

DOI: 10.55505/SA.2025.1.01  
UDC: 633.15:631.528.2:631.524



## IMPACTUL GENOTIPULUI, PLOIDIEI ȘI FACTORILOR DE MEDIU ASUPRA CARACTERELOR MORFOLOGICE ȘI PRODUCTIVE ALE PORUMBULUI

Grigorii BATIRU\*, ORCID: 0000-0003-4585-6294,  
Dumitru COJOCARI, ORCID: 0000-0002-4353-2328,  
Serghei BOUNEGRU, ORCID: 0009-0007-7643-7558,  
Galina COMAROVA, ORCID: 0009-0001-0063-4586

Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

\*Correspondență: Grigorii BATIRU – e-mail: [grigorii.batiru@am.utm.md](mailto:grigorii.batiru@am.utm.md)

**Abstract.** Maize is an essential crop for global food security, providing vital nutrients to billions of people. Its adaptation to climate challenges requires the development of productive and resilient varieties using both conventional and molecular breeding methods. Polyploidy significantly contributes to genetic diversity, with effects such as increasing plant organ size, reducing the impact of harmful mutations, and enhancing heterosis. The aim of this research was to evaluate the morphological and productive characteristics of diploid and tetraploid maize lines under polyfactorial experimental conditions. The study was conducted during the 2023-2024 period on the experimental field of the Faculty of Agricultural, Forestry, and Environmental Sciences at the Technical University of Moldova, on a typical chernozem soil under irrigated conditions. The biological material included three maize lines at both diploid and tetraploid levels. The analyzed parameters were plant height, ear insertion height, leaf size, panicle length, number of branches, and yield. The data obtained were statistically analyzed using the Fisher polyfactorial test. The factors investigated were year of research, ploidy, genotype, and replication. The experimental results showed that genotype and ploidy are the main determinants of morphological and agronomic trait variation, significantly influencing ( $p < 0.05$ ) plant height, leaf size, and panicle architecture. Environmental factors, especially the year of the experiment, had a variable impact, mainly affecting leaf and panicle size, but with a limited effect on yield. The interactions between genotype, ploidy, and the year of the experiment highlight the complexity of these influences on plant development. Their significance suggests that breeding strategies should consider optimal genotype-ploidy combinations to obtain stable and high-yielding varieties.

**Keywords:** *Diploid maize; Tetraploid maize; Inbred lines; Morphometric traits; Yield; Variance analysis.*

**Rezumat.** Porumbul este o cultură esențială pentru securitatea alimentară globală, furnizând nutrienți importanți pentru miliarde de oameni. Adaptarea sa la provocările climatice necesită dezvoltarea unor soiuri productive și rezistente, utilizând metode convenționale și moleculare. Poliploidia contribuie semnificativ la diversitatea genetică, având efecte precum creșterea dimensiunii organelor vegetale, reducerea impactului mutațiilor dăunătoare și sporirea heterozisului. Scopul acestei cercetări a fost evaluarea caracteristicilor morfologice și productive ale unor liniilor de porumb diploid și tetraploid în condiții experimentale polifactoriale. Studiul s-a desfășurat în perioada 2023-2024 pe lotul Facultății de Științe Agricole, Silvice și ale Mediului, Universitatea Tehnică

a Moldovei, pe un sol de tip cernoziom moderat humifer în condiții de irigare. Materialul biologic a inclus trei linii de porumb la nivel diploid și tetraploid, iar parametrii analizați au fost talia plantelor, înălțimea de inserție a știuletelui, dimensiunile frunzelor, lungimea paniculului, numărul de ramificații și recolta. Datele obținute au fost analizate statistic prin testul Fisher polifactorial. Factorii cercetați au fost anul de cercetare, ploidia, genotipul și repetiția. Rezultatele experimentale, au arătat că genotipul și ploidia sunt principalii factori determinanți ai variației caracterelor morfologice și agronomice, influențând în mod semnificativ ( $p < 0.05$ ) trăsături precum talia plantelor, dimensiunile frunzelor și arhitectura paniculului. Factorii de mediu, în special anul experimentului, a avut un impact variabil, influențând în special dimensiunea frunzelor și paniculului, dar având un efect redus asupra recoltei. Interacțiunile dintre genotip, ploidie și anul experimentului evidențiază complexitatea influenței acestor factori asupra dezvoltării plantelor, iar semnificația acestora sugerează că strategiile de ameliorare ar trebui să ia în considerare combinațiile optime pentru a obține genotipuri stabile și productive.

**Cuvinte-cheie:** *Porumb diploid; Porumb tetraploid; Linii consangvinizate; Caractere morfometrice; Recoltă; Analiza varianței.*

## INTRODUCERE

Porumbul este o cultură agricolă vitală pentru miliarde de oameni din întreaga lume. El constituie baza securității alimentare, furnizând carbohidrați, proteine și micronutrienți esențiali, susținând rațiile în țările în curs de dezvoltare (Wang & Zhang 2024; Shiferaw et al., 2011). În Republica Moldova, porumbul se numără printre cele mai valoroase culturi agricole, cu o producție medie anuală de 1,59 milioane de tone în perioada 2019–2023, estimându-se o creștere la 2,55 milioane de tone până în 2026 (IPAD, 2024; ReportLinker, 2025). Reprezentând 21,23% din producția totală de culturi, porumbul este cea mai cultivată cereală din țară (Petrea et al., 2020). Schimbările climatice, caracterizate de secete prelungite și temperaturi extreme, pun în pericol producția agricolă, făcând această cultură tot mai dificil de cultivat. Fără măsuri de adaptare, randamentele ar putea scădea semnificativ în multe regiuni (Aslam et al., 2015). Ameliorarea rezistenței la stresul biotic și abiotic va fi esențială pentru satisfacerea cererii viitoare de porumb, necesitând dezvoltarea unor soiuri productive, tolerante la stres și adaptabile în diverse condiții, printr-o combinație eficientă de metode convenționale și moleculare (Shiferaw et al., 2011; Musteata, 2024; Andorf et al., 2019).

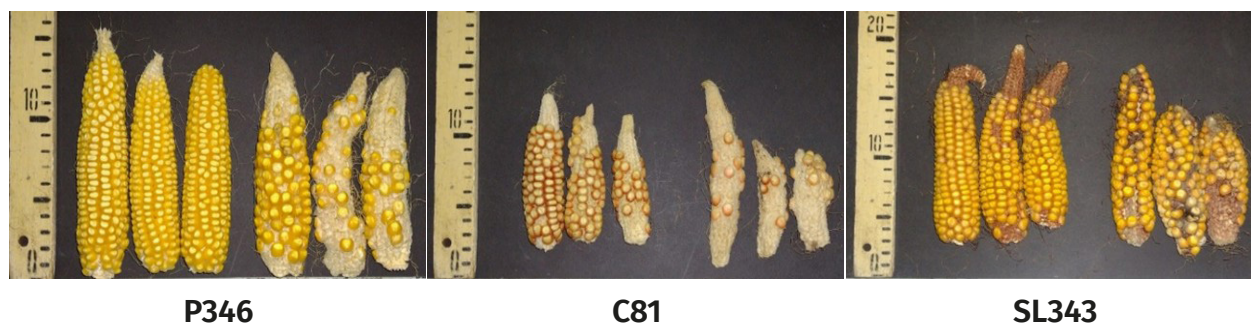
Poliploidia reprezintă un fenomen prin care o plantă are un număr mai mare de seturi de cromozomi decât în mod normal (Palii, 1998). Acest mecanism, pe lângă rolul său în evoluția plantelor (Tate et al., 2005) și animalelor (Gregory & Mable, 2005) asigură o sporire considerabilă a variabilității genetice de care depinde succesul în ameliorare (Palii, 2014). Unele dintre cele mai semnificative efecte ale poliploidiei în ameliorarea plantelor includ mărirea dimensiunii organelor vegetale (efectul „gigas”), reducerea impactului mutațiilor dăunătoare, creșterea heterozigoției și sporirea heterozisului (vigorii hibride) (Sattler et al., 2016). Redundanța genomică determină un efect protector asupra mutațiilor dăunătoare, deoarece copiile suplimentare ale genelor pot compensa modificările negative. Astfel, poliploidii pot fi mai toleranți la mutații și mai puțin afectați de depresia de consangvinizare. Totodată, genele duplicate pot suferi modificări care le permit să dobândească funcții noi, contribuind la diversificarea adaptivă a poliploizilor (Udall & Wendel, 2006; Ramsey & Schemske, 2002). Eforturile de ameliorare a porumbului poliploid au fost mult mai reduse în comparație cu cele dedicate porumbului diploid, ceea ce subliniază necesitatea aprofundării cercetării asupra efectelor ge-

netice, mecanismelor implicate și potențialului poliploidiei în genetica și ameliorarea acestei culturi. Înțelegerea acestui fenomen ar putea deschide noi perspective pentru aplicarea sa în ameliorarea practică a porumbului, contribuind la dezvoltarea unor soiuri productive stabile și mai rezistente (Batiru & Lübberstedt, 2024). Reieșind din cele menționate, scopul cercetării constă în evaluarea unor caracteristici morfologice și productive la liniile de porumb diploid și tetraploid în experimente polifactoriale.

## MATERIALE ȘI METODE

Experimentele s-au desfășurat în perioada 2023-2024 pe lotul experimental al Facultății de Științe Agricole, Silvice și ale Mediului din cadrul Universității Tehnice a Moldovei, pe un sol de tip cernoziom moderat humifer. Cercetările au avut loc în condiții climatice caracterizate prin temperaturi ridicate și un deficit hidric accentuat în fazele critice de dezvoltare a culturii. Pentru a compensa lipsa apei, s-a utilizat irigarea prin picurare, însă temperatura, în special în perioada de înflorire și umplere a boabelor, a rămas principalul factor limitativ. Tetraploizii, în mod deosebit liniile, sunt mai sensibile la secetă decât diploizii (Batiru & Lübberstedt, 2024). În ambele sezoane (aprilie-septembrie 2023 și 2024), temperaturile au fost constant peste media multianuală.

Materialul biologic utilizat în experiment a inclus trei linii de porumb – P346, C81 și SL343 (Figura 1) – pentru care s-au obținut forme tetraploide prin metoda de inducere cu colchicină (Palii & Batiru, 2011). Atât în 2023, cât și 2024, semănatul s-a realizat pe parcele de 5 m<sup>2</sup>, în două repetiții, utilizând o dispunere aleatorie în blocuri. Cultura a fost întreținută prin aplicarea unor practici comune porumbului de control al buruienilor și rărire a plantelor.



**Figura 1.** Știuleți diploizi și tetraploizi la liniile de porumb P346, C81 și SL343. Pe fiecare imagine în partea stângă sunt reprezentate câte trei știuleți diploizi, iar în dreapta - câte trei știuleți tetraploizi.

Pentru a menține puritatea genetică și a controla procesul de polenizare, plantele au fost izolate pe durata înfloririi și polenizate manual sub izolatoare speciale, prevenind contaminarea cu polen străin și asigurând o fecundare controlată. Aceste condiții au fost menținute până la recoltare pentru a elimina factorii care ar putea influența rezultatele experimentale.

Cercetarea a constat în efectuarea unor măsurători asupra plantelor după înflorire, în momentul în care acestea au atins dezvoltarea maximă, analizând caracteristici morfologice și agronomice esențiale. Printre parametrii evaluați s-au numărat talia plantelor (*H*), înălțimea de inserție a știuletelui (*Hins*), dimensiunile frunzelor (Lungimea – *Lfr*, lățimea – *Lafr*), precum și lungimea paniculului (*Lpan*) și numărul de ramificații (*Nram*), factori asociați cu potențialul de producție și fertilitatea polenului.

După recoltare, știuleții au fost analizați prin măsurători ale lungimii, grosimii și masei acestora, precum și prin determinarea masei rahisului, informații esențiale pentru calculul recoltei totale și compararea performanței diferitelor genotipuri. Datele obținute au fost supuse analizei statistice a varianței utilizând testul Fisher polifactorial, la un nivel de semnificație de 0,05, cu ajutorul programului Statgraphics. Factorii cercetați au fost *Anul de cercetare*, *Ploidia*, *Genotipul* și *Repetiția*. Această analiză a permis identificarea principalelor surse de variație cauzate de influența factorilor genetici și de mediu asupra caracterelor agronomice studiate, oferind astfel o perspectivă detaliată asupra interacțiunilor dintre acești factori.

## REZULTATE ȘI DISCUȚII

Caracteristicile analizate sunt controlate de gene multiple, al căror număr variază, și au un rol crucial în determinarea productivității plantelor. Acestea influențează direct capacitatea plantelor de a utiliza eficient resursele disponibile, precum lumina, apa și nutrienții, contribuind la optimizarea proceselor de creștere și dezvoltare. Impactul lor asupra formării biomasei și a randamentului final este semnificativ, ceea ce face ca evaluarea și selecția acestor parametri să fie esențiale pentru creșterea potențialului productiv și maximizarea recoltei.

Rezultatele evidențiate în tabelul 1 oferă o perspectivă clară asupra factorilor care influențează trăsăturile morfologice și agronomice ale genotipurilor studiate. Se remarcă faptul că genotipul și ploidia sunt principalii factori determinanți ai variației caracterelor analizate, ceea ce subliniază importanța selecției genetice în optimizarea producției. Genotipul are un efect semnificativ asupra tuturor parametrilor măsurați, indicând existența unei diversități genetice relevante, ce poate fi exploatată în programele de ameliorare.

**Tabelul 1.** Analiza probabilistică a efectelor principale și a interacțiunilor factorilor asupra caracterelor morfologice și producției la liniile de porumb diploid și tetraploid

| Sursa de variabilitate   | Valorile probabilității pentru: |                      |                  |                 |                      |                                   |         |
|--------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------------|---------|
|                          | Talia plantelor                 | Insertia știuletelui | Lungimea frunzei | Lățimea frunzei | Lungimea paniculului | Numărul de ramificații pe panicul | Recolta |
| <i>EFACTE PRINCIPALE</i> |                                 |                      |                  |                 |                      |                                   |         |
| A:Anul                   | 0,049                           | 0,534                | 0,000            | 0,000           | 0,000                | 0,002                             | 0,346   |
| B:Ploidia                | 0,000                           | 0,294                | 0,000            | 0,013           | 0,000                | 0,001                             | 0,001   |
| C:Genotipul              | 0,000                           | 0,000                | 0,000            | 0,000           | 0,000                | 0,000                             | 0,005   |
| D:Repetiția              | 0,527                           | 0,311                | 0,509            | 0,594           | 0,470                | 0,687                             | 0,205   |
| <i>INTERACȚIUNI</i>      |                                 |                      |                  |                 |                      |                                   |         |
| AB                       | 0,489                           | 0,109                | 0,365            | 0,015           | 0,890                | 0,324                             | 0,195   |
| AC                       | 0,000                           | 0,000                | 0,130            | 0,008           | 0,002                | 0,000                             | 0,062   |
| AD                       | 0,755                           | 0,092                | 0,052            | 0,585           | 0,525                | 0,000                             | 0,060   |
| BC                       | 0,000                           | 0,000                | 0,191            | 0,000           | 0,000                | 0,000                             | 0,012   |
| BD                       | 0,002                           | 0,383                | 0,002            | 0,065           | 0,084                | 0,225                             | 0,067   |
| CD                       | 0,473                           | 0,240                | 0,059            | 0,197           | 0,666                | 0,000                             | 0,085   |

|            |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>ABC</b> | 0,788 | 0,259 | 0,163 | 0,186 | 0,004 | 0,466 | 0,046 |
| <b>ABD</b> | 0,717 | 0,672 | 0,413 | 0,020 | 0,048 | 0,010 | 0,062 |
| <b>ACD</b> | 0,004 | 0,001 | 0,003 | 0,232 | 0,251 | 0,000 | 0,043 |
| <b>BCD</b> | 0,699 | 0,602 | 0,635 | 0,322 | 0,484 | 0,061 | 0,262 |

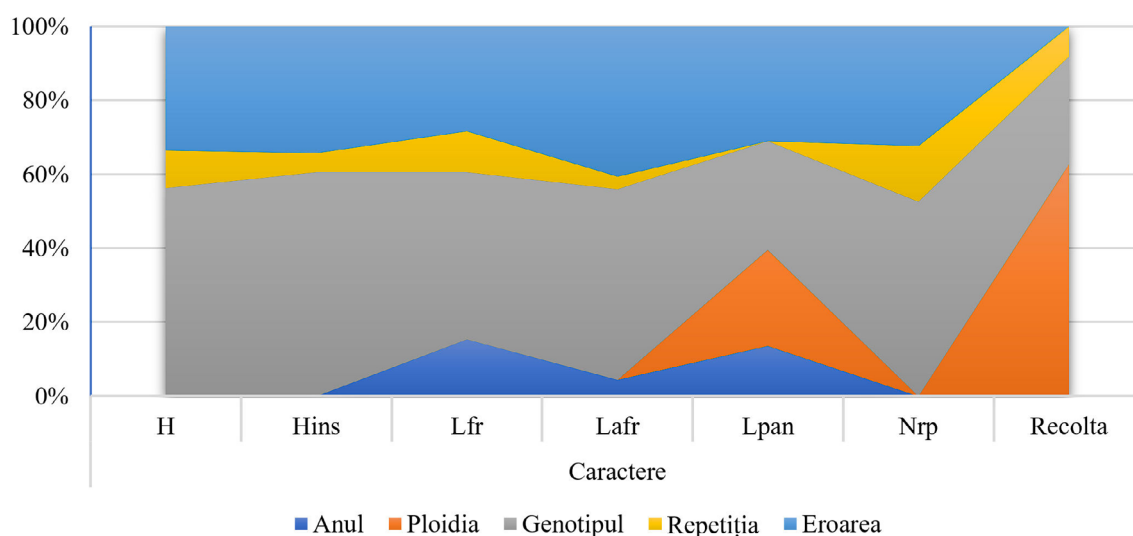
De asemenea, anul experimentului influențează semnificativ anumite trăsături, precum talia plantelor, dimensiunile frunzelor și structura paniculului, ceea ce sugerează că factorii de mediu joacă un rol esențial în dezvoltarea plantelor. Totuși, impactul anului asupra recoltei nu este semnificativ, ceea ce poate indica o adaptabilitate bună a genotipurilor utilizate sau o stabilitate relativă a randamentului în diferite condiții climatice. Această tendință ar putea fi clarificată în condiții de aprovizionare cu apă exclusiv din precipitații, deoarece porumbul reacționează puternic la deficitul de precipitații în anii secetoși (Aslam et al., 2015).

Interacțiunile dintre factori oferă informații valoroase despre complexitatea modului în care genotipul și mediul influențează caracterele plantelor. De exemplu, interacțiunea dintre anul experimentului și genotip (AC) are un impact semnificativ asupra mai multor caracteristici, inclusiv asupra recoltei, ceea ce sugerează că unele genotipuri pot răspunde diferit în funcție de condițiile anuale. La fel, interacțiunea dintre ploidie și genotip (BC) este semnificativă pentru numeroase trăsături, indicând că efectul ploidiei asupra caracterelor agronomice poate varia în funcție de genotipul specific.

Pe de altă parte, repetiția experimentului nu a avut un efect semnificativ asupra caracterelor analizate, ceea ce confirmă o bună consistență și reproductibilitate a măsurătorilor. Acest aspect este esențial pentru validitatea concluziilor, asigurând că variațiile observate sunt determinate de factori biologici reali și nu de erori experimentale.

Un alt aspect important este faptul că interacțiunea complexă dintre an, ploidie și genotip (ABC) are un efect semnificativ asupra recoltei, ceea ce sugerează că strategiile de ameliorare trebuie să ia în considerare aceste combinații pentru a obține genotipuri cu stabilitate ridicată și productivitate optimă.

Pentru a înțelege mai bine în ce proporție fiecare factor contribuie la variația totală a recoltei, s-au calculat componentele de variație (Figura 2).



**Figura 2.** Pondere surselor de variație în determinarea caracterelor la linia diploide și tetraploide de porumb

Rezultatele evidențiate în tabel oferă o imagine clară asupra modului în care diferite surse de variație influențează caracteristicile morfologice și agronomice ale plantelor analizate. Genotipul se dovedește a fi factorul determinant principal, având cea mai mare contribuție la variabilitatea taliei plantelor, a inserției știuletelui, a dimensiunilor frunzelor și a paniculului. Acest lucru subliniază importanța selecției genetice, întrucât diferențele dintre genotipuri explică în mare parte variabilitatea acestor trăsături. Cu alte cuvinte, îmbunătățirea genetică poate avea un impact semnificativ asupra optimizării acestor parametri.

În schimb, anul experimentului exercită un efect limitat, influențând mai ales lungimea frunzei și paniculului, dar fără un impact major asupra altor trăsături. Aceasta sugerează că, deși condițiile anuale pot modifica ușor dezvoltarea plantelor, ele nu sunt factorul dominant, ceea ce poate indica o stabilitate relativă a caracterelor studiate în fața variațiilor de mediu. În condiții fără irigație, aceste efecte, după cum am menționat deja, ar putea căpăta un alt nivel de semnificație. Factorul limitant în așa caz rămâne a fi regimul de lumină și temperatură.

Un aspect interesant este rolul ploidiei, care pare să aibă un efect marcant doar asupra lungimii paniculului și a numărului de ramificații pe panicul. Ponderea ridicată a acestui factor în variabilitatea acestor două trăsături indică faptul că nivelul de ploidiie influențează în mod direct dezvoltarea organelor reproductive, având probabil un impact asupra fertilității și arhitecturii inflorescențelor.

Pe de altă parte, repetiția experimentului contribuie doar marginal la variația observată, ceea ce confirmă o bună fiabilitate a măsurătorilor, deși are o influență mai vizibilă asupra numărului de ramificații pe panicul și a taliei plantelor. Aceasta ar putea sugera că anumite efecte ale poziționării plantelor sau ale microclimatului pot introduce o anumită variabilitate.

În ceea ce privește eroarea experimentală, aceasta este relativ ridicată pentru anumite trăsături, în special pentru dimensiunile frunzelor și structura paniculului. Aceasta ar putea fi cauzată de factori necontrolați ai mediului și/sau de variații naturale în dezvoltarea plantelor din cadrul fiecărei parcele, deci. Pentru a îmbunătăți precizia rezultatelor, ar putea fi necesare un număr mai mare de repetiții sau o standardizare mai riguroasă a condițiilor de testare.

## CONCLUZII

Genotipul și ploidia sunt principalii factori determinanți ai variației caracterelor morfologice și agronomice, influențând în mod semnificativ trăsături precum talia plantelor, dimensiunile frunzelor și arhitectura paniculului. Această constatare subliniază importanța ameliorării genetice în optimizarea productivității și adaptabilității plantelor.

Factorii de mediu, în special anul experimentului, au un impact variabil asupra trăsăturilor plantelor, influențând în special dimensiunea frunzelor și paniculului, dar având un efect redus asupra recoltei. Aceasta indică o relativă stabilitate a randamentului în diferite condiții climatice, deși în regimuri de precipitații variabile, aceste efecte ar putea deveni mai pronunțate.

Interacțiunile dintre genotip, ploidiie și anul experimentului evidențiază complexitatea influenței acestor factori asupra dezvoltării plantelor, iar semnificația acestora sugerează că strategiile de ameliorare ar trebui să ia în considerare combinațiile optime pentru a obține genotipuri stabile și cu randament ridicat.

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. ANDORF, Carson; William D. BEAVIS; Matthew HUFFORD; Stephen SMITH; Walter P. SUZA et al. (2019). Technological advances in maize breeding: past, present and future. *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 132, no. 3, pp. 817-849. DOI 10.1007/s00122-019-03306-3.
2. ASLAM, Muhammad; Muhammad Amir MAQBOOL and Rahime ENGIZ (2015). *Drought stress in maize (Zea Mays L.), effects, resistance mechanisms, global achievements and biological strategies for improvement*. Cham: Springer International Publishing, 75 p. ISBN 978-3-319-25440-1. DOI 10.1007/978-3-319-25442-5.
3. BATIRU, Grigorii and Thomas LÜBBERSTEDT (2024). Polyploidy in maize: from evolution to breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 137, no. 8, p. 182. DOI 10.1007/s00122-024-04688-9.
4. GREGORY, T. R. and B. K. MABLE (2005). Polyploidy in animals. Chapter 8. In: T. R. GREGORY (ed.), *The Evolution of the Genome*. London: Elsevier Academic Press, pp. 427-517. ISBN 0-12-301463-8.
5. IPAD (2024). *Moldova crop production summary*. Disponibil: <https://ipad.fas.usda.gov>
6. MUSTEATA, Simion (2024). 50 de ani în serviciul ameliorării porumbului și producerii semințelor. In: *Realizări științifice în ameliorarea porumbului și altor culturi cerealiere: materialele conferinței științifice – practice cu participare internațională - 50 ani de activitate a Institutului de Fitotehnie „Porumbeni”, 11-12 septembrie 2024, Pașcani. Chișinău: „Print-Caro” SRL, 2024, pp. 13-21. ISBN 978-5-85748-029-8.*
7. PALII, Andrei (1998). *Genetica*. Chișinău: Museum. 352 p. ISBN 9975-905-19-6.
8. PALII, Andrei (2014). *Ameliorarea plantelor*. Chișinău: Foxtrot. 216 p. ISBN 978-9975-120-46-3.
9. PALII, Andrei și Grigorii BATÎRU (2011). Obținerea experimentală a formelor tetraploide de porumb opaque-2. In: *Ameliorarea porumbului și utilizarea androsterilității citoplasmice în producerea de semințe: materialele conferinței internaționale*. Chișinău, pp. 88-97.
10. PETREA, Ștefan-Mihai; Dragos Sebastian CRISTEA; Maria Magdalena TUREK RAHOVEANU; Cristina Gabriela ZAMFIR; Adrian Turek RAHOVEANU et al. (2020). Perspectives of the Moldavian agricultural sector by using a custom-developed analytical framework. *Sustainability*, vol. 12, no. 11, p. 4671. DOI 10.3390/SU12114671.
11. RAMSEY, Justin and Douglas W. SCHEMSKE (2002). Neopolyploidy in flowering plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 33 (1), pp. 589-639. DOI 10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150437.
12. ReportLinker (2025). *Moldova Agriculture Industry Outlook 2022 - 2026*. Site web. Disponibil: <https://www.reportlinker.com/clp/country/2/726392>
13. SATTLER, Mariana; Carlos Roberto CARVALHO and Wellington CLARINDO (2016). The polyploidy and its key role in plant breeding. *Planta*, vol. 243, no. 2, pp. 281-296. DOI 10.1007/S00425-015-2450-X/TABLES/1.
14. SHIFERAW, Bekele; Boddupalli M. PRASANNA; Jonathan HELLIN and Marianne BÄNZIGER (2011). Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*, vol. 3, no. 3, pp. 307-327. DOI 10.1007/S12571-011-0140-5/TABLES/3.
15. TATE, Jennifer A.; Douglas E. SOLTIS and Pamela S. SOLTIS (2005). Polyploidy in plants. In: T. Ryan GREGORY (ed.), *The evolution of the genome*. 1st ed. Elsevier Academic Press, pp. 371-426. ISBN 9780080470528.
16. UDALL, Joshua A. and Jonathan F. WENDEL (2006). Polyploidy and Crop Improvement. *Crop Science*, vol. 46, no. S1, p. S3-14. DOI 10.2135/cropsci2006.07.0489tpg.
17. WANG, Guifen and Xian ZHANG (2024). Maize in Global Food Security: Role and Challenges. *Field Crop*, vol. 7, no. 3, pp. 124-133. Disponibil: <https://cropscipublisher.com/index.php/fc/article/html/3937>

**Conflict of interests**

The authors declare that they have no conflict of interests.

**Authors' contributions**

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

**Paper history**

Received 16.03.2025; Accepted 20.05.2025

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