

DOI: 10.55505/SA.2024.2.04  
UDC: 633.15:631.526.325



## METODOLOGIA DE CREARE A PAȘAPOARTELOR ELECTROFORETICE ALE HIBRIZILOR DE PORUMB ȘI FORMELE LOR PARENTALE LA NIVELUL MOLECULELOR PROTEICE

Grigorii BATÎRU\*, ORCID: 0000-0003-4585-6294,  
Galina COMAROVA, ORCID: 0009-0001-0063-4586,  
Arcadi ADAMCIUC, ORCID: 0009-0006-4080-8292,  
Eugen ROTARI, ORCID: 0009-0007-8171-8100,  
Serghei BOUNEGRU, ORCID: 0009-0007-7643-7558,  
Dumitru COJOCARI, ORCID: 0000-0002-4353-2328,  
Alexandr ROTARI, ORCID: 0009-0000-3530-853X

Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

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

**Abstract.** The development and use of rapid methods to control the genetic purity of seed material contributes to ensuring the quality of hybrid maize seeds. The purpose of the research was to systematize the main stages of preparation and modeling of electrophoretic passports for 65 local maize hybrids from different maturity groups and their 108 parental lines. The initial electrophoretic spectra of the storage protein of maize seeds (zein) were obtained by the electrophoresis method on polyacrylamide gels in acidic medium according to the national standard SM 233:2003. The analysis of the spectra and the obtaining of the passports was carried out in the „FOREZ-2” program. As a result, the main stages of biochemical preparation, digital creation and modeling of electrophoretic passports for 37 simple, 2 modified, 23 trilineal, 2 double and one multilined hybrids, were experimentally argued and successively analyzed. The presented results will simplify the interpretation and efficiency of their use both for commercial purposes and in the research process. The proposed principles have a great potential for increasing the accuracy and expanding the possibility to expressly perform an objective diagnosis of the genetic purity and the level of hybridity of certified maize seed lots.

**Keywords:** Maize; Hybrids; Protein Electrophoresis; Electrophoretic passports; Software.

**Rezumat.** Elaborarea și utilizarea metodelor rapide de control al purității genetice a materialului semincer contribuie la asigurarea calității semințelor de porumb hibrid. Scopul cercetării a constat în sistematizarea principalelor etape de pregătire și modelare a pașapoartelor electroforetice pentru 65 de hibridi autohtoni de porumb din diferite grupe de maturitate și cele 108 linii parentale ale acestora. Spectrele electroforetice inițiale ale proteinei de rezervă a semințelor de porumb (zeina), au fost obținute prin metoda electroforezei pe geluri de poli-acrilamidă în mediu acid conform standardului național SM 233:2003. Analiza spectrelor și obținerea pașapoartelor s-a realizat în programul „FOREZ-2”. În rezultat, au fost argumentate experimental și analizate succesiv principalele etape de pregătire biochimică, crearea în format digital și modelare a pașapoartelor electroforetice pentru 37 hibridi simpli, 2 hibridi simpli modificați, 23 hibridi trilineali, 2 hibridi dubli și un hibrid multilinel. Rezultatele prezentate vor simplifica

interpretarea și eficiența utilizării acestora atât în scopuri comerciale, cât și în procesul de cercetare. Principiile propuse au un mare potențial pentru sporirea exactității și extinderea posibilității de a efectua expres o diagnosticare obiectivă a purității genetice și nivelului de hibriditate a loturilor de semințe de porumb certificat.

**Cuvinte-cheie:** *Porumb; Hibrizi; Electroforeza proteinelor; Pașapoarte electroforetice; Software.*

## INTRODUCERE

Una dintre problemele actuale în producerea de semințe în Republica Moldova o reprezintă exportul la timp al semințelor de porumb hibrid și asigurarea calității acestora (Spivacenco et al., 2024; Musteața, 2024). Pentru a atinge performanța agronomică, a stimula investițiile și inovațiile în ameliorarea plantelor, precum și pentru a garanta că munca amelioratorilor ajunge la fermieri, este necesar să se mențină niveluri ridicate de puritate genetică a soiurilor (Smith & Register, 1998).

Elaborarea și utilizarea metodelor standardizate și rapide de control al purității genetice a materialului semincer contribuie semnificativ la realizarea acestui obiectiv (Zheng et al., 2017; Kovincic et al., 2023).

În prezent, verificarea purității genetice la diverse culturi se bazează pe polimorfismul generat de markeri moleculari proteici și ADN (ISTA, 2024). În acest context, cercetările realizate în cadrul proiectului 20.80009.5107.21 din Programul de Stat 2020-2023, pentru elaborarea unui catalog de pașapoarte electroforetice (EP) de forme parentale și hibrizi de porumb omologați în Republica Moldova pentru export, s-au dovedit a fi necesare și oportune (Batîru et al., 2023).

Pentru pregătirea publicării Catalogului EF de pașapoarte pentru 65 de hibrizi autohtoni de porumb de generație nouă și 108 linii parentale aferente acestora, autorii proiectului au avut în vedere cerințele unei game variate de specialiști în domeniul culturilor agricole, pentru care acest Catalog este destinat.

În plus, pentru utilizarea eficientă și profesională a acestor pașapoarte de către specialiștii agronomi contemporani, este esențială familiarizarea cu metodologia utilizată în pregătirea acestora. Astfel, scopul principal al lucrării prezentate constă în dezvoltarea și sistematizarea etapelor moderne de pregătire și modelare a pașapoartelor electroforetice ale hibrizilor autohtoni de porumb, simplificând interpretarea și utilizarea lor atât în scopuri comerciale, cât și în activități de cercetare.

## MATERIALE ȘI METODE

În perioada 2021-2023 în cadrul implementării proiectului și în colaborare cu IP „Laboratorul Central Fitosanitar”, s-a efectuat analiza calității semințelor de porumb, utilizând markeri proteici ai zeinei. Analiza a vizat 650 de loturi semincere, reprezentând un număr mare de hibrizi omologați de generație nouă și formele lor parentale, primite de la întreprinderile producătoare de semințe și beneficiarii-originatori din Republica Moldova.

Din acest eșantion, au fost selectați 65 de hibrizi de porumb și 108 linii parentale care au fost analizați în funcție de categoriile de hibrizi utilizate în producție. Pașaportizarea electroforetică a fost realizată pentru 37 hibrizi simpli, 2 hibrizi simpli modificați, 23 hibrizi trilineali, 2 hibrizi dubli și un hibrid multilinel. Aceste caracteristici joacă un rol important în specificul pașaportizării electroforetice a fiecărei categorii de hibrizi studiați.

Pentru obținerea spectrelor electroforetice (EF) inițiale ale proteinei de rezervă din semințele de porumb (zeina) pentru liniile parentale ale hibridilor selectați, s-a utilizat metoda electroforezei zeinei pe geluri de poli(acrilamidă în mediu acid, conform standardului național SM 233:2003. Procedura a fost efectuată utilizând echipamente, instrumente și materiale auxiliare aliniate cerințelor actuale pentru lucrările de laborator.

Principiile utilizate pentru crearea formulelor spectrelor EF ale zeinei s-au bazat pe cercetările realizate de V. Konarev și colaboratorii săi (1987), care au studiat spectrele electroforetice ale proteinelor de rezervă ale porumbului. Programul „FOREZ-2” a fost dezvoltat pornind de la programul inițial „Forez,” creat în 2003 (Komarova et al., 2003), și utilizat pentru generarea pașapoartelor EF până în anul 2020.

## REZULTATE ȘI DISCUȚII

### ***Etapa 1. Specificitatea tehnicilor metodologice în procesul de pregătire a unei probe medii de boabe de porumb și procedurile de obținere a spectrelor EF originale pe gelul de acrilamidă***

Pentru elaborarea cu succes a unui pașaport electroforetic, clientul (fie beneficiarul-originator al hibridilor exportați din Republica Moldova sau reprezentantul întreprinderii producătoare de semințe de porumb) trebuie să furnizeze: 1) formula completă a hibridului de porumb, cu indicarea exactă a denumirii hibridului și a formelor lui parentale, cu specificarea corectă a formelor maternă și paternă; 2) pachete cu semințe dintr-o probă medie pentru fiecare genotip de forme parentale, necesare creării pașaportului EF.

E posibil ca beneficiarii-originatori să fie îngrijorați de încălcarea dreptului de autor vizând hibridul prezentat pentru pașaportizare, din cauza utilizării incorecte a cotei din semințe a liniilor parentale în alte scopuri. Totodată, orice reprezentant al clientului poate participa sau poate fi prezent personal la procedura de obținere a „șrotului” de semințe din fiecare dintre liniile parentale ale hibridului studiat. Pentru o analiză electroforetică de succes, este necesar să se folosească doar endospermul boabelor, cu condiția ca embrionul zdrobit să fie îndepărtat complet.

Principiile de eșantionare a probelor elementare din câmp, din semințele de porumb în știuleți și din boabele în vrac sunt prezentate detaliat în Standardul Moldovean SM-2003. Proba medie de semințe se formează manual prin metoda împărțirii după diagonale (Gheorghiev & Starodub, 2010) până la 0.2-0.3 kg. Din această masă de semințe sunt luate 20-50 de boabe în pachet pentru pregătirea probei medii de șrot din endosperm cu scopul obținerii fracției prolaminice a proteinelor (zeina) pentru analiza electroforetică (EF).

Metoda de electroforeză a zeinei, utilizată pentru obținerea spectrelor EF originale destinate prelucrării în pașapoarte electroforetice digitale, respectă procedurile experimentale specificate în Standardul Moldovean SM-2003, utilizând echipamente, instrumente și materiale conform cerințelor actuale. Etapele metodei includ:

(1) întocmirea documentației pentru efectuarea metodei de electroforeză; (2) pregătirea probei din boabe de porumb pentru EF; (3) pregătirea proteinei de zeină pentru analiza electroforetică; (4) pregătirea aparatului de electroforeză pentru lucru; (5) pregătirea gelului de poli(acrilamidă); (6) depunerea soluției de proteină în alveola plastinei; (7) efectuarea electroforezei; (8) scoaterea plăcilor de gel, fixarea și colorarea lor; (9) documentarea electroforegramelor.

Scopul principal al acestei metode este de a furniza informații beneficiarilor – originatori ai hibridilor de porumb și reprezentanților întreprinderilor producătoare de

semințe – privind nivelul actual de aplicare a metodei de electroforeză a zeinei, utilizată ca instrument fundamental în procesul complex de elaborare a pașapoartelor electroforetice.

### **Etapa 2. Crearea formulelor pentru spectrele EF ale zeinei în format digital**

După obținerea gelurilor colorate cu spectre EF inițiale ale profilurilor de zeină ale genotipurilor de porumb studiate, este necesară transformarea acestora în format digital.

Pentru a unifica crearea de formule pentru spectrele EF ale zeinei, se utilizează valoarea „*mobilitatea electroforetică relativă*” ( $rf$ ). Această valoare trebuie să fie caracterizată ca raportul dintre mobilitatea (migrarea) subunității peptidice a zeinei (SPZ), care este evaluată în raport cu mobilitatea (migrarea) „standardului intern”. Cercetările lui V. Konarev și colaboratorii săi (1987), pe baza specificului analizei spectrelor EF ale zeinei, la peste 100 de genotipuri de porumb, au arătat o prezență stabilă a subunității peptidice a zeinei cu  $rf = 60$ . Prin urmare, această valoare a  $rf_{st} = 60$  este utilizată ca „standard intern” cu scopul calculării formulelor pentru spectrele EF ale zeinei. Astfel, mobilitatea fiecărei subunități peptidice a zeinei pe spectrul EF analizat este determinată folosind un „standard intern” conform următoarei formule:

$$rf = \frac{rf_{st} \times L_x}{L_{st}}$$

unde:  $rf$  – mobilitatea electroforetică relativă a componentului indicat (SPZ) din spectrul EF analizat;  $rf_{st} = 60$ ;  $L_{st}$  – distanța migrației componentului standardului intern ( $rf = 60$ ) de la start până la plasarea standardului intern pe placa de gel analizată;  $L_x$  – distanța migrației componentului indicat (SPZ) de la start până la plasarea lui în spectrul EF pe placa de gel analizată.

Astfel, pe baza electroferogramelor obținute pentru fiecare spectru EF al genotipului studiat, limitele benzilor (subunități peptidice ale zeinei - SPZ) sunt determinate manual prin valoarea „*mobilitatea electroforetică relativă*” ( $rf$ ):  $rf_{in}$  și  $rf_{fn}$ . În continuare, toate datele obținute sunt procesate pe baza programului de calculator „FOREZ-2”.

### **Etapa 3. Programul „FOREZ-2” și algoritmul creării pașapoartelor electroforetice ale hibridilor de porumb**

Toate formulele obținute ale spectrelor electroforetice a zeinei în format digital sunt procesate pe baza unei versiuni noi a programului de calculator „FOREZ-2”, care prevede următoarea succesiune de acțiuni: 1) binarizarea de intensitate a spectrului EF analizat: banda prezentă (1) sau banda lipsă (0); 2) determinarea limitelor fiecărei benzi a spectrului EF (subunități peptidice ale zeinei - SPZ):  $rf_{in}$  și  $rf_{fn}$ ; 3) formarea unui fișier text cu o listă a lățimilor benzilor SPZ determinate [ $rf_{in} - rf_{fn}$ ] pentru fiecare genotip analizat.

Ca urmare a manipulărilor prezentate mai sus, a fost instalat și configurat mediul de dezvoltare software Visual Studio 2019 cu scopul de a crea o nouă versiune a programului „FOREZ-2” proiectat să funcționeze în sistemul de operare Windows 10 atât în versiunile pe 32 de biți, cât și pe 64 de biți. Versiunea dezvoltată a software-ului „FOREZ-2” și testarea sa de verificare pe 100 de genotipuri de porumb au demonstrat capacitatea de a procesa spectre electroforetice binare de rezoluție joasă (1-0,5 mm) și rezoluție înaltă (precizie de detectare a benzii de 0,1 mm) conform următorului algoritm :

*Pasul 1.* Introducerea secvențială a denumirilor liniilor parentale inițiale de porumb, corespunzătoare hibridului care se certifică, în secțiunea „Formele parentale”, cu posibilitatea ulterioară de editare și ștergere (dacă este cazul).

*Etapa 2.* Introducerea gamei de indicatori „mobilitate electroforetică relativă – (rf)” a fiecăreia dintre subunitățile polipeptidice care alcătuiesc spectrul electroforetic al liniei parentale de porumb. Este prevăzută pentru posibilitatea de editare sau, dacă este necesar, de ștergere a informațiilor eronate.

*Pasul 3.* Introducerea denumirii hibridului de porumb și a formulei acestuia, folosind formele sale parentale introduse anterior, în secțiunea „Hibrizi”.

*Pasul 4.* Sinteza spectrelor electroforetice de hibrizi interliniari simpli, simpli modificați, tripli, dubli din spectrele liniilor disponibile în baza de date sau hibrizi parentali simpli (asamblare automată).

*Pasul 5.* Crearea matricelor digitale finale, sub formă grafică și tabelară, care caracterizează hibridul certificat și formele parentale ale acestuia, indicând markerii proteici de hibriditate.

Astfel, execuția pas cu pas a algoritmului prezentat face posibilă identificarea automată pe matricele digitale obținute: a) specificul cantitativ al polimorfismului zeinei pentru fiecare genotip studiat utilizat în ameliorarea porumbului la heterozis; b) specificul cantitativ al marcării prin intensitate binară a formelor moleculare de zeină a hibrizilor de porumb certificate prin electroforeză proteică.

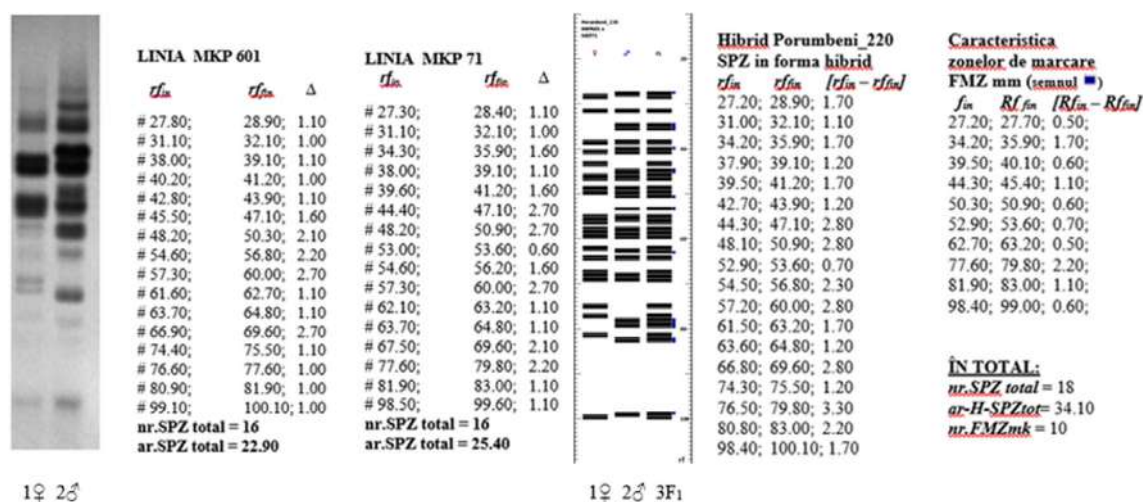
Pentru a extinde eficacitatea utilizării software-ului „FOREZ-2”, a fost introdus și algoritmul de generare a pașapoartelor electroforetice ale hibrizilor certificați pentru a determina automat un nou element de procesare pentru baza de date creată conform programului „FOREZ-2” și anume: un indicator digital al ariei/lățimii fiecăreia dintre zonele subunităților peptidice ale zeinei (SPZ) obținute pe electroforegrame.

Specificul expresiei digitale a acestui indicator este că fiecare spectru electroforetic analizat este binarizat; de-a lungul axei comune a spectrului EF analizat (notat în mod convențional prin lungimea totală rf de 100 mm și intensitatea oricărei benzi egală cu unitatea), sunt zone de subunități peptidice (ZSP), care reprezintă un număr diferit de benzi (forme moleculare ale zeinei - FMZ). Prin urmare, indicele de suprafață ( $S_{rf}$ ) coincide cu intervalul rf (lățime) specific pentru zona respectivă evaluată, notat prin diferența dintre  $rf_{in}$  (limita superioară a ZSP) și  $rf_{fn}$  (limita inferioară a ZSP). Astfel, aria fiecărei zone ZSP analizate ( $S_{rf}$ ) poate fi exprimată în mm:  $S_{rf} = [(rf_{in} - rf_{fn}) \text{ în mm}]$ .

Noua versiune a programului „FOREZ-2” a făcut posibilă utilizarea eficientă a indicatorului discutat pentru a determina automat: a) aria totală a întregului set de zone electroforetice care caracterizează profilul proteic al probei studiate; b) ariile fiecărei zone marker discutate și setul lor total pentru spectrul EF corespunzător studiat; c) procentul suprafeței formelor moleculare marker ale zeinei (FMZ) din suprafața totală a FMZ a profilului de proteine hibride electroforetice, ceea ce extinde posibilitățile de efectuare a diagnosticului expres obiectiv al nivelului de hibriditate a loturilor certificate ale semințelor hibride de porumb.

Figura 1 prezintă un exemplu documentat al implementării algoritmului elaborat. Sub formă de colaj, sunt sintetizate rezultatele prelucrării computerizate a electroforegramelor liniilor parentale ale hibridului simplu Porumbeni 220. Aceste rezultate includ matricele EF ale profilurilor proteice corespunzătoare liniilor parentale, precum și matricea EF a hibridului Porumbeni 220, generată automat prin combinarea matricelor formelor parentale, respectând principiul codominanței.

Astfel, algoritmul dezvoltat pentru crearea pașapoartelor electroforetice, bazat pe versiunea modificată a programului „FOREZ-2”, a fost utilizat ca instrument experimental în modelarea pașapoartelor electroforetice ale proteinelor de rezervă la hibridii de porumb și formele parentale ale acestora.



**Figura 1.** Electroforegramele spectrelor zeinice ale formelor parentale ale hibridului de porumb semi-timpuriu Porumbeni 220, matricea EF a lor, precum și rezultatele prelucrării computerizate a spectrului hibrid (nr.3 - F1) conform algoritmului programului „FOREZ-2”.

#### **Etapa 4. Modele folosite pentru crearea pașapoartelor electroforetice ale hibridilor studiați și formelor lor parentale**

Pentru pașaportizarea electroforetică, au fost selectați 65 de hibridi omologați de porumb, caracterizați în funcție de categoriile utilizate în producție. Procesul de pașaportizare electroforetică a inclus: 38 de hibridi simpli, 2 hibridi simpli modificați, 23 de hibridi trilineari, 2 hibridi dubli și un hibrid multilinel. Astfel, s-a impus necesitatea elaborării a cinci tipuri de modele corespunzătoare celor cinci categorii de hibridi.

Indiferent de tipul hibridului, fiecare pașaport electroforetic (EF) trebuie să includă următoarele informații: formula hibridului cu indicarea denumirilor formelor parentale; matricele electroforetice ale profilurilor proteice ale formelor parentale în forma digitală și spectrul EF al hibridului lor sintetizat automat pe baza principiului codominanței; semnele convenționale utilizate pentru identificarea vizuală a markerilor proteici a gradului de hibriditate; caracteristicile cantitative ale spectrului EF la forma hibridă.

Caracteristicile cantitative ale spectrului EF pentru forma hibridă sunt extrase din fișierul de text elaborat pentru pașaportul EF corespunzător, în baza următorilor 7 indici: a) *Nr. SPZ total* – cantitatea grupelor de „subunități peptidice ale zeinei”, totalitatea cărora vizual, sub formă de benzi, caracterizează spectrul EF general al hibridului; b) *Nr.mkFMZ total* – cantitatea markerilor de hibriditate ale FMZ totală – suma caracterelor cantitative ale „markerilor de hibriditate a formelor moleculare ale zeinei” (mkFMZ) identificate în benzile EF ale „subunităților peptidice ale zeinei”(SPZ) din spectrul EF al hibridului dat; c) *Aria SPZ totală* – „aria (suprafața) totală” a întregului set de zone EF (grupele de SPZ), care caracterizează profilul proteic al matricei hibridului corespunzător; este identic cu lățimea de bandă a spectrului EF(mm); d) *Aria mkFMZ totală* – „aria (suprafața) totală” a întregului set de „markeri de hibriditate a formelor moleculare ale zeinei” pentru profilul proteic corespunzător hibridului studiat; e) *Caracteristicile zonelor de marcare (ZMk) a gradului de hibriditate după rf* (mobilitate EF relative:  $r_{fin}$ ;  $r_{fm}$ ;  $\Delta[r_{fin} - r_{fm}]$ ); f) % ZMk din aria SPZ totală – procentul zonei de marcare din „aria totală” a întregului set de zone SPZ, care caracterizează profilul proteic al matricei hibridului corespunzător; g) %ZMk din aria mkFMZ totală – procentul zonei de marcare din „aria totală” a întregului set de „markeri de hibriditate a FMZ” pentru profilul proteic corespunzător hibridului studiat.

Prezentarea rezultatelor prelucrării computerizate conform noii versiuni a programului „FOREZ-2” prevăzută în modelele pașapoartelor EF va permite utilizatorului acestor pașapoarte, să interpreteze gradul de hibriditate al hibridului corespunzător pe baza următorilor indicatori: a) numărul markerilor de hibriditate ai FMZ în fiecare zonă de marcare în SPZ; b) suma markerilor de hibriditate ai FMZ totală – *Nr. mkFMZ total*; c) „aria” fiecărui marker de hibriditate a formelor moleculare ale zeinei pentru profilul proteic corespunzător hibridului studiat – indicatorul cel mai reprezentativ pentru diagnosticarea rapidă a markerilor proteici de hibriditate a hibrizilor pașaportizați.

Principiile propuse pentru modelarea pașapoartelor electroforetice ale hibrizilor de porumb și formelor lor parentale au un mare potențial de sporire a exactității și extindere a posibilităților de diagnosticare rapidă și obiectivă a nivelului de hibriditate în loturile de semințe hibride de porumb certificate.

## CONCLUZII

Pentru crearea catalogului de pașapoarte electroforetice ale hibrizilor de porumb autohtoni de generație nouă și formele lor parentale ca un produs final al activității intelectuale a proiectului instituțional 20.80009.5107.21 din cadrul Programului de Stat pentru anii 2020-2023, au fost elaborate, selectate și sistematizate criteriile, principiile și metodele de creare și interpretare a pașapoartelor electroforetice la nivelul moleculelor proteice:

- 1) A fost adaptată procedura de pregătire a probei inițiale pentru pașaportizarea electroforetică a hibrizilor de porumb analizați și a liniilor parentale ale acestora pentru beneficiarii-originatori ai hibrizilor omologați cu scopul de a proteja drepturile de autor;
- 2) A fost creată o nouă versiune a programului de calculator „FOREZ-2”;
- 3) A fost dezvoltat și testat în practică un algoritm de creare a pașapoartelor electroforetice în format digital;
- 4) Au fost elaborate modele de pașapoarte EF pentru care s-a programat prezentarea rezultatelor prelucrării computerizate pe 7 parametri, permițând sporirea exactității și extinderea posibilității de a efectua expres diagnosticarea obiectivă a nivelului de hibriditate a loturilor de semințe hibride de porumb certificat.

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. BATÎRU, G.; G. COMAROVA; A. ADAMCIUC; S. BOUNEGRU; D. COJOCARI et al. (2023). *Catalogul pașapoartelor electroforetice ale formelor parentale și hibrizilor de porumb, omologați în Republica Moldova și destinați pentru export*. Chișinău: Print-Caro, 132 p. ISBN 978-9975-175-96-8.
2. GHEORGHIEV, N. și V. STARODUB (2010). *Studiul semințelor al culturilor de camp*. Chișinău: Print-Caro, 168 p. ISBN 978-9975-4103-1-1.
3. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). (2024). Species and variety testing. In: *International Rules for Seed Testing*, Wallisellen: The International Seed Testing Association (ISTA), pp. 1-40.
4. KOVINCIC, A.; K. MARKOVIC; D. RISTIC; V. BABIC; T. PETROVIC et al. (2023). Efficiency of Biological Typing Methods in Maize Hybrid Genetic Purity Estimation. *Genes*, vol. 14 (6), p. 1195, 2023. DOI 10.3390/genes14061195.
5. MUSTEAȚA, S. (2024). 50 de ani în serviciul ameliorării porumbului și producerii semințelor. In: *Realizări științifice în ameliorarea porumbului și altor culturi cerealiere: Materialele conferinței științifico – practice cu participare internațională - 50 ani de activitate a Institutului de Fitotehnie „Porumbeni”, 11-12 septembrie 2024, Pașcani*. Chișinău: „Print-Caro” SRL, pp. 13-21. ISBN 978-5-85748-029-8.

6. ROTARI, A.; G. COMAROVA și G. GUȚANU. (2003). *Determinarea purității biologice a liniilor consangvinate și a gradului de hibridare la semințele hibrizilor de porumb de prima generație prin metoda de electroforeză a proteinelor*. SM 233-2003, 34 p.
7. SMITH, J. S. C. and J. C. REGISTER. (1998). Genetic purity and testing technologies for seed quality: A company perspective. *Seed Science Research*, vol. 8 (02), pp. 285-294. DOI 10.1017/S0960258500004189.
8. SPIVACENCO, A.; P. BOROZAN și S. MISTREȚ. (2024). Istorie, realizări și perspective ale institutului de fitotehnie «Porumbeni». In: *Realizări științifice în ameliorarea porumbului și altor culturi cerealiere: Materialele conferinței științifico – practice cu participare internațională - 50 ani de activitate a Institutului de Fitotehnie „Porumbeni”, 11-12 septembrie 2024, Pașcani*. Chișinău: „Print-Caro” SRL, pp. 3-12. ISBN 978-5-85748-029-8. Disponibil: [https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag\\_file/3-12\\_9.pdf](https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/3-12_9.pdf)
9. ZHENG, J.; D. WEN; H. ZHAO and C. ZHANG. (2017). Acetic acid urea-polyacrylamide gel electrophoresis : a rapid method for testing the genetic purity of sunflower seeds. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, vol. 09 (1), pp. 41-46. DOI 10.3920/QAS2015.0593.
10. КОМАРОВА, Г.; А. РОТАРЬ и А. АДАМЧУК. (2003). Возможности компьютерного моделирования для паспортизации гибридов кукурузы методом электрофореза. *Simpozion stiintific international „70 ani ai Universitatii Agrare de Stat din Moldova”, Agronomie*. Chisinau, pp. 38-40.
11. КОНАРЕВ, В.; В. СИДОРОВА и Г. ТИМОФЕЕВ. (1987). *Идентификация, анализ и регистрация сортов, линий и гибридов кукурузы посеина методами электрофореза и изоэлектрофокусирования*. Методические указания. Ленинград, 1987.

#### **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 17.07.2024; Accepted 12.10.2024

**Copyright:** © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).