EFECTUL STRESULUI DE SECETĂ ASUPRA MOBILIZĂRII SUBSTANȚELOR DE REZERVĂ ÎN TIMPUL GERMINĂRII SEMINȚELOR ALE DIFERITELOR SOIURI DE GRÂU

THE EFFECT OF DROUGHT STRESS ON THE MOBILIZATION OF RESERVE SUBSTANCES DURING SEEDS GERMINATION OF DIFFERENT WHEAT VARIETIES

CZU: 632.112:[631.547.1:633.11] **https://doi.org/10.59295/spd2025e.12**

Natalia JELEV
ORCID: 0000-0002-1664-6055
E-mail: natalia.jelev@sti.usm.md
Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova

Alexandru DASCALIUC
ORCID: 0000-0003-3210-6144
Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova

Andrei GOREA
ORCID: 0000-0002-8569-0658
Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova

Summary. *Five wheat varieties (Triticum aestivum L.) were studied under laboratory conditions to observe the mobilization of seed reserves for seedling growth under both optimal and drought conditions. The effect of drought on seedling growth was assessed by determining the amount of reserves mobilized, depleted, and respired from seeds during germination. Under drought conditions, the highest seed reserve mobilization was observed in the cultivars Moldova 614 and Moldova 16, while respiration efficiency was higher in the Meleag cultivar compared to the others. However, it was found that in Meleag, the high loss of reserves through respiration under simulated drought conditions resulted in reduced seedling growth. The results showed that during drought, greater mobilization of seed reserves combined with minimal loss through respiration contributed to improved seedling growth in the Bijuteria Zâmbrenilor, Moldova 614 and Moldova 16 varieties. Therefore, efficient reserve mobilization and reduced respiratory losses during seedling growth are essential indicators of drought tolerance.*

Keywords: *water stress, drought tolerance, wheat varieties, polyethylene glycol.*

INTRODUCERE

Schimbările climatice globale, manifestate prin creșterea temperaturii medii și

scăderea cantităților de precipitații, conduc la extinderea suprafețelor afectate de secetă la nivel global. Stresul hidric afectează terenurile agricole din întreaga lume [1], limitând semnificativ distribuția și productivitatea plantelor în aceste ecosisteme.

Clima Republicii Moldova este moderat continentală, însă prezintă o variabilitate ridicată, atât din punct de vedere geografic, cât și interanual. Variațiile semnificative ale cantității totale de precipitații, precum și ale distribuției acestora pe parcursul anului, generează deficite hidrice în timpul perioadei de vegetație a culturilor agricole, în aproape toate regiunile țării. Aceste condiții s-au accentuat în ultimii ani din cauza încălzirii globale.

Potrivit managerului Oficiului Schimbarea Climei din cadrul Ministerului Mediului, temperatura medie anuală a aerului va continua să crească în Republica Moldova în următoarele decenii. Acest fenomen se va manifesta printr-un spor al temperaturii medii la suprafața solului. Modelele climatice indică faptul că această creștere ar putea varia între 2°C și 5,3°C, ceea ce va duce la intensificarea și creșterea frecvenței fenomenelor climatice extreme. În consecință, cantitățile de precipitații vor scădea, iar perioadele de secetă vor deveni din ce în ce mai îndelungate.

Prin urmare, rezistența la secetă rămâne una dintre cele mai stringente probleme ale agriculturii din Republica Moldova, cu atât mai mult cu cât frecvența anilor secetoși și pagubele provocate culturilor agricole se vor intensifica odată cu evoluția schimbărilor climatice globale. Prelungirea perioadelor de secetă va afecta semnificativ dezvoltarea plantelor, având un impact negativ asupra productivității cerealelor, inclusiv a grâului – una dintre cele mai importante culturi la nivel mondial.

Pentru a pronostica răspunsul culturii de grâu la încălzirea globală și deficitul ulterior de apă, precum și pentru a elabora strategii eficiente de gestionare a riscurilor, este necesară identificarea proceselor care determină toleranța plantelor la condițiile nefavorabile de mediu. În acest context, este esențială realizarea unor cercetări științifice privind modul în care stresul cauzat de secetă afectează caracteristicile funcționale ale plantelor și relațiile lor ecologice [2].

Utilizarea unor metode experimentale artificiale pentru generarea stresului de secetă este indispensabilă pentru o cercetare mai detaliată a acestui fenomen. Seceta poate fi indusă prin diverse modele, inclusiv prin aplicarea polietilenglicolului (PEG) [3]. Inducerea stresului hidric la plante este posibilă prin utilizarea unui polimer neionic solubil în apă, care nu pătrunde în celulele plantei [4].

Numeroase studii au raportat identificarea genotipurilor de grâu tolerante la secetă prin aplicarea unor concentrații variate de PEG-6000 și observarea variațiilor statistic semnificative ale diferitelor trăsături în stadiul de plantulă [5, 6, 7]. Atunci când grâul este supus unui stres hidric moderat până la sever, se produc modificări semnificative ale caracteristicilor sale morfologice, fiziologice și biochimice. Efectele secetei asupra proprietăților funcționale ale plantelor variază în funcție de nivelul lor de rezistență [8].

Grâul și alte culturi sunt frecvent expuse la stres termic și hidric în diverse stadii de dezvoltare, în special în timpul germinației semințelor și creșterii timpurii a plantulelor, ceea ce afectează translocarea substanțelor de rezervă din semințe către embrion [9, 10, 11, 12]. Acești parametri au potențialul de a fi utilizați ca indicatori valabili pentru screening-ul și selecția genotipurilor de grâu rezistente la secetă [13, 14].

Cercetările noastre au fost orientate spre evaluarea reacției a cinci soiuri de grâu la condițiile de secetă induse prin aplicarea polietilenglicolului (PEG). Pentru identificarea soiurilor cu rezistență sporită la secetă, au fost analizate efectele PEG-6000 asupra mai multor caracteristici metabolice.

MATERIALE ȘI METODE

În anul 2024, în condiții de laborator, a fost investigat efectul stresului de secetă asupra indicilor de mobilizare a substanțelor de rezervă în semințele a cinci soiuri de grâu: Meleag, Moldova 16, Moldova 614, Bijuteria Zâmbrenilor și Lăutarii. Semințele au fost recoltate în anul 2023 de pe câmpul experimental al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor din cadrul Universității de Stat din Moldova.

Pentru a studia influența stresului de secetă, simulat prin aplicarea polietilenglicolului 6000 (PEG-6000), asupra germinării semințelor și creșterii plantulelor, din fiecare soi a fost prelevat un eșantion de 120 de semințe. Semințele au fost sterilizate cu etanol 80% timp de 2 minute. Ulterior, eșantionul fiecărui soi a fost împărțit în două variante: martor și experimentală, fiecare conținând câte 60 de semințe. Fiecare variantă a fost constituită din patru repetiții, fiecare repetiție cu 20 de semințe.

Semințele au fost cântărite și plasate secvențial, în ordinea numerelor de identificare, între două discuri dreptunghiulare de hârtie de filtru Whatman Nr. 1, în caserole. Pe hârtia de filtru s-au adăugat 10 ml de apă distilată sau soluție de 15% PEG 6000, iar soluția sau apa distilată au fost reînnoite în a 3-a și a 6-a zi. Caserolele au fost acoperite cu capace, care, la rândul lor, au fost sigilate cu cleme speciale pentru a preveni evaporarea lichidelor. Pentru germinare, semințele au fost incubate în întuneric, la o temperatură de 22 ± 1,0°C, timp de 10 zile.

Plantulele obținute au fost recoltate și supuse separării: lăstarii și rădăcinile au fost izolate de semințele rămase. Atât semințele, cât și plantulele au fost uscate la 105°C, după care au fost cântărite pe o balanță analitică (Sartorius CP224S) pentru determinarea masei uscate totale. Rezerva mobilizată din semințe reprezintă cantitatea de substanțe de rezervă transferată din endosperm către rădăcini și lăstari în curs de creștere. Procentul de epuizare a rezervei din semințe a fost calculat ca raportul dintre masa rezervelor mobilizate și masa inițială uscată a semințelor [15]. Rezerva mobilizată, procentul de epuizare a rezervei și eficiența respirației au fost calculate conform următoarelor formule [16]:

1. Rezerva mobilizată din semințe (mg/semință) = (masa uscată inițială a semințelor – masa uscată rămasă în semințe)/Numărul de semințe;

2. Rezerva epuizată din semințe (%) = (masa rezervei de semințe mobilizate/ masa inițială a semințelor) x 100;

3. Eficiența respirației din semințe (%) = (masa inițială a semințelor – masa uscată a plantulei)/masa inițială a semințelor x100 [14].

Toate datele au fost analizate utilizând testul Duncan, prin intermediul pachetului software Statistica 10. Diferențele cu valori p mai mici de 0,05 au fost considerate semnificative.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Un rol determinant în succesul germinării semințelor și în creșterea timpurie a plantulelor îl are procesul de mobilizare a substanțelor de rezervă din endosperm către embrion. Acest proces se desfășoară prin transformarea substanțelor de rezervă de greutate moleculară mare în compuși solubili în apă, sub acțiunea catalitică a enzimelor. Substanțele obținute prin hidroliza enzimatică a rezervelor sunt utilizate treptat în procesele de formare a plantei. O parte din aceste substanțe, rezultate prin descompunerea substratului respirator, sunt eliberate sub formă de energie necesară transportului substanțelor în interiorul seminței.

Toate aceste procese, implicate în mobilizarea rezervelor, depind în mare măsură de condițiile de cultivare ale semințelor și pot varia în funcție de factorii de mediu nefavorabili. Dintre aceștia, cel mai frecvent întâlnit în țara noastră este seceta. Aceasta reprezintă un factor care reduce rata de aprovizionare cu apă și alte substraturi esențiale pentru creșterea plantelor [17, 18].

În cadrul acestui studiu, stresul de secetă, indus prin utilizarea soluției de 15% PEG 6000, a avut un efect negativ asupra mobilizării rezervelor în timpul germinației semințelor a cinci soiuri de grâu comun de toamnă.

Figura 1 prezintă diagramele care ilustrează conținutul substanțelor de rezervă mobilizate din endospermul semințelor pe parcursul germinării și a creșterii ulterioare a plantulelor, după 10 zile de cultivare în condiții optime (martor) și în condiții de secetă (PEG 6000). Din această figură se observă că mobilizarea rezervelor în semințele martor a fost relativ omogenă în toate cele cinci soiuri în condiții optime de germinare. În schimb, stresul hidric a determinat o reducere semnificativă a mobilizării substanțelor de rezervă, evidențiind impactul negativ al acestuia.

Deficitul hidric a avut un efect mult mai pronunțat asupra mobilizării rezervelor în semințele soiului Meleag, comparativ cu celelalte soiuri analizate. Analiza comparativă a rezistenței la stresul hidric indică faptul că soiurile considerate mai rezistente (Bijuteria Zâmbrenilor, Moldova 614, Moldova 16) prezintă cele mai ridicate valori ale mobilizării substanțelor de rezervă în condiții de stres.

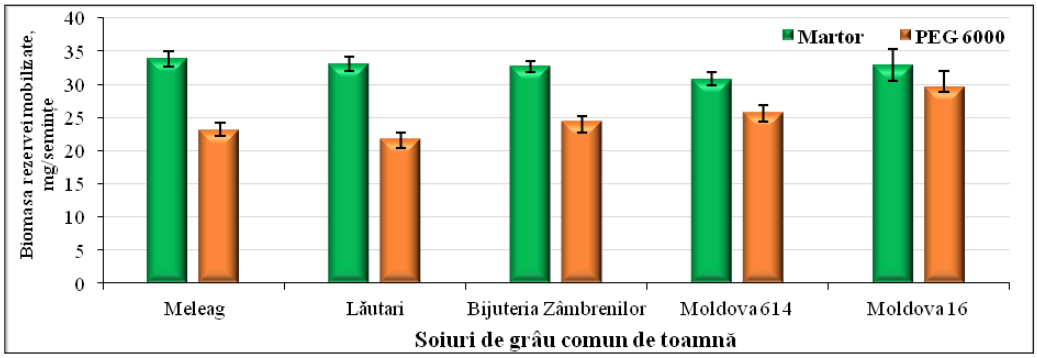


Figura 1. Conținutul substanțelor de rezervă mobilizate din endospermul semințelor în timpul germinării și al dezvoltării timpurii a plantulelor, determinat în a zecea zi de cultivare în condiții optime (martor) și sub stres hidric indus cu PEG 6000

Determinarea epuizării substanțelor de rezervă din semințele supuse stresului abiotic, analizată în a zecea zi de expunere (Figura 2), evidențiază o tendință similară celei observate pentru mobilizarea rezervelor. Stresul hidric a redus semnificativ epuizarea substanțelor de rezervă, valorile obținute fiind mai mici comparativ cu cele ale martorului.

În urma aplicării stresului hidric, în aproximativ 40% dintre soiuri, epuizarea rezervelor a scăzut cu circa 24,9–27,7%, iar în peste 50% dintre soiuri s-a înregistrat o diminuare a acestui parametru cu 6–18,2% față de martor. Soiurile Bijuteria Zâmbrenilor, Moldova 16 și Moldova 614 s-au remarcat prin valori ridicate ale acestui indice, între 54,8% și 60,85%.

Este important de menționat că soiurile pot fi clasificate mai precis în funcție de rezistența lor la stresul hidric utilizând indicele mobilizării substanțelor de rezervă, comparativ cu indicele epuizării substanțelor de rezervă în semințe în timpul germinației sub influența stresului hidric.

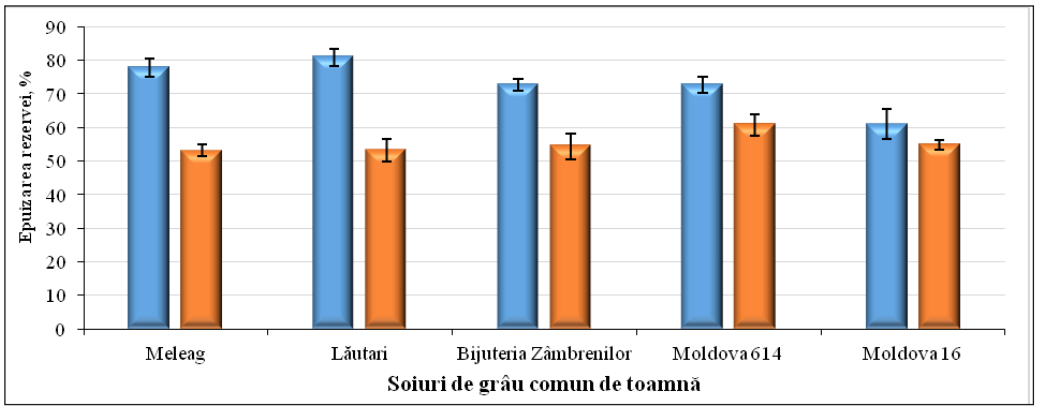


Figura 2. Procentul de epuizare a substanțelor de rezervă din semințele a cinci soiuri de grâu pentru germinarea semințelor și creșterea plantulelor în condiții normale și de stres hidric

Analiza datelor prezentate în Figura 1 a permis diferențierea soiurilor studiate în funcție de rezistența lor la stresul hidric, pe baza capacității de mobilizare a substanțelor de rezervă din semințe. Aceste rezultate au stat la baza studiului ratei consumului masei endospermului prin respirație pentru formarea masei uscate a plantulelor, în condiții optime și de stres hidric, la cele cinci soiuri cu rezistențe diferite.

Datele din Figura 3 indică faptul că cea mai redusă proporție din masa endospermului consumată în respirație se înregistrează la soiurile caracterizate printr-o rezistență ridicată la germinarea semințelor [19] și o mobilizare eficientă a substanțelor de rezervă în condiții de stres hidric (conform rezultatelor din Figura 1). Această observație poate fi explicată printr-o pierdere mai mică de materie uscată consumată prin respirație pentru aceeași cantitate de materie uscată translocată către plantule, în cazul soiurilor rezistente la secetă, comparativ cu soiurile sensibile.

Analiza datelor indică variații semnificative ale eficienței respirației în cele cinci soiuri de grâu, atât în condiții optime (martor), cât și sub stres hidric indus prin PEG 6000. În condițiile martor, eficiența respirației variază între 47,41% (Lăutari) și 65,98% (Moldova 16), evidențiind diferențe marcante între soiuri în capacitatea de utilizare a rezervelor energetice. Sub stres hidric, eficiența respiratorie crește în toate soiurile, cu valori cuprinse între 66,37% (Lăutari) și 73,44% (Meleag), ceea ce reflectă o intensificare a procesului respirator necesară pentru generarea energiei suplimentare implicate în adaptarea la deficitul de apă. Meleag prezintă cea mai mare creștere a eficienței respirației, de la 58,76% la 73,44%, sugerând o reacție adaptativă prin intensificarea metabolismului energetic. Deși soiurile Lăutari și Moldova 614 au cele mai scăzute valori în ambele condiții, acestea manifestă o creștere semnificativă sub stres, indicând un răspuns metabolic comun la secetă. Moldova 16 menține cea mai ridicată eficiență respiratorie în condiții optime și păstrează un nivel ridicat sub stres, sugerând o rezistență intrinsecă superioară la stresul hidric.

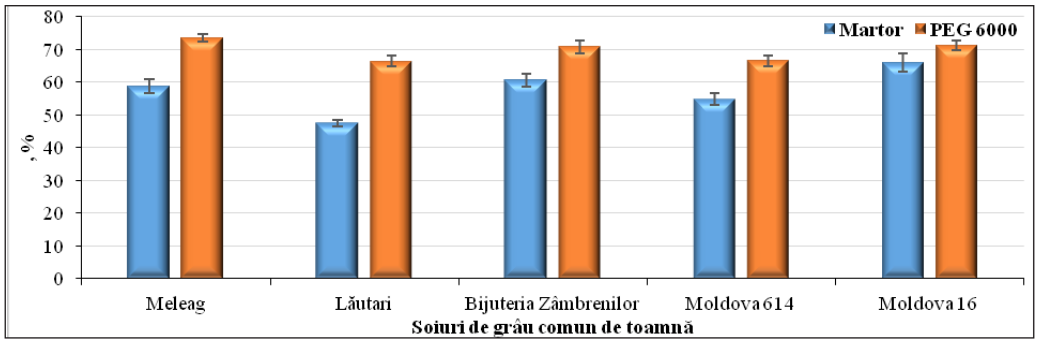


Figura 3. Rata biomasei din endosperm utilizată în procesul de respirație pentru formarea unei unități de masă uscată în plantulele de grâu în a zecea zi de cultivare, în condiții optime (martor) și sub stres hidric indus cu PEG 6000

Comparativ, eficiența respirației și mobilizarea substanțelor de rezervă au variat semnificativ între cele cinci soiuri de grâu studiate, atât în condiții optime, cât și sub stres hidric indus de PEG 6000. În condiții control (martor), soiurile au prezentat o gamă largă a eficienței respirației, indicând diferențe inerente în metabolismul energetic și capacitatea de utilizare a rezervelor endospermului. Sub influența stresului hidric, toate soiurile au înregistrat o creștere a eficienței respirației, ceea ce denotă un răspuns comun de intensificare a proceselor metabolice pentru susținerea adaptării la condițiile adverse. Cu toate acestea, magnitudinea răspunsului a fost diferită: Meleag a manifestat cea mai mare creștere procentuală a eficienței respirației, sugerând o strategie metabolică puternic activată pentru a contracara deficitul de apă. În contrast, soiurile Lăutari și Moldova 614 au avut atât valori absolute mai scăzute, cât și o creștere mai moderată, ceea ce poate indica o sensibilitate mai scăzută la stresul hidric. Pe de altă parte, soiul Moldova 16 a demonstrat o eficiență respiratorie ridicată în ambele condiții, indicând o capacitate intrinsecă superioară de utilizare a rezervelor în condiții variate, un caracter esențial pentru toleranța la secetă. Aceste diferențe confirmă faptul că eficiența respirației și mobilizarea substanțelor de rezervă sunt parametri relevanți ai rezistenței la stresul hidric și pot fi utilizați pentru clasificarea și selecția soiurilor în programele de ameliorare.

Rezultatele prezentate în figura 4 reflectă impactul stresului hidric asupra acumulării de biomasa uscată în plantulele provenite din cinci soiuri de grâu. Comparativ cu varianta martor, toate soiurile au înregistrat o reducere a biomasei plantulelor în condiții de stres indus prin PEG 6000, confirmând efectul negativ al deficitului de apă asupra creșterii timpurii.

Cea mai pronunțată scădere a biomasei s-a observat la Meleag, care a înregistrat o reducere de aproximativ 35,6%. Această reducere accentuată sugerează o sensibilitate crescută la stresul hidric în faza de germinare și creștere inițială. În contrast, soiul Moldova 16 a manifestat o capacitate superioară de menținere a biomasei sub stres, cu o reducere relativ moderată de doar 15,3%, indicând o toleranță mai ridicată la deficitul de apă. Acest soi a înregistrat cea mai mare valoare a biomasei uscate (15,53 mg) în condiții de PEG, ceea ce poate reflecta o eficiență mai bună a utilizării resurselor mobilizate din semințe și o strategie fiziologică adaptativă mai robustă. Soiurile Lăutari, Bijuteria Zâmbrenilor și Moldova 614 au prezentat reduceri ale biomasei între 26–36%, soiul Lăutari fiind cel mai afectat după soiul Meleag, iar soiul Moldova 614 reușind să-și mențină o valoare intermediară (14,18 mg) în condiții de stres.

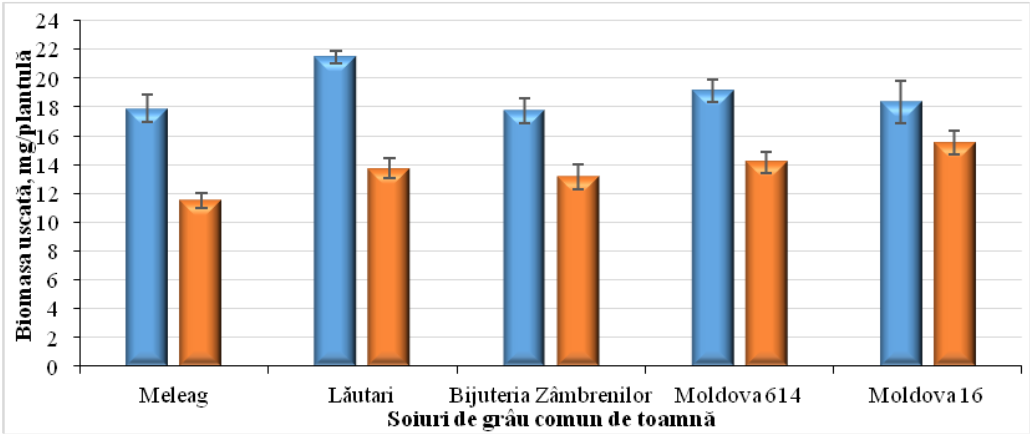


Figura 4. Biomasa uscată a plantulelor a fost măsurată în a zecea zi de germinare în condiții optime (martor) și sub stres hidric indus prin soluție de 15% PEG 6000

Reducerea biomasei uscate a plantulelor sub stres hidric evidențiază sensibilitatea soiurilor la condițiile de secetă în stadiile incipiente de dezvoltare. Soiul Moldova 16 s-a remarcat prin cel mai bun comportament, ceea ce poate fi utilizat pentru selecție în programele de ameliorare a toleranței la secetă. În schimb, soiul Meleag ar putea necesita îmbunătățiri genetice sau management agronomic specific pentru a-i crește performanța în condiții limitative.

CONCLUZII

Studiul de față a evidențiat că eficiența mobilizării substanțelor de rezervă din semințe și pierderile minime prin respirație în timpul germinării și al dezvoltării timpurii a plantulelor reprezintă parametri importanți în evaluarea toleranței la secetă a grâului. Valorile ridicate ale biomasei uscate și ale rezervelor mobilizate, corelate cu un consum respirator eficient, indică o utilizare optimă a resurselor metabolice sub stres hidric.

Soiurile *Moldova 16*, *Moldova 614* și *Bijuteria Zâmbrenilor* au demonstrat un răspuns favorabil la deficitul de apă, manifestând o capacitate superioară de conservare a biomasei și o mobilizare eficientă a rezervelor, ceea ce le recomandă ca fiind tolerante la secetă. În contrast, soiul *Meleag* a prezentat sensibilitate ridicată, evidențiată prin pierderi accentuate de masă uscată și eficiență respiratorie scăzută în condiții de stres.

Creșterea eficienței respirației în prezența PEG 6000 sugerează o intensificare a proceselor metabolice implicate în adaptarea plantulelor la stresul hidric, reflectând diferențe genetice între genotipuri. Aceste trăsături pot fi valorificate în programele de selecție pentru ameliorarea toleranței la secetă, în contextul actual al schimbărilor climatice care afectează grav randamentul culturilor agricole.

REFERINȚE:

1. SHAHRYARI, R., MOLLASADEGHI, V. Introduction of two principle components for screening of wheat genotypes under end seasonal drought. In: *Advances in Environmental Biology.* 2011. nr. 5, p. 519-522. ISSN 1995-0756.
2. TODAKA, D., ZHAO, Y., YOSHIDA, T. et al. Temporal and spatial changes in gene expression, metabolite accumulation and phytohormone content in rice seedlings grown under drought stress conditions. In: *The Plant Journal*. 2017. nr. 90, p. 61–78. ISSN 0960-7412.
3. FERNADES, R.C., Morphologically accessing wheat genotypes in response to drought on early stages of development. In: *Plant Sciences*. 2020. vol. 10, p. 105-113. ISSN 2237-4027. DOI: 10.26814/cps2020014.
4. DUCA, M., CLAPCO, St, MUTU, A., MARTEA, R. Abordări metodologice în studiul stresului hidric la plante. În: *Studia Universitatis Moldaviae*. 2024. nr. 1. ISSN 1814-3237. DOI 10.59295/sum1(171)2024_22.
5. TODOROVA, D., KATEROVA, Z., SHOPOVA, E. et al. The physiological responses of wheat and maize seedlings grown under water deficit are modulated by pre application of auxin-type plant growth regulators. In: *Plants,* 2022. nr. 11, p. 3251. ISSN 2223-7747.
6. GUIZANI, A. et al., Drought responsiveness in six wheat genotipes: identification of stress rezistance indicators. In: *Plant Science*. 2023. p. 01-17. ISSN 0168-9452. DOI 10.3389/fpls.2023.1232583.
7. BHUTTO, L. A., OSBORNE, C. P., AND QUICK, W. P. Osmotic adjustment and metabolic changes under drought stress conditions in wheat (*Triticum aestivum* l.) genotypes. In: *Pak. J. Bot*. 2023. nr. 55, p. 915–923. https://doi.org/10.30848/PJB2023-3(22.
8. SALLAM, A. et al., Screening wheat genotypes for specific genes linked to drought tolerance. In: *Genes*. 2024. nr. 15, p. 1-13. ISSN 2073-4425. https://doi.org/10.3390/.
9. JELEV, N. Influența șocului termic asupra ratei substanțelor de rezervă alocate de semințele de grâu pentru germinare și creștere. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții.* 2021, vol. 343, nr.1, p. 60-69. ISSN 1857-064X. https://doi.org/10.52388/1857-064X.2021.1.08.
10. ЖЕЛЕВ, Н., ДАСКАЛЮК, А., ЖЕЛЕВ, Д. Ускоренная оценка устойчивости генотипов озимой пшеницы (Triticum aestivum L.) к отрицательным температурам. В: *Журнал Агрофизика*. 2020, № 4, с. 27-32. ISSN 2222-0666. DOI: 10.25695/AGRPH.2020.04.05.
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. ISSN 1857-0011. http://bsl.asm.md/article/id/121094.

12. CAUȘ, M. Efectul stresului de temperatură negativă asupra mobilizării rezervelor din semințe pentru germinare și creșterea timpurie a plantulelor diferitor hibrizi de porumb. În: *Studia Universitatis Moldaviae*. 2024, nr 6 p. 79-84. ISSN 1814-3237. https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_10.
13. SIKDER, S., PAUL, N. Study of influence of temperature regimes on germination characteristics and seed reserves mobilization in wheat. In: *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2020, vol.7, nr. 10, p. 001-008. ISSN 2305-297X.
14. KHATUN, S. et al., Physiological mechanism of thermotolerance in wheat (Triticum aestivum L.) seedlings. In: *American Journal of Plant Scences*, 2018. nr. 9, p. 2719-2727. ISSN 2158-2750.
15. SOLTANI, A., GHOLIPOOR, M. ZEINALI, E. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. In: *Environmental and Experimental Botany*. 2006. Nr. 55, p. 195-200. ISSN 0098-8472. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.10.012.
16. HARB, A.M. Reserve mobilization, total sugars and proteins in germinating seeds of durum wheat (*Triticum durum* desf.) under water deficit after short period of imbibitions. In: *Jordan Journal of Biological Sciences*. 2013. 6, p. 67-72. ISSN 1995-6673.
17. SOYEMA, K., AHMED, J.U., MOHI-UDDIN, M. Variation of wheat cultivars in their relationship between seed reserve utilization and leaf temperature under elevated temperature. In: *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2015. nr. 18, p. 97-101. ISSN 1975 – 9479.
18. HE, M. et al., Comparative proteome analysis of embryo and endosperm reveals central differential expression proteins involved in wheat seed germination. In: *BMC Plant Biology*. 2015, vol. 15, nr.97, p.1-17. ISSN 1471-2229. DOI: 10.1186/s12870-015-0471-z.
19. JELEV, N. Influența deficitului hidric asupra germinării semințelor unor genotipuri de grâu. In: *Genetics, physiology and plant breeding:materials international scientific conference*, 7-8 october, 2024. VIII-th Edition. Chisinau. 2024, p. 445-449. ISBN 978-9975-56-695-7.

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.*