din variantele M și STN cheltuite în respirație fiind de 19 și respectiv 17%. Aceste rezultate, probabil, se asociază cu sporirea resurselor energetice eliberate prin respirație, alocate pentru asigurarea atât a creșterii, cât și a proceselor de restabilire în variantele cu STN.

La hibridii din zona cu rezistență înaltă [8] cum sunt Alimentar, Farmec, P. 305 și P. 243 rata masei endospermului cheltuită în respirație la formarea unei unități de masă a unei plantule atât în varianta martor, cât și cea experimentală este aproximativ la același nivel: M-STN – 9-9% (Alimentar), 8-7% (Farmec) , 7-7% (P.305) și respectiv 5-6% pentru P. 243 (Fig. 2). În același timp, la hibridii cu rezistență moderată [8], rata masei endospermului alocată în procesele energetice implicate în formarea unei unități de masa uscată a unei plantule este la cel mai mic nivel atât în variantele martor, cât și experimentale, constituind: M-STN - 2-1% (P. 176), 7-2% (P. 180) și respectiv 3-6% pentru B. 235 (Fig. 2). Totodată, unii hibridi din grupa cu rezistență înaltă, inclusiv P. 221, P. 310, și preponderent hibridii din zona cu rezistență moderată, cum sunt P. 176, P. 180 și B. 235 [8] demonstrează cel mai mic nivel al ratei masei endospermului utilizate în respirație, în special în variantele cu STN (Fig. 2). La hibridii respectivi rata masei endospermului alocată în procesele energetice implicate în formarea unei unități de masă uscată a unei plantule este la cel mai mic nivel atât în variantele martor, cât și experimentale, constituind: M-STN – 4-6% (P.221), 4-1% (P. 310), 2-1% (P. 176), 7-2% (P. 180) și respectiv 3-6% pentru B. 235 (Fig. 2).

Fig. 2. Influența stresului de temperatură negativă (STN) asupra Costului intrinsec alocat de semințele diferitor hibridi de porumb pentru germinare și creștere a plantulelor în dependență de expunerea semințelor înainte de germinare acțiunii STN de -4°C cu durata de 16 ore și creșterii ulterioare la temperatura optimă de 26°C timp de 5 zile.



Prin urmare, STN de -4°C cu durata de 16 ore a avut un impact semnificativ asupra ratei de masă a endospermului cheltuite în formarea unei unități de masă a unei plantule (rădăcină, epicotil și respirație), prin inhibarea mobilizării masei endospermului în procesele de germinare și creșterea timpurie a plantulelor diferitor hibridi de porumb. Rezultatele obținute sugerează, că primăvara prin intervenirea alternanței perioadelor de scurtă durată a temperaturilor scăzute negative pot avea loc efecte dăunătoare asupra germinării și creșterii plantelor de porumb, datorită inhibării proceselor de mobilizare și translocare a substanțelor de depozitare din semințe în procesele corespunzătoare în perioada timpurie de dezvoltare a plantelor.

Concluzii

S-a stabilit că aplicarea stresului de temperatură negativă (STN) de -4°C cu durata de 16 ore semințelor a 14 hibridi de porumb înainte de germinare a avut un impact semnificativ asupra ratei de masă a endospermului semințelor consumată în formarea unei unități de masă de rădăcină, epicotil și respirație, prin inhibarea mobilizării masei endospermului în procesele de germinare și creștere a plantulelor în stadiile incipiente ale ontogenezei.

Rezultatele obținute au demonstrat că nivelul de influență a STN asupra mobilizării substanțelor de rezervă ale endospermului în germinare și creștere a fost diferit în cadrul sortimentului de 14 de hibridi de porumb folosiți ca material biologic în acest studiu.

Referințe:

1. SIKDER, S., HASAN, M. A., HOSSAIN, M. S. *Germination characteristics and mobilization of seed reserves in maize varieties as influenced by temperature regimes*. În: *Journal of Agriculture & Rural Development*. 2009, nr. 7(1-2), p. 51-56. <http://www.banglajol.info/index.php/jard>.
2. MURARIU, M. *Rezistența plantulelor de porumb la temperaturi scăzute*. În: MURARIU, M., MURARIU, D., HAȘ, V. et al. *Conservarea și utilizarea germoplasmei locale de porumb din România*. Editura Pim, Iași, 2012, 490 p. ISBN: 978-606-13-1011-1.

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*. În: *Ann. Univ. Craiova, Ser. Biol. Hort. Food Prod. Process. Environ. Eng.* 2022, vol. 27, (63), p. 119-124. ISSN–L: 1453 – 1275. DOI: 10.52846/bihpt.v27i63.20.
4. CAUȘ, M., DASCALIUC, A., BOROZAN, P. *Responses of seed germination and seedling growth of different maize hybrids to low positive temperature stress*. În: *Ann. Univ. Craiova, Ser. Biol. Hort. Food Prod. Process. Environ. Eng.* 2022, vol. 27, (63), p.113-118. ISSN–L: 1453 – 1275. DOI: 10.52846/bihpt.v27i63.20.
5. DING, Y. SHI, Y., YANG, S. *Advances and challenges in uncovering cold tolerance regulatory mechanisms in plants*. În: *New Phytol.* 2019, nr. 222, p. 1690–1704. DOI: 10.1111/nph.15696.
6. MURARIU, D., MURARIU, M., PLACINTA, D. *Field and laboratory screening of Romanian maize landraces very resistant to low temperatures*. În: *Maydica*. 2016, vol. 60, nr. 3. M 23. ISSN: 0025-6153.
7. RITONGA, F. N., CHEN, S. *Physiological and molecular mechanism involved in cold stress tolerance in plants*. *Plants*, 2020, vol. 9, nr. 5, p. 560. DOI: 10.3390/plants9050560.
8. CAUȘ, M., DASCALIUC, A., BOROZAN, P. *Effect of negative temperature shock on the primary resistance of maize hybrids*. În: *Ann. Univ. Craiova, Ser. Biol. Hort. Food Prod. Process. Environ. Eng.* 2023, vol. 28 (64), p. 27-32. ISSN–L: 1453 – 1275. DOI: 10.52846/bihpt.v28i64.66.
9. BOROZAN, P., MUSTEATA, S., SPINU, V. *Evolution of elements in a maize breeding program*. În: *Geneticists and Breeders from the Republic of Moldova: materials XIth intern. congress, June 15-16, 2021*. Chișinău, p. 74. ISBN: 978-9975-933-56-8. DOI: 10.53040/cga11.2021.053.
10. KONG, D., FU, X., JIA, X. at al. *Identification of quantitative trait loci controlling ethylene production in germinating seeds in maize (*Zea mays L.*)*. În: *Scientific Reports*. 2020, vol. 10, nr. 1, p. 1677. DOI: 10.1038/s41598-020-58607-1.
11. DASCALIUC, A., JELEV, N., RALEA, T. at al. *Mobilization of reserve substances of seeds for germination and growth of seedlings in wheat varieties with different frost resistance*. În: *Journal of Academy of Sciences of Moldova. Life Sciences*. 2020, nr. 2(341), p. 54-66. <http://bsl.asm.md/article/id/121094>.

Notă: 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 autor:

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: maria.caus@sti.usm.md

Prezentat la 26.08.2024