

DOI: 10.55505/SA.2025.1.03
UDC: 635.655:631.527.2



EVALUAREA PRODUCTIVITĂȚII ȘI A PARAMETRILOR AGROBIOLOGICI LA GENOTIPURILE DE SOIA ÎN FUNCȚIE DE EPOCA DE SEMĂNAT

Aliona MALII, ORCID: 0000-0003-2674-000X

Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova

Correspondență: Aliona MALII – e-mail: aliona.malii@sti.usm.md

Abstract. This study evaluated the influence of sowing time on the productivity and agro-biological parameters of soybean genotypes under the specific climatic conditions of the central region of the Republic of Moldova. Two sowing dates were compared for six genotypes obtained through gamma ray-induced mutagenesis and conventional hybridization. Higher-than-usual temperatures during this period favored uniform emergence of 100% of the plants. The genotypes obtained by mutagenesis showed more stable productivity and superior adaptability to variations in sowing time, while those derived from hybridization exhibited high yields at early sowing but significant decreases at delayed sowing. These results emphasize the importance of selecting the optimal sowing time according to genotype type to maximize production and agro-biological performance.

Keywords: *Soybean; Genotypes; Sowing time; Adaptability; Morphological parameters; Productivity; Analysis of variance*

Rezumat. Această cercetare a evaluat influența perioadei de semănat asupra productivității și parametrilor agrobiologici ai genotipurilor de soia în condițiile climatice specifice zonei centrale a Republicii Moldova. Au fost comparate două epoci de semănat pentru șase genotipuri obținute prin mutageneză indusă cu raze gamma și prin hibridare convențională. Temperaturile mai ridicate decât în mod obișnuit în acea perioadă au favorizat o răsărire uniformă de 100% a plantelor. Genotipurile obținute prin mutageneză au manifestat o productivitate mai stabilă și o adaptabilitate superioară la variațiile epocii de semănat, în timp ce cele rezultate prin hibridare au prezentat randamente ridicate la semănatul timpuriu, dar au înregistrat scăderi semnificative la semănatul întârziat. Aceste rezultate subliniază importanța alegerii epocii optime de semănat în funcție de tipul genotipului, pentru maximizarea producției și a performanțelor agrobiologice.

Cuvinte-cheie: *Soia; Genotipuri; Epoca de semănat; Adaptabilitate; Parametri morfologici; Productivitate; Analiza varianței.*

INTRODUCERE

Cultura de soia reprezintă o componentă esențială a agriculturii moderne datorită valorii sale nutritive, economice și ecologice. Soia este o sursă majoră de proteine și ulei vegetal, având o utilizare extinsă atât în industria alimentară, cât și în cea furajeră. De asemenea, este un ingredient cheie în producerea de alimente pentru consum uman și animale, fiind utilizată în diverse forme: boabe, făină, ulei și lapte de soia. În plus, din punct de vedere agronomic, soia este un excelent premurgător pentru majoritatea cul-

turilor, fixează azotul atmosferic și contribuie la fertilitatea solului, reducând necesitatea fertilizanților sintetici și susținând practicile agricole durabile. Aceasta contribuie astfel la menținerea unui echilibru ecologic, fiind un factor important în agricultura regenerativă și având un impact pozitiv asupra protecției mediului (Ion, 2010).

Dar schimbările climatice din Republica Moldova, caracterizate prin fluctuații termice extreme și fenomene climatice tot mai frecvente, precum secetele prelungite și creșterea temperaturilor, au un impact semnificativ negativ asupra culturii de soia, conducând la pierderi considerabile ale recoltei potențiale (Petcu, 2008). Deși soia este o cultură termofilă, cultivarea ei în astfel de condiții devine o sarcină destul de dificilă. Acest lucru se datorează faptului că faza ontogenetică cea mai sensibilă a soiei este umplerea boabelor, care are loc în luna iulie - august, caracterizată de temperaturi ridicate și deficit de umiditate (Sharma et al., 2022; Zhu et al., 2024). Aceasta duce la umplerea incompletă a semințelor și, ca rezultat, la o scădere semnificativă a randamentului. Temperaturi mai mari de 30°C, asociate cu condiții de secetă, determină avortarea într-un procent ridicat a florilor, cu valori raportate de aproximativ 75-80% (Bâlțeanu, 1998; Chen et al., 2013).

Pentru a evita stresul termic și hidric în momentele critice (înflorire, umplerea boabelor), se pot utiliza metode tehnologice care permit semănatul mai timpuriu, folosind genotipuri cu o perioadă scurtă de vegetație din diferite grupe de maturitate. Semănatul timpuriu poate influența pozitiv dezvoltarea plantelor, permițând o mai bună utilizare a umidității din sol și evitarea stresului termic din perioada de înflorire și formare a păstăilor (Клыков, 1988).

Totuși, toleranța genotipurilor la temperaturi scăzute din primăvară și capacitatea acestora de a germina și crește în condiții mai puțin favorabile reprezintă factori esențiali care trebuie analizați. Este important ca soiurile alese să fie rezistente la fluctuațiile termice de la începutul sezonului, astfel încât să poată înfrunta condițiile mai reci fără a suferi o scădere semnificativă a germinării și a răsării plantelor (Клыков, 1988).

Această cercetare evaluează performanța productivă și calitativă a genotipurilor de soia în funcție de perioada de semănat, urmărind identificarea celor mai adaptabile linii pentru semănatul timpuriu. Genotipurile selectate trebuie să asigure o răsărire bună, dezvoltare uniformă și productivitate ridicată, menținând totodată calitatea semințelor. Rezultatele vor contribui la optimizarea randamentului și creșterea sustenabilității culturii de soia în condițiile schimbărilor climatice.

MATERIALE ȘI METODE

Materialul biologic a fost reprezentat de semințele a șase genotipuri de soia: trei linii obținute prin mutageneză indusă cu raze gamma (C15M₇200, B2M₈200, Z21M₁₂200), încadrate în grupa semitimpurie, și trei linii rezultate prin hibridare convențională (L.4, L.8, L.86), aparținând grupei de maturitate mijlocie.

Pentru fiecare genotip s-au utilizat câte 150 de semințe. Semănatul s-a efectuat manual, utilizând o semănătoare de precizie, în două epoci distincte:

- Epoca I: 2 aprilie 2024,
- Epoca II: 15 aprilie 2024.

Adâncimea de semănat a fost de 3 cm, distanța între rânduri de 45 cm, iar distanța între semințe pe rând – 4 cm. Experiența a fost amplasată în câmp, pe loturile experimentale ale Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor din cadrul Universității de Stat din Moldova.

Experimentul a fost organizat după un design bifactorial, în blocuri complet randomizate, cu trei repetări. Suprafața unei variante experimentale a fost de 2 metri liniari.

Condițiile pedoclimatice din perioada semănatului au variat între $+8^{\circ}\text{C}$ și $+28^{\circ}\text{C}$ pentru temperatura aerului, iar temperatura solului a fost cuprinsă între $+8^{\circ}\text{C}$ și $+10^{\circ}\text{C}$ (sursa: AgroDat.md).

În cadrul studiului au fost analizați următorii parametri agro-morfologici: data răsării, data recoltării, durata perioadei de vegetație, talia plantelor, numărul de noduri pe tulpină, numărul de păstăi pe plantă, productivitatea pe plantă și masa a 1000 de boabe.

Datele experimentale au fost procesate utilizând programele Excel și Statistica. Pentru evaluarea influenței genotipului, epocii de semănat și a interacțiunii acestora asupra caracterelor analizate s-a aplicat analiza varianței (ANOVA), calculându-se indicatorii: SC (suma pătratelor), GL (grade de libertate), CM (media pătratelor), F și p (valoarea probabilității). De asemenea, au fost determinate valorile medii și abaterile standard ale caracterelor analizate, fiind incluse în analiză și interacțiunile Genotip $\times$ Epocă de semănat ($G \times E$) și Genotip $\times$ Repetiție ($G \times R$).

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Experimentul de câmp a evidențiat diferențe semnificative în parametrii studiați, influențate atât de genotipul liniilor de soia, cât și de epoca de semănat. Durata perioadei de vegetație a variat în funcție de momentul semănatului și de particularitățile fiecărui genotip.

Luna aprilie a fost caracterizată de temperaturi mai ridicate decât mediile multianuale (Figura 1, 2), favorizând o răsărire rapidă și uniformă la ambele epoci. Astfel, semințele semănate pe 2 aprilie au răsărit între 10–12 aprilie, iar cele semănate pe 15 aprilie au răsărit pe 24 aprilie, în ambele cazuri cu o rată de răsărire de 100% (Figura 3).

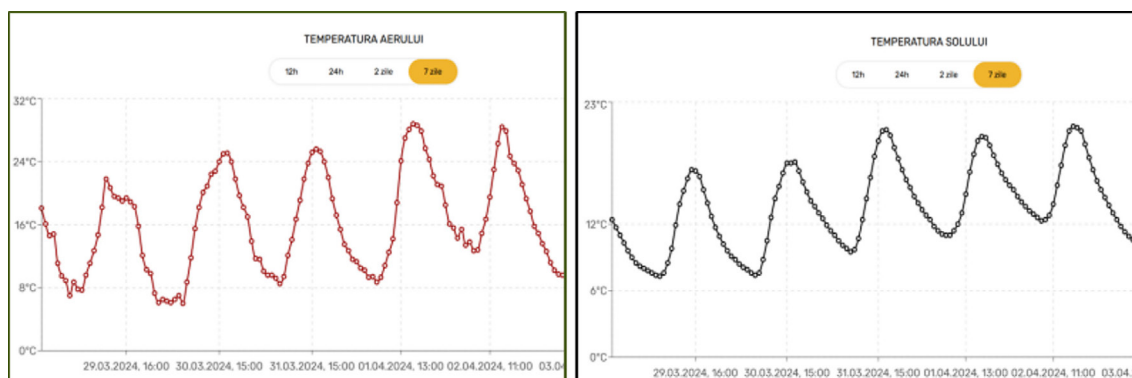


Figura 1. Temperatura aerului și a solului în perioada 29.03.24 - 03.04.24

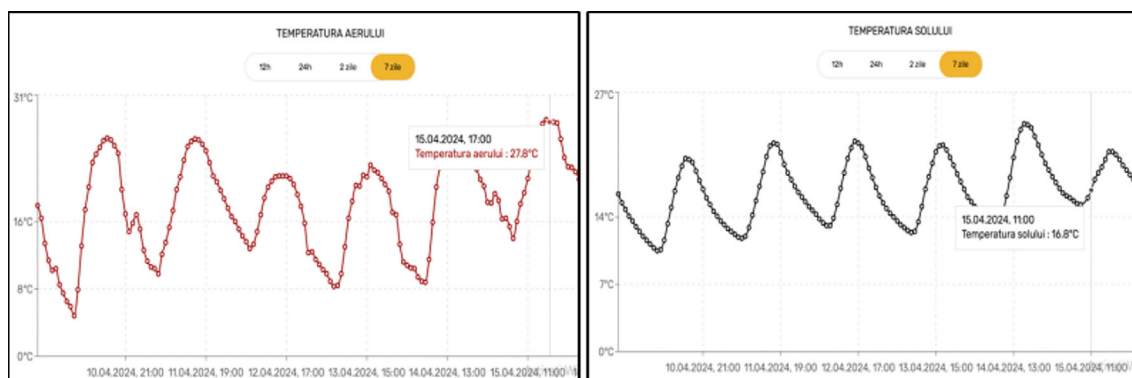


Figura 2. Temperatura aerului și a solului în perioada 10.04.24 - 16.04.24



Figura 3. Starea genotipurilor de soia în câmp, observată la datele de 23 aprilie și 21 mai

În condiții climatice favorabile, atât semănatul timpuriu, cât și cel mai târziu pot asigura o răsărire optimă. Totuși, plantele semănate mai devreme au prezentat o dezvoltare inițială mai viguroasă, oferindu-le un avantaj în primele stadii de creștere. Plantele semănate în a doua epocă au avut o dezvoltare inițială mai lentă, dar au recuperat ulterior datorită condițiilor termice favorabile.

Temperaturile ridicate au accelerat parcurgerea fenofazelor, contribuind la o înflorire și formare mai timpurie a păstăilor, aspecte esențiale pentru obținerea unor producții ridicate. Prin urmare, stabilirea unui interval optim de semănat rămâne crucială pentru maximizarea perioadei de vegetație și dezvoltarea corespunzătoare a plantelor. În medie, semănatul întârziat a redus perioada de vegetație cu 3–7 zile la majoritatea genotipurilor (Tabelul 1).

Tabelul 1. Perioada de vegetație a genotipurilor de soia în funcție de perioada de semănat

Genotipuri	Semănat	Răsărire	Recoltare	Perioada de vegetație, zile	Semănat	Răsărire	Recoltare	Perioada de vegetație, zile	Diferența, zile
C15M ₇ 200	02.04.	10.04	03.08	114	15.04.	24.04	13.08	111	-3
B2M ₈ 200	02.04.	10.04	05.08	117	15.04.	24.04	13.08	111	-6
Z 21M ₁₂ 200	02.04.	10.04	13.08	126	15.04.	24.04	22.08	120	-6
L.4	02.04.	11.04	05.08	116	15.04.	24.04	22.08	120	+4
L.8	02.04.	12.04	22.08	132	15.04.	24.04	02.09	131	-1
L.86	02.04.	11.04	16.08	127	15.04.	24.04	22.08	120	-7

Cele mai marcante diferențe au fost observate la genotipul L.86, unde perioada s-a scurtat cu 7 zile (127 zile la epoca I față de 120 zile la epoca II). În contrast, genotipul L.4 a prezentat o prelungire a perioadei de vegetație cu 4 zile, ceea ce reflectă o întârziere a maturării în condiții de semănat tardiv, posibil determinată de o sensibilitate mai mare la factorii de mediu.

Talia plantelor a fost, în general, mai mare la genotipurile obținute prin hibridare (ex. L.86, L.8), comparativ cu liniile mutante (ex. C15M₇200, B2M₈200). La majoritatea genotipurilor, semănatul întârziat a condus la o ușoară scădere a taliei, cu excepția genotipului C15M₇200, unde s-a înregistrat o creștere ușoară. (Tabelul 2).

Tabelul 2. Parametrii morfologici și productivi la genotipurile de soia, evaluați în două epoci de semănat

Genotipuri	Talia plantelor (cm)		Numărul de noduri		Numărul de păstăi/plantă	
	I*	II	I	II	I	II
C15M ₇ 200	82,40 ± 0,45	84,36 ± 1,05	15,4 ± 0,51	15,4 ± 0,51	29,8 ± 0,58	27,8 ± 0,66
B2M ₈ 200	88,74 ± 0,71	88,40 ± 0,80	15,4 ± 0,25	15,2 ± 0,38	30,0 ± 0,71	26,0 ± 0,45
Z 21M ₁₂ 200	96,36 ± 0,64	92,24 ± 0,49	17,0 ± 0,32	17,0 ± 0,32	29,4 ± 0,68	27,8 ± 0,86
L.4	77,98 ± 0,38	76,22 ± 0,30	14,2 ± 0,38	12,8 ± 0,38	29,8 ± 0,58	27,8 ± 0,73
L.8	104,40 ± 0,61	103,58 ± 0,57	16,6 ± 0,60	16,8 ± 0,38	33,0 ± 0,71	31,0 ± 0,71
L.86	110,26 ± 0,41	108,42 ± 0,63	17,2 ± 0,20	17,2 ± 0,38	35,8 ± 1,59	34,8 ± 0,58

Notă: Valorile sunt exprimate ca media ± eroarea standard (ES). * I - 02.04, II - 15.0

Numărul de noduri a fost cel mai ridicat la L.86 și Z21M₁₂200 (17,0–17,2 noduri), iar cel mai redus la L.4, care a suferit o scădere evidentă în epoca a doua (de la 14,2 la 12,8 noduri). Numărul de păstăi pe plantă a urmat aceeași tendință, cu valori maxime înregistrate la L.86 și L.8. Genotipurile mutante au prezentat un număr ușor mai redus de păstăi, dar diferențele nu au fost marcante. Această tendință evidențiază variabilitatea stabilității caracterelor morfoproductive între genotipuri, sub influența combinată a epocii de semănat și a condițiilor agroclimatice, sugerând necesitatea unei selecții diferențiate în funcție de plasticitatea fiecărui genotip.

Epoca de semănat a influențat semnificativ atât productivitatea pe plantă, cât și masa a 1000 de boabe (Figura 4).

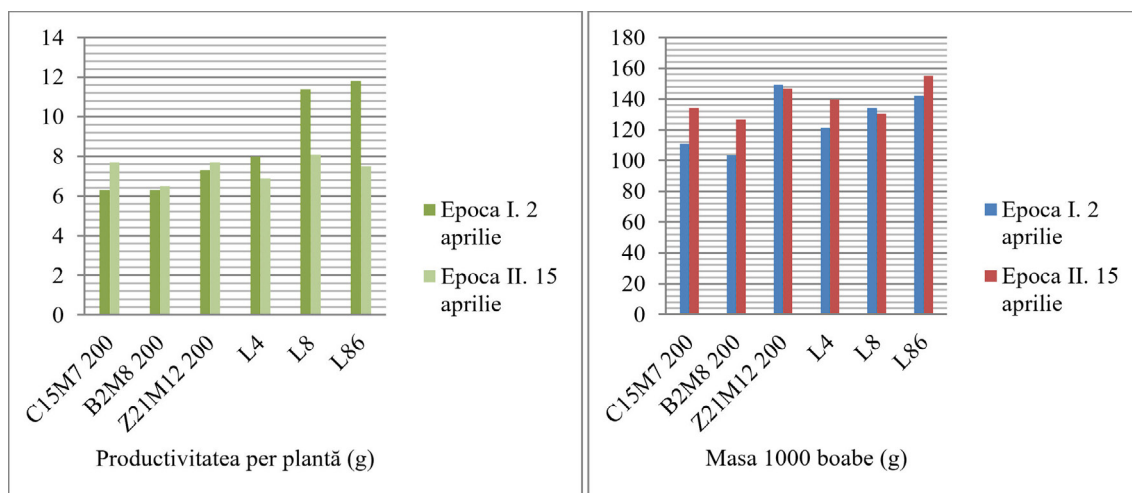


Figura 4. Indicii de productivitate

La epoca I (2 aprilie), genotipurile L.8 și L.86 au avut cele mai ridicate valori ale productivității (11,4–11,8 g/plantă), iar masa a 1000 boabe a variat între 121,1–141,9 g. Genotipurile C15M₇200 și Z21M₁₂200 au prezentat o productivitate moderată și stabilă.

La epoca II (15 aprilie), masa a 1000 boabe a crescut la toate genotipurile, atinând un maxim de 155,1 g la L.86. Cu toate acestea, productivitatea pe plantă a scăzut pentru genotipurile cu potențial ridicat (L.4, L.8, L.86), indicând un posibil compromis între greutatea boabelor și numărul total de păstăi/boabe produse.

Genotipurile C15M₇,200 și Z21M₁₂,200 s-au remarcat printr-o productivitate mai stabilă între cele două epoci, în timp ce genotipul L.86 a combinat o productivitate ridicată cu cea mai mare masă a 1000 de boabe.

Pentru a evalua influența factorilor genetici și de mediu asupra trăsăturilor agromice, a fost aplicată analiza varianței bifactoriale. Această metodă permite identificarea efectelor individuale și combinate ale genotipului și epocii de semănat, oferind date esențiale pentru selecția genotipurilor stabile în condiții de mediu variabile, aspect crucial în contextul schimbărilor climatice

Astfel, analiza varianței bifactoriale (Tabelul 3) a evidențiat efecte semnificative ale genotipului asupra tuturor parametrilor analizați. Genotipul a influențat puternic talia ($F = 8033,3$; $p < 0,001$), numărul de noduri ($F = 48,42$; $p < 0,001$) și numărul de păstăi pe plantă ($F = 88,22$; $p < 0,001$).

Tabelul 3. Analiza varianței bifactoriale (ANOVA) pentru efectele genotipului, epocii de semănat și interacțiunii asupra taliei, numărului de noduri și numărului de păstăi pe plantă.

Factor	Caracter	SC	GL	CM	F	p-valoare
Genotip	Talia (cm)	4532,49	5	906,50	8033,3	<0,001
	Număr noduri	52,18	5	10,44	48,42	<0,001
	Păstăi pe plantă	208,79	5	41,76	88,22	<0,001
Epoca semănatului	Talia (cm)	15,93	1	15,93	141,2	<0,001
	Număr noduri	0,69	1	0,69	3,19	0,087
	Păstăi pe plantă	19,34	1	19,34	40,86	<0,001
Genotip × Epocă	Talia (cm)	28,16	5	5,63	49,92	<0,001
	Număr noduri	2,56	5	0,51	2,38	0,069
	Păstăi pe plantă	16,39	5	3,28	6,92	<0,001
Rezidual		—	24	—	—	—

Epoca de semănat a avut un efect semnificativ asupra taliei ($F = 141,2$; $p < 0,001$) și asupra numărului de păstăi ($F = 40,86$; $p < 0,001$), dar nu a influențat semnificativ numărul de noduri ($p = 0,087$). Interacțiunea genotip × epocă a fost semnificativă pentru talie și numărul de păstăi, indicând răspunsuri diferențiate ale genotipurilor în funcție de epoca de semănat.

Aceste rezultate pot ghida selecția genotipurilor cu performanțe stabile în intervale variate de semănat, aspect esențial în contextul schimbărilor climatice.

Analiza ANOVA (Tabelul 4) a indicat efecte semnificative ale genotipului ($p < 0,001$), epocii de semănat ($p < 0,01$) și interacțiunii Genotip × Epocă ($p < 0,05$), atât pentru productivitatea pe plantă, cât și pentru masa a 1000 de boabe. Efectul repetării a fost nesemnificativ în ambele cazuri, ceea ce confirmă consistența rezultatelor obținute.

Prin urmare, rezultatele obținute evidențiază importanța alegerii sursei genetice și a epocii de semănat în optimizarea performanțelor agrobiologice ale soiei. Genotipurile obținute prin hibridare s-au remarcat prin potențial productiv ridicat în condiții favorabile, în special la semănatul timpuriu, în timp ce liniile obținute prin mutagenază au demonstrat o plasticitate fenotipică superioară, adaptându-se mai bine la semănatul întârziat.

Tabelul 4. Rezultatele analizei ANOVA pentru productivitatea pe plantă și masa a 1000 de boabe (g)

Factor	Productivitatea pe plantă			Masa a 1000 de boabe		
	F-calculat	p-valoare	Semnificație	F-calculat	p-valoare	Semnificație
Genotip (G)	12,48	<0,001	***	15,73	<0,001	***
Epoca de semănat (E)	5,76	0,014	*	8,21	0,006	**
Repetiție (R)	0,94	0,423	nesemnificativ	1,12	0,361	nesemnificativ
G × E	3,58	0,035	*	4,42	0,024	*

Această complementaritate confirmă faptul că ambele strategii de ameliorare — mutagenză și hibridare — pot fi eficiente, în funcție de contextul pedoclimatic. Diversitatea genetică rezultată reprezintă o resursă valoroasă pentru selecția genotipurilor cu adaptabilitate ridicată și stabilitate productivă, criterii esențiale în perspectiva schimbărilor climatice.

Integrarea acestor genotipuri de soia în programele de ameliorare regională, cu o atenție specială asupra epocii optime de semănat în funcție de tipul genetic, ar putea contribui la dezvoltarea unor soiuri performante, reziliente și adaptate practicilor agricole sustenabile, asigurând astfel securitatea alimentară și durabilitatea culturii de soia.

CONCLUZII

1. Epoca de semănat a influențat semnificativ fenologia plantelor, în special data răsării și durata perioadei de vegetație, cu diferențe de până la 7 zile între epoci. Genotipurile L.4 și L.86 au manifestat cea mai mare variabilitate, sugerând o sensibilitate mai mare la fluctuațiile de temperatură din primăvară.
2. Particularitățile morfologice și productive ale genotipurilor au variat în funcție de origine și epoca de semănat. Liniile mutante (C15M₇200, B2M₈200, Z21M₁₂200) au avut o perioadă de vegetație mai scurtă și o productivitate relativ constantă, în timp ce genotipurile hibride (L.4, L.8, L.86) s-au remarcat prin talie și productivitate mai ridicate, dar cu o scădere vizibilă a performanței în a doua epocă de semănat.
3. Rezultatele ANOVA au indicat influențe semnificative ale genotipului, epocii de semănat și interacțiunii acestora asupra taliei plantelor, numărului de păstăi și productivității pe plantă. În contrast, numărul de noduri pe plantă a fost influențat preponderent de genotip, fără variații semnificative între epoci, evidențiind un răspuns diferențiat al genotipurilor la condițiile pedoclimatice.
4. Pe baza performanțelor medii și a stabilității caracterelor evaluate, liniile obținute prin mutagenză s-au evidențiat ca potențiali candidați pentru selecție, demonstrând o adaptabilitate mai bună în condiții de semănat variabil.
5. Alegerea optimă a epocii de semănat în funcție de originea genotipurilor — mutagenză sau hibridare — este esențială pentru maximizarea producției și calității semințelor, subliniind necesitatea adaptării strategiilor de cultivare la condițiile pedoclimatice specifice.

RECUNOAȘTERI

Această cercetare a fost realizată în cadrul proiectului de cercetare și inovare: „Identificarea și valorificarea genitorilor valoroși de culturi agricole în crearea unei baze genetice autohtone de interes socio-economic” (cu cifru 23.70105.5107.04), finanțat de Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. AgroDat Moldova. Disponibil: <https://agrodat.md/>
2. BÂLTEANU, G. (1998). *Fitotehnie*. Vol. 1: Cereale și leguminoase pentru boabe. Ediția a 2-a. București: Editura Ceres, 501 p.
3. CHEN, S.; X. CHEN & J. XU (2013). Impacts of climate change on corn and soybean yields in China. *AAEA & CAES Joint Annual Meeting, Agricultural and Applied Economics Association, Washington, DC*, August 4-6, 2013, pp. 1-46. Disponibil: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/149739/2/AAEA2013.pdf>.
4. ION, V. (2010). *Fitotehnie*. București, 142 p.
5. PETCU, E. (2008). *Impactul schimbărilor climatice asupra plantelor: Seceta*. Editura Domino, 151 p.
6. SHARMA, R. K.; S. KUMAR; K. VATTA; J. DHILLON & K. N. REDDY (2022). Impact of recent climate change on cotton and soybean yields in the southeastern United States. *Journal of Agriculture and Food Research*, vol. 9. ISSN 2666-1543. Disponibil: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100348>
7. ZHU, W.; J. LI & T. XIE (2024). Impact of climate change on soybean production: Research progress and response strategies. *Advances in Resources Research*, vol. 4(3), pp. 474-496. Disponibil: https://www.jstage.jst.go.jp/article/arr/4/3/4_474/_pdf/-char/ja.
8. КЛЫКОВ, В. В. (1988). Ранние сроки сева сои как резерв повышения урожайности. *Научно-технический бюллетень ВНИИ масличных культур*, вып. 4, с. 52-55.

Conflict of interests

No competing interests were disclosed.

Paper history

Received 14.03.2025; Accepted 25.05.2025

Copyright: © 2025 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).