

CZU:633.15:631.527:577.112 (478)

**FOLOSIREA STUDIILOR BIOCHIMICE MOLECULARE ÎN  
AMELIORAREA PORUMBULUI ȘI PRODUCȚIA DE SEMINȚE:  
IMPACTUL CERCETĂRII ÎN PERIOADA 1988-2023**

<sup>1</sup>*Comarova G., Dr, conf. univ.,<sup>1</sup>Rotari A., Dr. Hab.*

<sup>1</sup>*Batiru G., Dr, conf. univ.<sup>2</sup>Rotari E., Dr, conf. cercet.,*

<sup>1</sup>*Universitatea Tehnică a Moldovei, Chisinau, Republica Moldova*

<sup>2</sup>*Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor*

**Rezumat.** Articolul de sinteză descrie dinamica dezvoltării lucrărilor științifice privind studiile biochimice moleculare ale polimorfismului proteinelor de rezervă a porumbului, efectuate în ultimele decenii în Republica Moldova. Dovezile privind eficacitatea introducerii metodelor de genetică biochimică și tehnologiilor informatice în practica agronomică sunt prezentate pe exemplul creării pașapoartelor electroforetice ale hibrizilor de porumb omologați pentru utilizarea lor la nivel național și internațional în scopuri comerciale și extinde posibilitățile de pregătire a studenților de profil agronomic în concordanță cu cerințele moderne ale învățământului superior agricol.

**Cuvinte cheie:** porumb, hibrizi, liniile parentale, producerea semințelor, electroforeza proteinelor, pașapoarte electroforetice.

## Abstract

The review describes the dynamics of the scientific research development on molecular biochemical studies of the storage protein polymorphism of maize, carried out in the last decades in the Moldova Republic. Evidence regarding the effectiveness of the biochemical genetics methods and computer technologies introduction into agronomic practice is present on the example of the maize hybrids electrophoretic passports creation for their use at the national and international levels for commercial purposes and expands the possibilities for students training in accordance with the modern requirements of higher agricultural education.

**Key words:** maize, hybrids, parental lines, seed production, protein electrophoresis, electrophoretic passports.

## Introducere

Republica Moldova produce anual între 1500 și 4000 tone de semințe de porumb pentru export. Începând cu anul 2018, producția acestei culturi s-a stabilizat, prezentând anual în medie 3000 tone de semințe exportate [8]. Cerința principală pentru loturile de semințe primite spre realizare constă în garantarea unui nivel înalt de hibriditate pentru a realiza un potențial optim de producție. Achiziționarea semințelor de porumb este condiționată de eliberarea certificatelor pentru determinarea nivelului de hibriditate a acestora. Dreptul eliberării certificatelor corepunzătoare le aparține doar laboratoarelor analitice acreditate. La rândul său, conform cerințelor actuale, acreditarea laboratoarelor din Republica Moldova se realizează pe baza standardelor moldovenești înregistrate de stat.

La momentul actual în Republica Moldova baza fundamentală pentru certificarea materialului semincer de porumb destinat atât pieței externe, cât și pieței interne este utilizarea standardului național de identificare a hibridității semințelor prin electroforeza proteinelor de rezervă (zeine) de porumb, elaborat și aprobat în anul 2003 – „Standard Moldovean SM 233:2003” [7].

Acest standard este primul standard național al țării noastre, care a fost elaborat pe baza rezultatelor de studii biochimice moleculare ale complexului proteic al semințelor de porumb efectuate în scopuri aplicative a producției de semințe ale acestei culturi în decurs de ultimele decenii în Republica Moldova.

Această lucrare este dedicată unei scurte analize a istoriei creării acestui standard, posibilităților de utilizare practică a acestuia la nivel național și internațional, precum și noilor abordări metodologice care fac posibilă

extinderea eficienței metodei de electroforeză, datorită aprobării elementelor de tehnologii informaționale în procesul de compunere a pașapoartelor electroforetice (EF) ale hibrizilor de porumb omologați de generație nouă.

### **1. Istoricul creării unui standard național pentru determinarea hibridității semințelor de porumb prin metoda EF a proteinelor zeinice (1988 – 2003).**

Autorii standardului destinat pentru determinarea gradului hibridității semințelor folosind metoda de electroforeză a proteinelor de rezervă a porumbului sunt: doctor-habilitat în științe biologice Alexandr Rotari (Institutul de Fitotehnie "Porumbeni" – succesor de drepturi al Institutului pentru Porumb și Sorg din Republica Moldova) și doctor în științe biologice Galina Comarova (Universitatea Tehnică din Moldova, Facultatea de Științe Agricole, Silvicultură și ale Mediului - succesor de drepturi al Universității Agrare de Stat din Moldova, Facultatea de Agronomie). Sub conducerea și participarea nemijlocită a acestora, în anul 1988, la Institutul pentru Porumb și Sorg a fost aprobată metoda de electroforeză a zeinei, propusă de savanți din Ucraina [14] ca metodă unică pentru mai multe republici uniunale ale fostei URSS. Timp de 15 ani (1988-2003), Institutul pentru Porumb și Sorg din Republica Moldova și Universitatea Agrară de Stat din Moldova au efectuat ample teste științifice și de producție, care au demonstrat eficacitatea metodei de electroforeză a zeinei, ca alternativă de succes la metoda de control în câmp – post-control [12]. O descriere detaliată a principalelor etape de testare a metodei electroforezei zeinei, precum și toate perfecționările metodologice (în scopul creării unui standard național) este prezentată într-o serie de publicații științifice ale autorilor vizați și colegilor lor între anii 1990-2004 [15, 6, 9, 13].

În anul 2003, a fost publicat standardul național SM 223-2003, în care, pentru prima dată în condițiile Republicii Moldova, în scopul evaluării purității genetice a materialului semincer de porumb, s-au folosit criteriile la nivel molecular - markeri proteici. Datorită faptului că acest standard permite certificarea obiectivă a calității semințelor hibrizilor comerciali de porumb cu o economie semnificativă de timp, standardul SM 223:2003 a fost utilizat cu succes în producerea de semințe primare și industriale de porumb în țara noastră, precum și pentru certificarea semințelor de hibridi de selecție moldovenească exportate în străinătate [7].

Un exemplu reușit al realizării acestei direcții este faptul că de peste două decenii țara noastră este lider în exportul semințelor de porumb în Republica Belarus. Istoria de succes a unei cooperări bilaterale atât de eficiente și de lungă durată constă în faptul că soluția problemei exportului se-

mințelor de porumb de înaltă calitate asigură îndeplinirea promptă a tuturor cerințelor din partea țării-importator.

## **2. Rolul metodei EF și principiilor modelării computerizate în rezolvarea problemei exportului de semințe a hibrizilor omologați de porumb.**

Pentru a consolida relația reciprocă cu țara importatoare, metoda electroforezei zeinei care se află la baza standardului național SM 233:2003, începând cu anul 2000, a fost introdusă în Laboratorul Central de Calitate a Semințelor al Academiei Agricole de Stat din Belarus. De menționat, că această metodologie a stat la baza dezvoltării standardului național al Belarusului, conform căruia toate semințele de hibrizi de porumb achiziționate de această republică și exportate de producătorii de semințe din Moldova sunt retestate pentru gradul de hibriditate [16].

În anul 2002, Ministerul Agriculturii și Industriei Alimentare, precum și Inspectoratul de Stat pentru Testarea și Protecția Soiurilor de Plante din Republica Belarus, au scos în evidență problema necesității de a furniza matrice de spectre electroforetice ale semințelor de hibrizi de porumb exportati sub formă de pașapoarte electroforetice ale acestor hibrizi și formelor lor parentale (având un certificat care confirmă gradul de hibriditate a lotului de semințe respectiv) . Aceste cerințe au servit drept bază pentru elaborarea în 2003 a unei metodologii vizând stimularea computerizată a spectrelor electroforetice ale hibrizilor și formelor lor parentale [10]. Datorită aplicării metodei de calculare a formulelor spectrelor de zeină ale semințelor de porumb conform standardului intern, a fost creată o bază de date cu matrice de spectre electroforetice ale zeinei din formele parentale ale tuturor hibrizilor comerciali de selecție autohtonă din perioada 1994-1996.

Astfel, loturile de semințe exportate în Belarus puteau fi acceptate spre vânzare doar după depunerea de către producătorii de semințe din Moldova a următoarelor documente:

a) certificat care confirmă gradul de hibriditate a lotului de semințe respectiv, eliberat în baza standardului SM-2003;

b) pașapoarte electroforetice ale semințelor hibrizilor exportati și formelor parentale ale acestora sub formă de matrice digitale.

## **3. Centre de certificare electroforetică și pașaportizare a hibrizilor omologați de porumb din 2003 până în 2019.**

De la elaborarea și testarea standardului național SM 233:2003 în anul 2003, a fost inițiată procedura de acreditare pentru Laboratorul de Biochimie, Fiziologie și Biotehnologie al Institutului de Fitotehnie „Porumbeni”: din

2004 până în 2012. Acest laborator a devenit primul centru juridic pentru eliberarea certificatelor de analiză a nivelului de hibriditate a semințelor de porumb, precum și pentru crearea matricelor de pașapoarte electroforetice (EP) ale semințelor formelor parentale ale hibrizilor destinați pentru export. În paralel cu această lucrare autorii standardului național SM 233:2003 au îndeplinit la Catedra de Ameliorare, Genetica și Biotehnologia culturilor agricole a Universității Agrare din Moldova o instruire anumitor persoane pentru a testa acest standard în Laboratorul Central Fitosanitar” (LCF IP) al Republicii Moldova și efectua certificarea necesară (în conformitate cu standardul specificat) a loturilor de semințe hibride de porumb prezentate pentru analiză (Alexandr Rândunica, Andrei Mihalachi, Nicolae Schițco, Dumitru Cojocari, Grigorii Batîru, Serghei Bounegru, Irina Erhan).

În prezent, Instituția Publică „Laboratorul Central Fitosanitar” al Republicii Moldova este singura instituție care, începând cu anul 2009, are dreptul de a elibera oficial certificate pentru evaluarea gradului de hibriditate a semințelor hibrizilor de porumb moldovenesc, destinate pentru comercializare atât în țara noastră, cât și în străinătate.

În același timp elaborarea inițială și crearea matricelor de pașapoarte electroforetice ale semințelor hibride de porumb și formelor lor parentale în perioada 2002-2019 au fost efectuate în laboratorul acreditat de la sfârșitul anului 2002 - Laboratorul de Biochimie și Fiziologie (Institutul de Fitotehnie "Porumbeni" și succesorul său legal - sectorul de biochimie al Institutului de Fitotehnie „Porumbeni”) în colaborare cu Catedra de ameliorare, genetică și biotehnologie a culturilor agricole (2002-2012) și succesorul acesteia - Catedra de biologie vegetală a Universității Agrare de Stat din Moldova (2012-2019). Anume aceste matrice, aprobate de administrația Institutului de Fitotehnie “Porumbeni”, au garantat promovarea cu succes a loturilor de semințe ale hibrizilor comerciali de porumb omologați, exportate pentru reverificarea lor prin electroforeză în Republica Belarus [16]. De subliniat faptul, că prioritatea creării matricelor de pașapoarte EF și furnizarea acestora către țara importatoare aparține exclusiv părții moldovenești [5]. Spre regret, pentru perioada 2002-2019, această procedură a avut un caracter spontan, crearea matricelor EF fiind realizată doar la solicitare.

În anul 2012, Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală din Moldova (AGEPI) a publicat un catalog de pașapoarte electroforetice ale formelor parentale și hibrizilor de porumb omologați [11], care a fost compilat pe baza materialului de ameliorare inițial, utilizat pentru crearea hibrizilor omologați

de porumb în perioada 1994-2009. Pe parcursul anilor 1995-2010 materialele acestui catalog au fost destinate exclusiv pentru uz administrativ.

#### **4. Dezvoltarea Proiectului de creare a unui catalog de pașapoarte EF pentru hibridi de generație nouă - etapa actuală al utilizării efective a cercetărilor biochimice moleculare și modelării computerizate în ameliorarea porumbului și producția de semințe (2020-2023).**

În perioada 2010-2019, este pusă pe cântar eficiența documentației oficiale și specificul interacțiunii dintre Academia Agricolă de Stat din Belarus, Institutul de Fitotehnie „Porumbeni” și Laboratorul Central Fitosanitar din Moldova. Între timp, au apărut hibridi de porumb de o nouă generație - atât de selecție autohtonă, cât și străină. Iată de ce, în anul 2019, Universitatea Agrară de Stat din Moldova și Institutul de Fitotehnie „Porumbeni” au considerat drept necesară crearea unei baze de date sub forma unui catalog de pașapoarte electroforetice de material semincer de porumb destinat pentru export. Se avea în vedere o publicație în format digital, pe baza standardului național SM-2003, pentru utilizare la nivel internațional. Originalitatea studiului propus a constat în faptul că cercetările biochimice moleculare privind complexul proteic al semințelor hibridilor de porumb omologați și al formelor lor parentale au determinat baza științifică pentru crearea și eliberarea într-un timp scurt a documentației tehnice, cu garanția protecției drepturilor de autor ale beneficiarilor-originatori ai hibridilor de porumb din Republica Moldova [8].

Ideea propusă și argumentele în favoarea acesteia fiind evaluate pozitiv, în ianuarie 2020 a fost aprobat Proiectul “Crearea catalogului de pașapoarte electroforetice ale formelor parentale și hibridilor de porumb omologați în Republica Moldova și destinați pentru export” cu cifrul 20.80009.5107.21, denumit în continuare „Catalog”.

În ultimii patru ani (2020-2023), s-a desfășurat o lucrare intensă asupra metodologiei de creare a elementelor de bază al acestui „Catalog” - pașapoartele electroforetice. Au fost elaborate principiile și metodele de obținere directă a rezultatelor de studiu proteinelor de rezervă a endospermului de porumb, prelucrarea acestora, digitizarea, modelarea pașapoartelor EF corespunzătoare, precum și interpretarea acestora [1,2].

O abordare sistematică a creării unui algoritm pentru obținerea pașapoartelor EF în format digital, elaborarea recomandărilor pentru interpretarea acestora, a permis autorilor să introducă un set de parametri cantitativi noi, care extind gama de posibilități de interpretare a datelor obținute, nu doar pentru procesul de certificare a loturilor de semințe evaluate, dar și

pentru efectuarea discuțiilor mai detaliate a rezultatelor obținute în vederea aprofundării analizei științifice a materialului studiat [4].

Crearea „Catalogului”, ca un produs final al activității intelectuale a Proiectului, a prevăzut publicarea în acesta a 65 de pașapoarte EF a hibrizilor de porumb de nouă generație, zonați în Republica Moldova, România, Belarus, Kazahstan și exportate în străinătate. Pașapoartele acestor hibridi au fost sintetizate pe baza a 108 matrici electroforetice ale liniilor parentale conform principiului codominanței. Publicarea „Catalogului” în decembrie 2023 a fost realizată cu scopul de a oferi documentație oficială sistematizată a materialului semințelor hibrizilor de porumb de nouă generație pentru utilizarea legală și comercială a acestuia pentru export. [3].

Gama de utilizări acestui catalog este cele mai diverse și este intenționat:

- a) pentru beneficiarii-originatori ai hibrizilor exportati din Republica Moldova - posibilitatea obținerii unei garanții stabile de protecție a drepturilor de autor pentru acești hibridi;

- b) pentru întreprinderile producătoare de semințe ale hibrizilor de porumb omologați - posibilitatea de a reduce timpul și de a îmbunătăți calitatea certificării în LCF IP a materialului semincer destinat exportului;

- c) pentru centrele de certificare ale țărilor importatoare (cu transferul oficial a catalogului înregistrat din Republica Moldova) - posibilitatea de a accelera semnificativ reverificarea gradului de hibriditate a loturilor de semințe de porumb exportate din țara noastră, ceea ce simplifică procesul de vânzare a acestora;

- d) pentru cadrele didactice din instituțiile de învățământ superior, studenților, masteranzilor, doctoranzilor, specialiștilor de profil agronomic.

Potrivit autorilor, crearea, pe baza unui studiu biochimic molecular al complexului proteic al semințelor de porumb, a unui document legal oficial (în format digital) - un Catalog de pașapoarte EF ale hibrizilor de porumb autohtoni și formele lor parentale - este de natură economică. Valoarea în rezolvarea problemelor de creștere a competitivității materialului sămânță de porumb selecția moldovenească.

Fără îndoială, editarea catalogului ar fi fost posibilă limitându-se doar cu prezentarea unui set de pașapoarte EF de linii parentale și hibridi de porumb omologați de generație nouă. Avându-se însă în vedere gama largă de specialiști cărora le este adresată lucrarea, autorii au considerat necesară și reflectarea procesului de pregătire a acestor pașapoarte în mai multe etape, pentru a înlesni interpretarea lor atât în procesul aplicativ, cât și în cel de cercetare. De aceea, catalogul conține două compartimente.

Prima parte prezintă informații cu privire la:

- 1) principiile de selectare a hibridilor omologați și a formelor lor parentale de porumb pentru pașaportizarea electroforetică;
- 2) metodica pregătirii unei probe medii de "șrot" pentru analiza electroforetică;
- 3) utilizarea metodei de electroforeză pentru realizarea unui studiu biochimic molecular al complexului de zeină a endospermului de porumb la nivelul actual;
- 4) principiile creării formulelor pentru spectrele EF ale zeinei în format digital;
- 5) programa FOREZ-2 și utilizarea algoritmului pentru crearea pașapoartelor EF ale hibridilor de porumb;
- 6) noi abordări în modelarea EF a pașapoartelor hibridilor de porumb, a liniilor parentale ale acestora și specificul interpretării pașapoartelor EF elaborate.

Cea de a doua parte a lucrării prezintă 65 de pașapoarte EF, întocmite pe baza a 108 matrice electroforetice de linii parentale sintetizate pe baza acestora, conform principiului codominanței, și hibridi de porumb autohoni de diferite grupe de maturitate (FAO 100-499).

În perspectivă, după opinia autorilor, un complex a pașapoartelor electroforetice de 108 linii de porumb create în procesul de pregătire a Catalogului pot fi considerat ca o bază de informații importantă pentru continuarea logică a Proiectului 20.80009.5107.21 în noile programe instituționale de modelare digitală a unei colecții de linii parentale de porumb la nivel de molecule proteice, ceea ce presupune continuarea cooperării științifice a Centrului Național de Cercetare și Producere a Semințelor (succesor al Institutului de Fitotehnie „Porumbeni”) și a Facultății de Științe Agricole, Silvicultură și Mediul Universității Tehnice din Moldova (succesor al Universității Agrare de Stat din Moldova).

### **Concluzii**

Astfel, dinamica prezentată a dezvoltării lucrărilor științifice privind studiile biochimice moleculare ale polimorfismului proteinelor de rezervă a porumbului, efectuate în ultimele decenii în țara noastră, mărturisește eficiența utilizării rezultatelor acestora în realizarea scopurilor practice ale ameliorării moderne a porumbului și producției de semințe a acestei culturii. Crearea unui catalog de pașapoarte EF a hibridilor de porumb omologați de generație nouă (pentru utilizarea lor la nivel național și internațional) este o dovadă serioasă a eficacității introducerii în practica agronomică a metodelor moderne de genetică biochimică și tehnologii informatice, ce extinde posibilitățile de

pregătire a studenților de profil agronomic în conformitate cu cerințele moderne ale învățământului superior agricol din Republica Moldova.

### Referințe bibliografice

1. ADAMCIUC A., BATIRU GR., COMAROVA G., BOUNEGRU S., ROTARI E. Algorithm for creating electrophoretic passports of maize hybrids. In: Materials of Scientific International Symposium “Advanced Biotechnologies - Achievements and Prospects”. Chisinau, Republic of Moldova, 2022, pp.7-9.
2. BATIRU G., COMAROVA G., ADAMCIUC A., BOUNEGRU S., ROTARI A. The model for creating electrophoretic passports of storage proteins in maize. In: Mater.of Intern.Scient.Conf. «125th birth anniversary of *BORIS P. SOKOLOV*». Dnipro, Ukraine, September 2022, pp. 65-67
3. BATÎRU G., COMAROVA G., BOUNEGRU S., ADAMCIUC A., COJOCARI D., ROTARI E. Specificul polimorfismului zeinei endospermului la hibridii autohtoni de porumb din diferite grupe de maturitate. In: Mater.ale confer. „Știința în nordul Republicii Moldova” (ed. 7), BĂLȚI, 2023, pp.250-256.
4. BATÎRU, G., COMAROVA, G., ADAMCIUC, A., BOUNEGRU, S., COJOCARI, D., ROTARI, E. Catalogul pașapoartelor electroforetice ale formelor parentale și hibridilor de porumb, omologați în Republica Moldova și destinați pentru export. Red.Șt.: Alexandr Rotari. Universitatea Tehnică din Moldova. Facultatea Științe Agricole, Silvicultură și ale Mediului, Chișinău: Centrul Ed. PRINT CARO, 2023. 132 p. ISBN 978-9975-175-96-8.
5. COMAROVA G., ROTARI A., ROTARI E. The new way of evaluating the protein polymorphism for Maize breeding and seed production. Conf. Intern.a UȘAMV din București „Agricultura pentru viață, viață pentru agricultură” .Sc.Papers. Ser.A. Agronomy, Vol. LIX, 2016, p.257-260.ISSN 2285-5785; ISSN CD-ROM 2285-5793.
6. MANOLII V.,COMAROV G.,PALII A.,TOKAYANAGI K. et al.. The comparative study of gene opaque-2 dose effect expression on crop productivity, quality and protein polymorphism at maize lines and hybrids. In: Fellowsh. Report. Matsumae - Japan, 1997, p.219-233.
7. ROTARI A., COMAROVA G., GUȚANU GH. Standard Moldovean (SM 233-2003). Seminte de porumb. Determinarea purității biologice a liniilor consangvinizate și a gradului de hibridare la semințele hibridilor de porumb de prima generație prin metoda de electroforeză a proteinelor. Depart. “Moldova-Standard”, 2003, 34p.
8. БАТЫРУ Г.К., КОМАРОВА Г.Е., РОТАРЬ А.И. Молекулярно-биохимический инструментарий как основа создания каталога ЭФ-матриц родительских форм и гибридов кукурузы молдавской селекции. В сборнике материалов IV Международной научной конференции «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы» (к 55-летию основания Института генетики и цитологии НАН Беларуси). Минск. Ноябрь 2020. Стр.35.
9. КОМАРОВА Г.Е. Полиморфизм белков в селекционно-генетических исследованиях кукурузы. // Lucrări Științ Vol.6 “Agronomia”. UASM. Chișinău, 1998, p. 14-22.

10. КОМАРОВА ГАЛИНА, РОТАРЬ А., АДАМЧУК А. Возможности компьютерного моделирования для паспортизации гибридов кукурузы методом электрофореза // Simpozion Științific Internațional “70 ani ai Universității Agrare de Stat din Moldova”, Agronomie, Chișinău, 2003, p. 38-40.
11. КОМАРОВА Г.Е., РОТАРЬ А.И., РОТАРЬ Е.А. Каталог электрофоретических паспортов родительских форм и гибридов кукурузы. Registrat la Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală a R.Moldova (AGPI) CERTIFICAT de înregistrare a obiectelor dreptului de autor și drepturilor conexe. Seria OȘ Nr. 3370 din 08.05.2012., Chișinău, 47 pag.
12. МИКУ В.Е., КОМАРОВА Г.Е., РОТАРЬ А.И., ГАРБУР И.В. Апликаря методей електрофорезей зеиней пентру контролул калитэции сеинцелор де порумб // Булетин информатив, N12. МолдНИИНТИ, Кишинев, 1990, 9 паж.
13. МИКУ В.Е., РОТАРЬ А.И., КОМАРОВА Г.Е. Возможности использования метода электрофореза зеина в селекции и семеноводстве кукурузы // Сб. научн. трудов – 90 лет КНИИСХ “Эволюция научных технологий в растениеводстве”. Том 2. Тритикале. Сортоизучение и семеноводство. Ячмень. Кукуруза. Краснодар 2004, с.288-295.
14. ПОПЕРЕЛЯ Ф.А., АСЫКА Ю.А. Методические указания по электрофорезу зеина кукурузы для определения процента гибридности семян F<sub>1</sub>. Москва.1988.12 стр.
15. РОТАРЬ А.И., КОМАРОВА Г.Е. Электрофорез контролирует качество семян // Ж.: " Кукуруза и сорго”, N 4. Москва, 1990, с. 25-26/
16. РОТАРЬ А., МИКУ В., ПЕТРОВА Н., КОМАРОВА Г. Сопоставимость и эффективность электрофоретических методов, используемых в Республике Молдова и Республике Беларусь для сертификации гибридных семян кукурузы. Probleme actuale ale geneticii, fiziologiei și ameliorării plantelor. Chișinău, Î.S.F.E.-P.2008, p.443 – 447.