EVALUAREA REZISTENȚEI DIFERITOR HIBRIZI DE PORUMB LA STRESUL DE TEMPERATURĂ NEGATIVĂ ÎN STADIU DE GERMINARE A SEMINȚELOR

EVALUATION OF THE RESISTANCE OF DIFFERENT MAIZE HYBRIDS TO NEGATIVE TEMPERATURE STRESS DURING SEED GERMINATION

CZU: 581.142:633.15:632.111 **https://doi.org/10.59295/spd2024n.01**

Maria CAUȘ,
ORCID: 0000-0001-7914-3482
e-mail: mcaus2021@yahoo.com
Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor,
Universitatea de Stat din Moldova
Pantelimon BOROZAN,
ORCID: 0000-0002-4142-2918
e-mail: pantelimon.borozan@yahoo.com
Institutul de Fitotehnie „Porumbeni", Pașcani, Republica Moldova

Summary. *The main objective of the study was to determine the constitutive resistance of 14maize hybrids to negative temperature stress. To achieve the proposed objective, the seeds of the experimental variants were exposed to hypothermic stress, being incubated at negative temperature of -4°C for 16 hours in the climatic chamber RUMED TYPE 3401 (RFG) with the accuracy of maintaining the temperature ± 0.1°C. At the same time, control seeds were incubated at a temperature of +4°C. Then control and experimental seeds were germinated at an optimal temperature of +26°C for 5 days, followed by determination of the final percentage of germination. Pretreatment of maize seeds with negative temperature stress made it possible to identify and evaluate the primary stress resistance of each hybrid. Depending on the degree of constitutive frost resistance of each hybrid, the distribution and classification of the studied hybrids into 3 groups was carried out, including hybrids with high, medium and low frost resistance.*

Keywords**:** *germination, maize seeds, negative temperature stress, resistance.*

INTRODUCERE

Porumbul (*Zea mays* L.) este una dintre cele mai importante culturi de cereale pentru securitatea alimentară globală [1], dar în același timp este și o specie de plantă C_4 foarte sensibilă la stresul de temperaturi extreme, inclusiv ridicate, joase pozitive și negative, în special în stadiile incipiente de dezvoltare [2,3,4]. Moldova este expusă unui risc ridicat de fenomene meteorologice extreme, exacerbate de schimbările climatice, ca

urmare a încălzirii globale [5, p. 13.]. Rezultatele evaluării stării sectorului agricol al Republicii Moldova în perioada 2021-2022 au relevat impactul grav al șocurilor multiple naturale asupra randamentelor culturilor, arătând producția de porumb estimată a fi cu aproximativ 60% sub nivelul mediu din ultimii cinci ani [6, p.1]. Cu toate că fenomenul încălzirii climei globale se simte tot mai mult, stresul temperaturilor scăzute rămâne unul dintre factorii abiotici majori, care afectează foarte mult fazele inițiale de germinare, creșterea ulterioară și productivitatea la nivel mondial, în special la latitudini înalte [2]. În Moldova, din cauza fenomenelor climatice, suprafața cultivată de porumb tinde să se extindă în regiunile nordice [7]. Stresul temperaturilor joase pozitive în stadiile incipiente de creștere a porumbului afectează în primul rând germinarea și viabilitatea semințelor, cu efecte ulterioare asupra creșterii și productivității plantulelor [8, p. 252-258, 9, 2,10].

Cercetările efectuate recent [10] au demonstrat, că expunerea semințelor diferitor hibrizi de porumb înainte de germinare acțiunii stresului de temperatură joasă pozitivă de la 26°C până la + 1°C a cauzat diminuarea % de germinarea a semințelor. Germinarea finală a semințelor diferitor hibrizi de porumb, inclusiv P. 180, P. 374, P. 427 și P. 310 indusă de acțiunea temperaturii joase pozitive de +1°C a fost cu aproximativ 7, 6, 8 și respectiv 1% mai mică decât cea din variantele martor, în care germinarea s-a desfășurat la temperatura de 26°C. Efectul stresului de temperatură joasă pozitivă asupra procesului de germinare s-a reflectat ulterior și asupra indicilor morfologici, inclusiv lungimea radiculei, înălțimii epicotilului, biomasei rădăcinilor și părții aeriene[10].

În ultimele decenii, numeroase investigații s-au concentrat, în principal, pe influența temperaturilor extreme ridicate și joase pozitive asupra dezvoltării proceselor fenologice la porumb, și foarte puține studii au fost consacrate influenței temperaturilor negative asupra creșterii și dezvoltării porumbului.

Pe lângă faptul că este puțin probabil ca temperatura solului în condițiile Republicii Moldova în primăvară să atingă temperaturi negative (-4°C,-6° etc.), dar cu fluctuațiile climatice actuale nu poate fi exclus niciun scenariu.

Rezistența și adaptarea plantelor în condiții nefavorabile sunt asigurate de sistemele de reglare a desfășurării proceselor funcționale din organismele vegetale, care activează la diferite niveluri de organizare [11]. Reacția plantelor la influența temperaturilor extreme este dependentă de un șir de factori, inclusiv de doza și durata factorului de stres, cât și de calitatea semințelor, rezistența specifică a genotipului și de faza de dezvoltare a acestuia. Impactul negativ al dozei factorului de stres termic fiind mai pronunțat în cazul în care expunerea la temperaturile extreme are loc în perioadele critice de dezvoltare a plantelor. Majoritatea plantelor de cultură, inclusiv porumbul, sunt afectate semnificativ de temperaturile extreme în stadiul de germinare [2,3,8, 252-258,10]. De aceea, pentru obținerea unei producții de calitate a culturilor, se presupune utilizarea semințelor de înaltă calitate, cu potențial înalt de germinare și rezistență la acțiunea factorului stresogen [8, p. 252-258, 12,]. Stresul provocat de temperaturile extreme poate reduce sau întârzia germinarea semințelor, creșterea, dezvoltarea și productivitatea ulterioară a plantelor.

Expunerea organismului vegetal stresului de scurtă durată a temperaturi excesive determină diverse modificări funcționale, care asigură rezistența la factorul respectiv, adică manifestă termorezistență, creând un anumit nivel de aclimatizare. Există rezistență constitutivă sau primară, specifică genotipului și care apare pentru prima dată în stadiile inițiale ale ontogenezei la acțiunea unui factor nefavorabil, și rezistență indusă [13, 14]. Pentru obținerea informațiilor fiabile și rapide cu privire la potențialul de germinare al unui anumit lot se semințe, au fost dezvoltate teste standard de laborator [12], au fost identificate metode rapide de apreciere a termotoleranței diferitor genotipuri de grâu la stresul temperaturilor extreme [11]. În acest sens, identificarea unor metode rapide de evaluare a termotoleranței diferitor genotipuri de porumb la temperaturi extreme prezintă un interes deosebit.

Scopul acestui studiu a constat în determinarea metodei rapide de apreciere a termotoleranței diferitor hibrizi de porumb în condiții controlate de laborator, care să fie ușor de folosit ca instrument de screening pentru investigarea diferitor mecanisme de toleranță la temperaturi negative.

MATERIALE ȘI METODE

În cadrul experimentelor au fost utilizați 14 hibrizi de porumb din selecția Institutului de Fitotehnie „Porumbeni”, Republica Moldova. Au fost utilizați următorii hibrizi: 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 martorilor și experimentale au fost selectate pentru uniformitate și scufundate în apă la o temperatură de 4°C timp de 36 de ore. Anterior, s-a demonstrat că după această operație, semințele de porumb sunt uniform și bine pregătite pentru germinare. Ulterior, 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 o temperatură de –4°C. Iar semințele variantelor martor, de asemenea eliberate de apă, în acest moment au fost păstrate la frigider la o temperatură de +4°C. După aceea, semințele martor și cele experimentale au fost semănate simultan în recipiente pe discuri umede de bumbac și stabilite pentru germinare și creștere în termostat, la întuneric, la temperatura optimă de 26°C și umiditatea relativă a aerului de 70-85%. Incubația a durat 120 de ore. La fiecare 24 de ore, pe parcursul a 5 zile, a fost monitorizată evoluția germinării semințelor. Sămânța a fost considerată germinată când lungimea radiculei a ajuns la 2-3 mm. La sfârșitul perioadei de incubație, pentru fiecare variantă s-a determinat procentul final de semințe germinate ca procent (%) din numărul total de semințe testate. Experimentele au fost efectuate în trei repetări. La fiecare repetare au fost folosite 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 „Statistici 7”.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Răspunsul plantelor expuse în stadiile inițiale ale ontogenezei la acțiunea factorului nefavorabil este definit ca rezistență primară (specifică) sau constitutivă [13,14]. Pentru a determina rezistența primară a diferior hibrizi de porumb la acțiunea stresului de temperatură negativă (STN) au fost efectuate experimente preliminare pentru a determina valoarea și durata efectului stresului de temperatură negativă (STN) asupra semințelor, astfel încât, după stresul de temperatură negativă, procentul de germinare a semințelor a fost de 50%. Pentru aceasta, semințele hibridului de porumb P. 427 au fost supuse acțiunii STN de -6°C timp de 16 ore. Procentul rezultat de germinare a semințelor a fost de 16 % cu STN, față de 98 % la martor. Astfel, pentru a evalua rezistența constitutivă a hibrizilor de porumb la acțiunea temperaturii negative în experimentele următoare s-a folosit doză de stres hipotermic de -4°C cu durata de 16 ore. Procentele de germinare a semințelor de porumb ale hibrizilor investigați expuși la STN la temperatura de îngheț de -4°C timp de 16 ore sunt prezentate în tabelul 1. Rezultatele obținute demonstrează diferențe semnificative în procentul de germinare a semințelor hibrizilor de porumb, care au fost pretratați cu STN. Expunerea preventivă a semințelor STN înainte de germinare determină inhibarea ulterioară a procesului de germinare la temperatura optimă (tabelul 1).

Tabelul 1. Efectul stresului de temperatură negativă de -4°C (STN) aplicat semințelor diferitor hibrizi de porumb înainte de germinare timp de 16 ore asupra procentului de germinare ulterioară a semințelor în condiții normale de 26°C. Vârsta plantulelor - 5 zile

Hibrizii de porumb	% de germinare, M ± m		Raportul de germinare al semințelor martor (M,%) față de variantele cu STN (STN,%); M/STN
	Martor	Stres de temperatură negativă (STN)	
Grupa 1			
Alimentar	97,33±0,07	68,97±0,08	1,4
Farmec	98,67±0,08	67,83±0,06	1,5
Porumbeni 305	97,33±0,04	67,80±0,09	1,4
Porumbeni 243	98,67±0,27	67,50±0,46	1,5
Porumbeni 220	96,00±0,46	64,00±0,33	1,5
Porumbeni 221	93,33±0,04	62,52±0,05	1,5
Porumbeni 310	96,00±0,46	62,22±0,38	1,5
Grupa 2			
Porumbeni 176	97,07±0,11	57,20±0,04	1,7
Porumbeni 180	93,33±0,27	54,00±0,33	1,7
Bemo 235	88,00±0,46	52,50±0,40	1,7
Grupa 3			
Bemo . 203	94,00±0,40	45,33±0,09	2,1
Porumbeni 374	92,86±0,02	45,24±0,03	2,1
Porumbeni 230	78,67±0,27	44,17±0,35	2,0
Porumbeni 427	97,33±0,27	39,33±0,19	2,5

Rezultatele au arătat că nivelul de inhibare a germinării semințelor de către STN la hibrizii analizați este diferit, iar diminuarea germinării semințelor de porumb este cu atât mai semnificativă, cu cât este mai scăzută rezistența în faza juvenilă a genotipului la acțiunea STN. În funcție de gradul de inhibare procentuală a germinării semințelor sub influența STN, hibrizii de porumb pot fi separați în 3 grupe. Procentul de germinare a semințelor după aplicarea STN a hibrizilor din grupa 1 este de 69,0-62,2%, în grupa 2 există hibrizi cu o rată de germinare de 57,2-52,5%, iar în grupa 3sunt hibrizi cu cel mai scăzut grad de germinare – 45,3-39,3%. Deci, după aplicarea stresului hipotermic de -4ºC timp de 16 ore, hibrizii Alimentar, Farmec, P. 305, P. 243, P. 220, P. 221 și P. 310 pot fi incluși în grupa 1 de genotipuri foarte rezistente. Hibrizii P. 176, P. 180 și B. 235 din grupa 2 au prezentat rezistență medie, iar semințele hibrizilor P. 203, P. 230 și P. 427 din grupa 3 au demonstrat cea mai mică termotoleranță la aplicarea STN.

De asemenea, s-a determinat raportul dintre procentul de germinație al semințelor martor și procentul de germinație al variantelor experimentale cu STN (tabelul 1). Conform valorilor obținute ale acestui raport, hibrizii de porumb studiați pot fi divizați, de asemenea, în 3 grupe, dar distribuția valorilor acestui raport a fost inversă, față de valorile procentului de germinare a semințelor experimentale cu STN, prezentate în tabelul 1. Hibrizii din grupa 1 cu rezistență înaltă la germinare prezintă cel mai mic raport – 1,4-1,5, valoarea indicelui de 1,7 a fost pentru hibrizii din grupa 2, cu rezistență medie la germinare, iar hibrizii cu rezistență scăzută din grupa 3 se caracterizează prin cea mai mare valoare a indicelui - 2,0-2,1.

CONCLUZII

- Expunerea semințelor acțiunii stresului de temperatură negativă (STN) de -4°C cu durata de 16 ore a cauzat reducerea germinării semințelor de porumb, ce a fost cu atât mai semnificativă, cu cât rezistența în faza juvenilă a genotipului la acțiunea temperaturii extreme negative a fost mai mică.
- Genotipurile de porumb în funcție de rezistența lor la temperatura extremă negativă în primele două zile ale germinării pot fi distribuite în 3 grupe, inclusiv cu rezistență înaltă (1), rezistență moderată (2) și rezistență scăzută (3).
- Valorile raportului dintre % de germinare în variantele martor către % de germinare a semințelor preventiv expuse STN au demonstrat că pentru hibrizii din grupa 3 acestea sunt la un nivel mai înalt (2-2, 5. P.427), urmat de grupa 2 (1,7) și cele mai mici valori sunt pentru grupa 1 (1,4-1,5).

REFERINȚE

1. FAO (Food and Agriculture Organization). 2012. FAOSTAT. [2017-09-08]. Disponibil: http://faostat3.fao.org.
2. AL-SALMAN, Y., GHANNOUM, O., CANO, J. F. Elevated [CO2] negatively impacts C4 photosynthesis under heat and water stress without penalizing bio-

mass. În: *J. Experimental Botany*, 2023, vol. 74, (9), p. 2875–2890, Disponibil: https://doi.org/10.1093/jxb/erad063.

3. WAQAS, M.A., WANG, X., ZAFAR, S.A. et al. Thermal stresses in maize: Effects and management strategies. În: *Plants*, 2021, vol. 10, (293). Disponibil: Doi: 10.3390/plants10020293.
4. 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. Hortic. Food Prod. Process. Environ. Eng*., 2022, vol.27, (63), p. 119-124. Disponbil: https://doi.org/10.52846/bihpt.v27i63.20.
5. Strengthening Moldova's Disaster Risk Management and Climate Resilience. Facing Current Issues and Future Challenges, 2020. 56 p. Disponibil: https://documents1.worldbank.org/curated/en/767811616046683526/pdf.
6. FAO. 2022. *Special report − FAO Crop and Food Supply Assessment Mission (CFSAM) to the Republic of Moldova.* 22 November, 2022. Rome. Disponibil: https://doi.org/10.4060/cc3043en.
7. BOROZAN, P., MUSTEATA, S., SPINU, V. Evolution of elements in a maize breeding program. In: *Genetics and Plant Breeding*, 2021, p. 74. Disponibil: Doi: 10.53040/cga11.2021.053.
8. MURARIU, M. Rezistența plantulelor de porumb la temperaturi scăzute. În: *Murariu M., Murariu D., Haş V., et al. Conservarea și utilizarea germoplasmei locale de porumb din România*. 490 p. Editura Pim, Iaşi, 2012 p. 252-258. ISBN 978-606-13-1011-1.
9. MENG, A, WEN, D., ZHANG, C. Maize seed germination under low-temperature stress impacts seedling growth under normal temperature by modulating photosynthesis and antioxidant metabolism. În: *Front. Plant Sci*., 2022, vol. 13 (843033). Disponibil: Doi: 10.3389/fpls.2022.843033.
10. 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. Hortic. Food Prod. Process. Environ. Eng*., 2022, vol. 27(63), p.113-118. Disponibil: https://doi.org/10.52846/bihpt.v27i63.20.
11. JELEV, N. *Evaluarea şi modificarea rezistenței relative a genotipurilor de grâu* (*Triticum aestivum* L.*) la temperaturi extreme*. Teză de doctor în științe biologice, Chişinău, 2022.172 p.
12. PETROVIĆ, T., RADOSAVLJEVIĆ, N., BABIĆ, M. et al. Standard germination and seedling emergence of maize inbred lines in different temperature conditions. În: *Selekcija I Semenarstvo*, 2019, vol. 25, p. 9-14. Disponibil: Doi: 10.5937/SelSem1901009P.
13. DASCALIUC, A. Accelerated methods of determining plants primary and adaptive resistance to extreme temperatures and their use in selection and bre-

eding programs. In*:* In: *Intech Open. Plant Stress Physiology – Perspectives in Agriculture.* 2021, 224 p. ISBN: 978-1-83969-867-5. Disponibil: https://doi.org/10.5772/intechopen.94821.

14. ŞTEFÎRŢĂ, A., VOLOȘCIUC, L., BRÎNZĂ, L. Caracteristica unor soiuri de soia după caracterul „Cros-Toleranță”. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții,* 2021. vol.1, nr. 343, p.70-78. Disponibil: https://doi.org/10.52388/1857-064X.2021.1.09.

NOTĂ. Cercetările au fost realizate în cadrul proiectului Programului de Stat 20.80009.7007.07 *„Determinarea parametrilor ce caracterizează rezistența plantelor cu nivel diferit de organizare la acțiunea temperaturilor extreme în scopul diminuării efectelor schimbărilor climatice”,* și a Subprogramului 011101 *„Abordări genetice și biotehnologice de management al agroecosistemelor în condițiile schimbărilor climatice*”, finanțate de Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltarea a Republicii Moldova.