

CZU: 681.586.672:633.34

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024\\_02](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_02)

## STUDIUL ACTIVITĂȚII RESPIRATORII A UNOR SOIURI DE SOIA CU AJUTORUL SENZORILOR DE CO<sub>2</sub>

*Ana BÎRSAN, Ion GANEA, Maria FRUNZĂ, Alina VLADINOVA,*

*Universitatea de Stat din Moldova,*

*Costel GUȚU, Maria IACUBUȚĂ,*

*Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor*

*Silvia EVTODIEV,*

*Didact Vega S.R.L.*

Activitatea respiratorie a semințelor de soia (*Glycine max* (L.) Merrill.) a fost evaluată în timpul etapei de germinare, folosind senzori de CO<sub>2</sub>. În studiu au fost utilizate trei soiuri autohtone de soia: Aura, Viorela și Moldovița. Activitatea respiratorie a fost evaluată prin măsurarea concentrației de dioxid de carbon (CO<sub>2</sub> într-un amestec de gaze), folosind tehnologiile PASCO. Modificările nivelurilor de dioxid de carbon s-au evaluat cu ajutorul senzorilor wireless de CO<sub>2</sub> gaz de model PS-3208. Activitatea respiratorie crescută la soiul Aura a corelat pozitiv cu masa mai mare la o mie de boabe și cu energia și capacitatea de germinare a semințelor mai mare. Datele obținute cu referire la nivelul de CO<sub>2</sub> eliberat în timpul respirației evidențiază capacitatea semințelor de a mobiliza substanțele de rezervă în timpul germinării. Aceste informații pot fi valoroase în elucidarea diferențelor în procesele fundamentale de germinare a semințelor între soiurile unor culturi agricole, ținând cont de condițiile de mediu.

**Cuvinte-cheie:** *soia, germinare, activitate respiratorie, senzori CO<sub>2</sub>.*

### THE RESPIRATORY ACTIVITY STUDY OF SEVERAL SOYBEAN VARIETIES USING CO<sub>2</sub> SENSORS

The respiratory activity of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) seeds during the germination stage has been evaluated using CO<sub>2</sub> sensors. Three indigenous soybean varieties: Aura, Viorela and Moldovita were selected for the study. The respiratory activity was assessed by measuring the concentration of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) in a gas mixture using PASCO Technologies. Changes in CO<sub>2</sub> levels were monitored using model PS-3208 wireless CO<sub>2</sub> gas sensors. The heightened respiratory activity in the Aura variety was positively correlated with greater thousand kernel weight, higher germination energy and germination capacity of the seeds. The obtained CO<sub>2</sub> content data highlights the seeds' ability to mobilize reserve materials during germination. This information can be valuable in elucidating differences in the fundamental processes of seed germination among crop varieties, with consideration given to environmental conditions.

**Keywords:** *soybean, germination, respiratory activity, CO<sub>2</sub> sensors.*

#### Introducere

Actualmente, pentru atenuarea efectelor negative ale factorilor de mediu, optimizarea și stabilizarea producției, prin lucrări de hibridare se recurge la obținerea unei noi soiuri de soia, datorită modelării unor caractere și însușiri ale acestora [19]. Succesul în producția de cereale depinde, în parte, de calitatea semințelor utilizate [4]. Semințele de înaltă calitate oferă un început promițător pentru obținerea plantelor rezistente și a recoltelor înalte, procesele complexe de creștere și dezvoltare a plantelor, fiind influențate de o multitudine de factori interni și externi, care acționează la diferite etape de creștere și dezvoltare a plantelor [12].

Germinarea semințelor are un rol deosebit de important în declanșarea proceselor de creștere, etapele ulterioare fiind puternic dependente de evenimentele ce derulează la etapele inițiale ale ontogenezei. Ger-

minarea semințelor este însoțită de o creștere a intensității respirației, în special, la faza finală a procesului de germinare. Acest fenomen este asociat cu restructurarea proceselor biochimice care implică scindarea moleculelor organice și care eliberează energia necesară pentru diverse activități metabolice, rata de respirație ridicată indicând asupra includerii mai rapide a substratului respirator în catabolismul celular. Bunăoară, s-a stabilit că există o diferență considerabilă în natură și intensitatea respirației între semințele distincte. S-a constatat că semințele intacte de soia ce dețin un conținut mai ridicat de grăsimi respiră mai intens decât cerealele ce au un conținut mai sporit de amidon [14]. Totodată, ritmul respirației poate fluctua, predominant, în funcție de condițiile de mediu.

Gestionarea corectă a culturilor agricole necesită măsurători cronologice și precise a gazelor respiratorii. Cu atât mai mult că, unii autori indică asupra posibilității de a îmbunătăți randamentul agricol prin optimizarea metabolismului respirator al plantelor, evitând pierderea inutilă de carbon asimilat [2], iar interpretarea corectă a variațiilor indicatorilor cuantificabili în timpul germinării, va face posibilă elucidarea diferențelor în procesele de bază ale germinării semințelor între specii, soiuri și condițiile de existență [3].

În prezent, există o multitudine de metode fizico-chimice și tehnici directe și indirecte de măsurare a fluxurilor de gaze în plante și a intensității metabolismului respirator, însă numeroase studii au demonstrat că metodele bazate pe cuantificarea nivelului de CO<sub>2</sub> ajutorul senzorilor sunt mai ergonomice, necesită cantități mai mici de material, asigurând o precizie mai mare a datelor colectate, datorită sensibilității de detecție și posibilității de a monitoriza fenomenele în timp real și nefiind invazive [5,8,10,22].

La soia, o mare parte a cercetărilor cu referire la cuantificarea dioxidului de carbon eliminat în procesul de respirație sunt direcționate spre determinarea nivelului acestuia în condiții de stres, intensitatea respirației demonstrând rolul său substanțial în adaptarea plantelor la condiții nefavorabile de creștere [1, 16,18,20,21]. Numeroase cercetări sunt axate pe monitorizarea nivelului de CO<sub>2</sub>, corelat cu conținutul de substanță organică consumată în procesul de germinare, în diverse condiții de depozitare a semințelor [4]. Multiple studii relevă rolul monitorizării nivelului de CO<sub>2</sub> în procesele de sechestrare a carbonului. Cu toate acestea, până în prezent, sunt prezentate argumente contradictorii cu referire la relația dintre procesele de creștere și de respirație. De asemenea, puține studii pun în valoare capacitatea de mobilizare a substanțelor organice de rezervă prin cuantificarea CO<sub>2</sub> în procesele de germinare a semințelor.

Scopul acestui studiu a constat în aprecierea activității respiratorii a unor soiuri de *Glycine max* prin evaluarea nivelului dioxidului de carbon emis de semințele și plantulele de soia, aflate la etapa VE de creștere și dezvoltare - etapă cu rol crucial în ontogeneza plantelor.

### Material și metode

În prezentul studiu au fost incluse trei soiuri autohtone de soia: Aura, Moldova și Viorela, create de către IP Institutul de Cercetări pentru Culturile de Câmp „Selectia”, din or. Bălți, recolta anului 2023. Soiurile se încadrează în grupa de maturitate 0 (semiprecoce), având perioada de vegetație 117 - 123 zile. În calitate de martor pentru cercetările efectuate a servit soiul Aura, selectat pentru cultură în baza caracteristicilor de plasticitate, productivitate și alte caracteristici tehnologice și solicitat în cultură de producătorii de soia din Moldova. Testul de germinare a semințelor s-a efectuat în cutii Petri, în condiții dirijate de laborator, la temperatura de 25±1°C.

Activitatea respiratorie s-a determinat cu ajutorul Tehnologiilor PASCO pentru măsurarea concentrației de dioxid de carbon (CO<sub>2</sub> într-un amestec de gaze), cu achiziție de date experimentale, fie în memoria Calculatorului la care este racordat senzorul (conectivitate wireless sau prin fir USB) sau în memoria oricărui alt dispozitiv electronic cu memorie proprie (tabletă electronică, smartfon, Laptop, Panou interactiv etc.), sau fie cu achiziție autonomă a datelor cu stocare în memoria proprie a senzorului. Sistemul permite monitorizarea de lungă durată, în timp real, a unor procese metabolice, precum fotosinteza și respirația și cuantificarea gazelor respiratorii, având capacitatea de a stoca mai mult de 55.000 de date în memoria proprie a senzorului. Modificările nivelurilor de dioxid de carbon s-au evaluat cu ajutorul senzorilor wireless de CO<sub>2</sub> gaz de model PS-3208, din dotarea Didact Vega S.R.L., care avea numărul ID de logare 429351 pentru achiziția de date experimentale în regim real și în regim autonom cu stocarea datelor în memoria proprie

a senzorului. Temperatura climocamerei cu umiditate ridicată a fost monitorizată cu ajutorul senzorului wireless de temperatură PS-3201 cu sondă din oțel inoxidabil (*certificat IP-X7*) [23], cu achiziții autonome de date experimentale pe întreaga durată a investigațiilor experimentale (durata maximă este de cca un an) și stocarea datelor în memoria senzorului. Pentru investigații experimentale de emisie CO<sub>2</sub>, eșantioanele a câte 10 semințe au fost plasate în interiorul accesoriului volumetric din plastic (Flacon de prelevare de gaz cu volumul de 250 ml) la care etanș se montează senzorul PASCO, PS-3208 [24]. Vasele au fost plasate în climocameră, la temperatura de 25±1°C, la întuneric.

Senzorul măsoară concentrația de dioxid de carbon în intervalul cuprins între 0 părți pe milion (ppm) și 100000 ppm. Senzorul poate fi utilizat cu sau fără flaconul de eșantionare de gaz inclus. Programul-soft de colectare a datelor PASCO afișează și analizează datele măsurate de senzor în formă numerică, grafică, tabelară, tahometrică sau histogramică cu salvare și exportare.

Achiziția, prelucrarea, analiza și interpretarea datelor experimentale au fost realizate cu ajutorul SOF-Tului SPARKvue. Rata de eșantionare a fost aleasă de 1 Hz pentru diferite soiuri de semințe investigate în procesul de respirație cu afișarea grafică a datelor pentru o durată de 10 min.

### Rezultate și discuții

Determinarea calității fiziologice a semințelor include evaluarea proprietăților de producție a acestora. În același timp, indicatorii care caracterizează viabilitatea și rata germinației semințelor constituie componenta fiziologică a calității semințelor.

Germinarea semințelor și creșterea plantelor la etapele inițiale ale ontogenezei, reprezintă un fenomen complet heterotrof, dependent de metabolismului respirator. Oxidarea substratului respirator: carbonului din hidrații de carbon, lipide și proteine acumulate în timpul maturării semințelor asigură energia necesară pentru germinația semințelor și dezvoltarea plantelor până la trecerea la nutriția autotrofă [6,13].

Tehnicile noi permit măsurarea respirației într-un mod mai dinamic, inclusiv efectuarea de măsurători simultane a mai multor parametri respiratori, ceea ce face posibilă înțelegerea mai profundă a proceselor fiziologice din plante și corelarea datelor obținute cu diverse aspecte ale metabolismului plantelor, de a atribui mai bine sensul variațiilor observate și de a elucidă mecanismul proceselor studiate [15,17].

Măsurători ale respirației pot fi combinate și corelate cu seturi multidimensionale de date. Din aceste considerente, pentru a evalua calitatea fiziologică a semințelor, etapa inițială a cercetărilor noastre a inclus determinarea masei la 1000 boabe și analiza indicilor de germinație a semințelor (energia și facultatea germinativă). Datele prezentate în tabelul 1 demonstrează că soiul Aura, luat de noi în calitate de martor, se caracterizează prin valori mai înalte ale MMB, fiind urmat de soiul Moldovița și, corespunzător, de soiul Viorela. Dinamica procesului de germinare, de asemenea, pune în evidență valori mai înalte ale energiei și facultății germinative la soiul Aura, comparativ cu soiul Viorela și Moldovița. Valorile mai mari ale indicilor de germinație au corelat pozitiv cu masa la 1000 boabe.

**Tabelul 1. Energia și facultatea germinativă a semințelor unor soiuri autohtone de soia.**

Denumirea soiului	Energia germinativă (%)			Facultatea germinativă (%)	Masa la 1000 boabe (g)
	24 ore	48 ore	96 ore		
<b>Aura</b>	6,66	73,33	93,33	100	135,6
<b>Viorela (11)</b>	0	43,33	76,66	86,66	121,6
<b>Moldovița(17)</b>	0	56,66	83,33	93,33	128,3

Respirația este unul dintre procesele esențiale ale metabolismului plantelor și unul dintre elementele importante ale procesului de producție a plantelor. O creștere a activității funcționale a celulelor este însoțită de creșterea respirației. Etapa inițială a experimentului dat a inclus adaptarea metodei, bazată pe studiul activității respiratorii în obiectele biologice, la scopul cercetării și la condițiile de investigare. Testarea senzorilor a fost efectuată pe soiul martor Aura (Foto 1.)

**Foto 1. Studiul activității respiratorii a semințelor de soia cu ajutorul senzorilor de CO<sub>2</sub>.**

Analiza reliefului graficelor emisiei de gaze la soiul Aura a demonstrat o creștere liniară a conținutului de CO<sub>2</sub>. Din aceste considerente, ulterior, testarea celor trei genotipuri de soia pentru emisiile de gaze în timpul germinării semințelor s-a efectuat după 30, 60 și 90 min de la montarea experimentului, pe parcursul a 10 min. Datele din tabelul 2 arată că, în timp, intensitatea respirației semințelor tuturor genotipurilor luate în studiu crește treptat. Rezultate similare au fost atestate de unii autori la porumb [10].

**Tabelul 2. Dinamica emisiei CO<sub>2</sub> de semințele unor soiuri autohtone de soia la etapele inițiale de germinare.**

Denumirea soiului	Cantitatea de CO <sub>2</sub> (ppm)		
	Peste 30 min	Peste 60 min	Peste 90 min
<b>Aura</b>	2470	4520	7688
<b>Moldovița</b>	2186	4032	7060
<b>Viorela</b>	1986	4054	6654

Dat fiind faptul că procesele de respirație aerobă necesită oxigen, vasele zilnic au fost ventilate, iar analiza conținutului de CO<sub>2</sub> s-a efectuat timp de 10 min după 4, 8, 24, 48 ore. Pentru fiecare determinare a fost fixat nivelul inițial de CO<sub>2</sub> în balon și nivelul CO<sub>2</sub> produs timp de 10 minute. Diferențele dintre concentrația inițială și finală a gazului în balon sunt prezentate în tabelul 3.

**Tabelul 3. Nivelul de CO<sub>2</sub> produs de unele soiuri autohtone de soia la etapa de germinare a semințelor.**

Denumirea soiului	Cantitatea de CO <sub>2</sub> (ppm)			
	4 ore	8 ore	24 ore	48 ore
<b>Aura</b>	302	342	414	274
<b>Moldovița</b>	256	140	228	214
<b>Viorela</b>	202	92	170	194

Studii asupra fiziologiei semințelor subliniază că ratele de germinare furnizează informații despre momentul, uniformitatea și amploarea germinării semințelor și sunt indicatori sensibili ai vigorii semințelor și toleranței la stres [7]. Au fost găsite relații strânse și comparabile cantitativ între modelele respiratorii și de germinare ale semințelor ca răspuns la diverși factori, ce permite utilizarea măsurătorilor respiratorii semi-automatizate pentru a evalua vigoarea semințelor și parametrii de calitate [3,11].

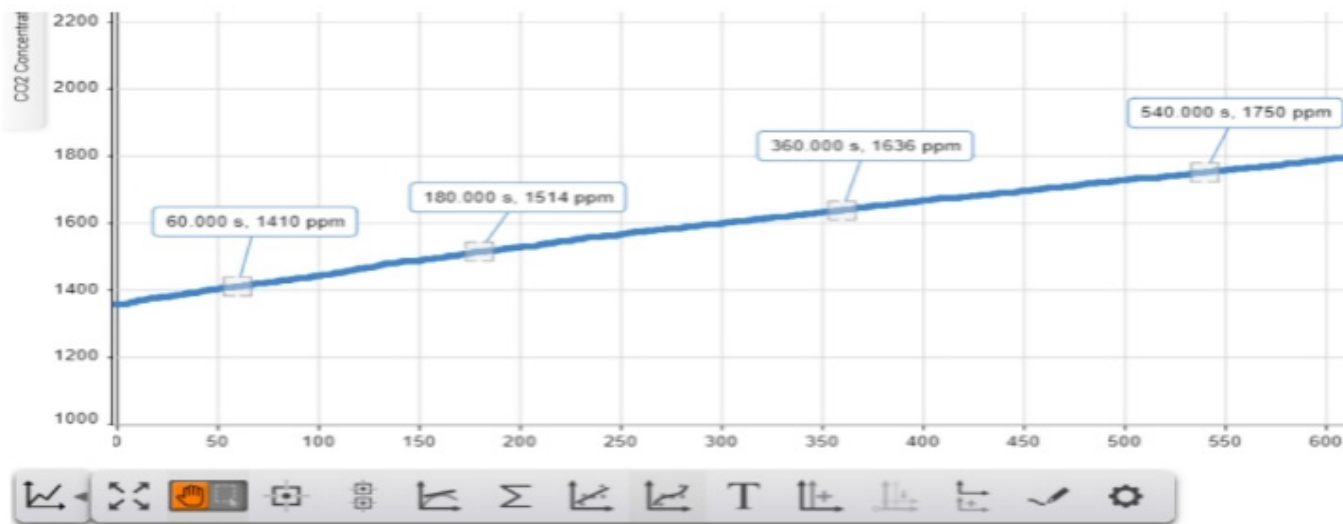
Analiza dinamicii emisiilor de gaze la etapa de germinație a semințelor a relevat că genotipurile studiate au avut activitate respiratorie diferită. Cea mai înaltă activitate respiratorie s-a atestat la soiul Aura, urmat de Moldovița și apoi de Viorela.

Creșterea ratelor de respirație este observată la multe semințe în momentul apariției rădăcii; această rată de respirație este menținută și corespunde creșterii răsadurilor [3], fiind stabilite relații dintre respirație și progresia germinării, culminată cu apariția embrionului din învelișurile care îl înconjoară. Deoarece energia germinativă a semințelor genotipurilor studiate de soia a fost diferită (Tab.1), pentru a detecta concentrația de  $\text{CO}_2$  produsă în procesul de respirație în timp real și cu mare precizie, din totalitatea de semințe de soia, germinate în cutii Petri, în condiții controlate de laborator, pentru fiecare genotip, au fost selectate câte 5 plantule, care prezentau valori medii ale creșterii rădăcii, caracteristice pentru lotul corespunzător. În cazul dat, analiza activității respiratorii a fost efectuată la etapa VE de creștere, atunci când plantulele aveau dezvoltată bine rădăcina principală, rădăcinile laterale lipsind.

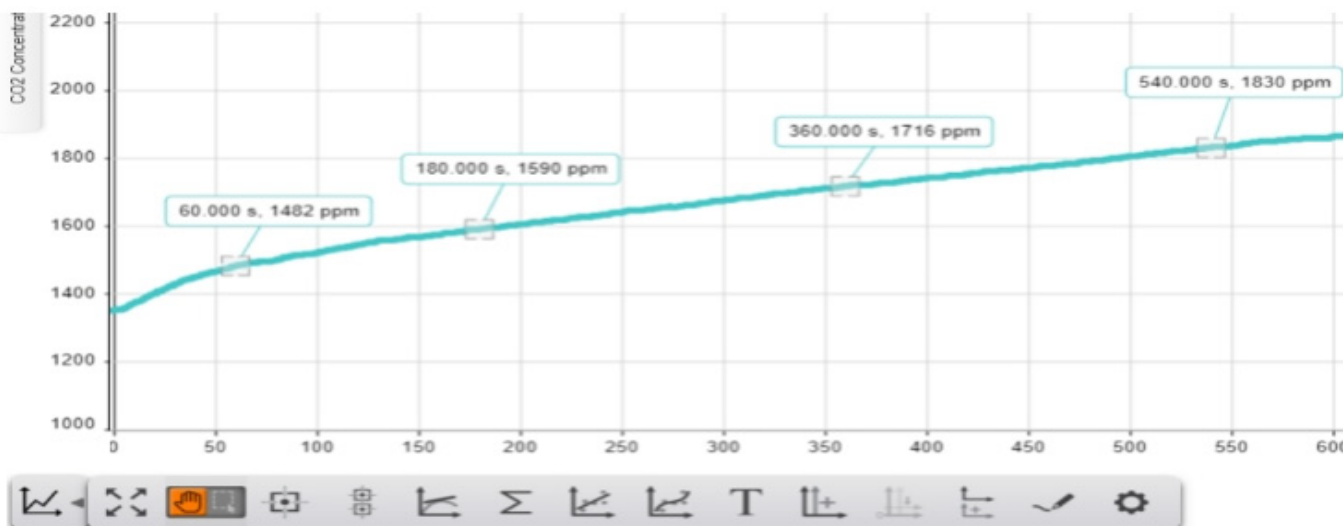
Rezultatele experimentale prezentate în figurile 1, 2, 3 denotă că genotipurile cercetate s-au deosebit după capacitatea de producție a  $\text{CO}_2$ . Aprecierea emisiilor de gaze peste 1 min (60,000s), 3 min, 6 min și 9 min a demonstrat cantități mai mici de  $\text{CO}_2$  produs de către plantulele soiului Moldovița: 1 min (1410ppm), 3 min (1514 ppm), 6 min (1636 ppm) și 9 min (1750 ppm).

Soiul Viorela a ocupat o poziție intermediară. Cu toate acestea, se observă că în primul minut, acest genotip are o capacitate de emisie a  $\text{CO}_2$  mai mare în comparație cu soiul martor Aura. Cele mai mari cantități de  $\text{CO}_2$  au fost atestate la soiul Aura, care au depășit valorile soiurilor Moldovița, înregistrându-se valori: 1 min (1442 ppm), 3 min (1612 ppm), 6 min (1818 ppm) și 9 min (1988 ppm).

**Fig. 1. Activitatea respiratorie a plantulelor de soia (soiul Moldovița).**



**Fig. 2. Activitatea respiratorie a plantulelor de soia (soiul Viorela).**



**Fig 3. Activitatea respiratorie a plantulelor de soia (soiul Aura).**

Totuși, raportarea cantității de CO<sub>2</sub> la unitate de masă a semințelor a arătat că, după 9 minute, cel mai mare nivel al emisiilor de dioxid de carbon la 1g de masă a semințelor, s-a atestat la soiul Viorela (150,49 ppm), urmat de Aura (146,60 ppm) și de Moldovița (136,39 ppm).

Astfel, intensitatea respirației semințelor de soia la etapa VE de creștere și de dezvoltare a plantelor a pus în evidență interdependențe între masa boabelor, energia și facultatea germinativă doar la soiul Aura. Soiul Moldovița, deși a avut valor mai ridicate ale energiei și facultății germinative, la această etapă, a prezentat o intensitate a respirației mai scăzută în comparație cu soiul Viorela.

### Concluzii

Sistemul de detectare a dioxidului de carbon permite evaluarea cu înaltă precizie a nivelului de CO<sub>2</sub> produs în timpul respirației semințelor și monitorizarea în timp real a unor procese metabolice.

Intensitatea respirației soiurilor studiate de soia a variat în funcție de genotip, valori superioare ale indicelui cercetat fiind atestate în dependență de biomasa materialului vegetal.

Pentru aprecierea mai detaliată a activității respiratorii cu ajutorul senzorilor, este necesară investigarea mai multor soiuri, care posedă diferite caractere morfologice, rezistență la factorii de stres etc., abordarea subiectelor în studiul de față fiind una de pionierat în cercetările asupra culturii de soia în Republica Moldova.

### Referințe:

1. AÇIKBAŞ, S., ÖZYAZICI M, A., BIÇAKÇI, E., ÖZYAZICI, G. *Germination and Seedling Development Performances of Some Soybean [Glycine max (L.) Merrill] Cultivars Under Salinity Stress. Turkish Journal of Range and Forage Science*, 2023, nr. 4(2), p. 108-118.
2. AMTHOR, J. S., BAR-EVEN, A., HANSON, A. D., MILLAR, A. H., STITT, M., SWEETLOVE, L. J., TYERMAN, S. D. *Engineering Strategies to Boost Crop Productivity by Cutting Respiratory Carbon Loss. The Plant Cell*, 2019, vol. 31, p. 297–314.
3. BELLO, P., BRADFORD, K. J. *Single-seed oxygen consumption measurements and population-based threshold models link respiration and germination rates under diverse conditions. Seed Science Research*, 2016, nr. 26(3), p. 199-221. doi:10.1017/S0960258516000179
4. BEWLEY, J. D., BRADFORD, K. J., HILHORST, H. W. M. AND NONOGAKI, H. *Mobilization of stored reserves. Seeds*, New York: Springer-Verlag, 2013, pp. 183-246.
5. DA SILVA, J. G., GADOTTI, G. I., DE MORAES, D. M., SILVA, A. H. M., CAVALCANTE, J. A., MENE-GHELLO, G. E. *Equipment to assess vigor in soybean seeds using CO<sub>2</sub> produced during respiration // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande*. ISSN 1807-1929, v. 25, n. 5, p. 353-358, 2021. <http://www.agriambi.com.br> – <http://www.scielo.br/rbeaa>

6. DRANSKI, J. A. L., MALAVASIM, M., MALAVASI, U. C., SCHUSTER, I., SCHLICKMANN LAZARETTI, N. *Carbon dioxide quantified by the infrared in respiratory activity evaluation in corn seeds. Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 2017, vol. 38, nr. 3, p. 1115-1132.
7. EBONE, L. A., CAVERZAN, A., TAGLIARI, A., CHIOMENTO, J. L. T., SILVEIRA, D. C., CHAVARRIA, G. *Soybean Seed Vigor: Uniformity and Growth as Key Factors to Improve Yield. Agronomy*, 2020, 10, 545. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040545>
8. FALCO, N., WAINWRIGHT, H. M., DAFFLON, B., ULRICH, C., SOOM, F., PETERSON, J. E., BROWN, J. B., SCHAEFFLE, K. B., WILLIAMSON, M., COTHREN, J. D., HAM, R. G., MCENTIRE, J. A., HUBBARD, S. S. *Influence of soil heterogeneity on soybean plant development and crop yield evaluated using time-series of UAV and ground-based geophysical imagery. Sci Rep.*, 2021. nr. 29;11(1). p. 7046. doi:10.1038/s41598-021-86480-z. PMID: 33782488; PMCID: PMC8007594. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8007594/>
9. FEHR, W. R., CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. *Special Report 80, Iowa Agricultural Experiment Station, Iowa Cooperative External Series, Iowa State University, Ames*. 1977, Nr. 80, p. 3–11.
10. GAO, L. U., ZANG, Y. U., ZHAO, G., QI, H., TANG, Q., LIU, Q., JIA, L. *Research on the Seed Respiration CO<sub>2</sub> Detection System Based on TDLAS Technology. Hindawi International Journal of Optics*, 2023, Article ID 8017726, 13 p. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2023/8017726> doi: 10.51801/turkjrf.1387963
11. HANSEN, L. D., HOPKIN, M. S., RANK, D. R., ANEKONDA, T. S., BREIDENBACH R. W., CRIDDLE R. S. *The relation between plant growth and respiration: A thermodynamic model. Planta*, 1994, vol. 194, nr. 1. p. 77-85.
12. HEAL, G., MILLNER, A. *Uncertainty and decision making in climate change economics. Rev. Environ. Econ. Policy*, 2014, nr. 8(1), p. 120-137.
13. MACHEREL, D., BENAMAR, A., AVELANGE-MACHEREL, M.-H., TOLLETER, D. *Function and stress tolerance of seed mitochondria. Physiologia Plantarum*, 2007, vol. 129, nr. 1, p. 233-241.
14. NOVITSKAYA, N. V. *RESPIRATION RATE OF SEEDS DEPENDING ON DAMAGE. Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 2017, № 7(153), p. 78-82.
15. O'LEARY, B. M., SCAFARO, A. P., YORK, L. M. *High-throughput, dynamic, multi-dimensional: an expanding repertoire of plant respiration measurements. Plant Physiology*, 2023, vol. 191, issue 4, p. 2070-2083. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiac580>
16. PARK, Y. J., LEE, J. S., PARK, S., KIM, Y. J., MANI, V., LEE, K., KWON, S. J., PARK, S. U., KIM, J. K. *Metabolite Changes in Soybean (Glycine max) Leaves during the Entire Growth Period. ACS Omega*, 2023, nr. 24;8(44), p. 41718-41727. doi: 10.1021/acsomega.3c06043. PMID: 37969993; PMCID: PMC10633961. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10633961/>
17. POLEVOY, A. N., SINITSYNA, V. V. *Modeling of grain development at early stages of ontogenesis and seedling emergence. http://downloads.igce.ru/publications/pemem/PEMEM25/13\_Polevoy\_Sinitsyna.pdf*
18. SAMATOVA, S. U., MIRZAEVA, YA. YA. *The intensity of respiration in plants depends on the environment, seasons, temperature, humidity depending on the change. Science and innovation international scientific journal*, 2023, vol. 2(12), p. 836-839. ISSN: 2181-3337. <https://zenodo.org/records/10402618>
19. VOZIAN, V., IACOBUTA, M., TARAN M. *Valoarea agronomică a noilor genotipuri de soia pentru condițiile tarii. Agricultura Moldovei. Chisinau*, 2010, nr. 3, p. 20-22.
20. YAMAGUCHI, Junichi. *Respiration and the Growth Efficiency in Relation to Crop Productivity*, 1978. [https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/12920/1/59\(1\)\\_p59-129.pdf](https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/12920/1/59(1)_p59-129.pdf)
21. ZEYMER, J. S., CORRÊA, P. C., DE OLIVEIRA, G. H. H., GATES, R. S., DE ARAUJO, M. E. V., GATSAKOS, A. B. *Respiration rate and dry matter loss of soybeans (Glycine max L.) obtained by a dynamic system*, 2023. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16321>
22. ZHANG, J., FANG, W., XU, C., XIONG, A., ZHANG, M., GOEBEL, R., BO, G. *Current Optical Sensing Applications in Seeds Vigor Determination. Agronomy*, 2023, nr. 13(4), p. 1167. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041167> - <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20230192257>
23. [https://didactvega.md/wp-content/uploads/2023/10/PS-3201-Wireless-Temperature-Sensor-Manual.en\\_ro\\_.pdf](https://didactvega.md/wp-content/uploads/2023/10/PS-3201-Wireless-Temperature-Sensor-Manual.en_ro_.pdf)
24. [https://didactvega.md/wp-content/uploads/2023/10/PS-3208-Wireless-Co2-Sensor.en\\_ro\\_.pdf](https://didactvega.md/wp-content/uploads/2023/10/PS-3208-Wireless-Co2-Sensor.en_ro_.pdf)

**Date despre autori:**

**Ana BÎRSAN**, doctor, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

**ORCID:** 0000-0003-1696-080X

**E-mail:** ana.birsan@usm.md

**Ion GANEA**, Universitatea de Stat din Moldova.

**ORCID:** 0000-0002-9346-2575

**Maria FRUNZĂ**, doctor, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

**ORCID:** 0000-0003-3668-956X

**Alina VLADINOVA**, Universitatea de Stat din Moldova.

**ORCID:** 0009-0006-4974-4627

**Costel GUTU**, Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor.

**ORCID:** 0009-0005-2606-6002

**Maria IACUBUȚĂ**, Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor.

**Silvia EVTODIEV**, Didact Vega S.R.L.

*Prezentat la 23.09.2024*