

STUDIUL ȘI UTILIZAREA VARIABILITĂȚII GENETICE ÎN AMELIORAREA CALITĂȚII BOBULUI LA SPECIA *ZEA MAYS L.*

Membrii corespondenți ai A.Ș.M.

Andrei PALII,

Universitatea Agrară de Stat din Moldova

STUDYING AND USING OF GENETICS VARIABILITY IN BREEDING CORN (*ZEA MAYS L.*) FOR IMPROVED QUALITY OF KERNELS

Results of more than 40 years efforts for increasing protein content and its quality in kernels of maize are summarized. Five new high lysine stocks containing gene o_2 and two genotypes – gene fl_2 were identified. In our studies we have found the complementary gene cf_2 (complementary fl_2) in some lines which alters the expression of gene fl_2 . Under the influence of cf_2 in the presence of one allele fl_2 we can see a considerable increase of methionine content (by 20-25%) and an increase of lysine content (by 10-15%).

Nutritive value of corn kernels can be improved to a significant degree by using the biochemical effect of opaque-2 endosperm mutation. Results of studies of the possibilities of improving of opaque-2 endosperm physical texture by the obtaining of double recessives o_2su_2 , o_2wx_1 and selection of o_2 - forms with modified endosperm showed that, the latest direction is more preferable. Use of the opaque-2 mutation in breeding of maize has shown the possibility to develop high lysine hybrids similar in yield as normal.

Introducere

În condițiile exploziei demografice din a doua jumătate a secolului XX, devine tot mai acut deficitul global în alimentația umană concomitent cu extinderea subnutriției pe areale în creștere continuă. Dată fiind contribuția hotărâtoare a cerealelor în asigurarea hranei, omenirea și-a îndreptat atenția în mai mare măsură asupra câtorva culturi: grâu, orez și porumb. În această ordine de idei, importanța porumbului în alimentația umană, ca furaj în zootehnie și ca materie primă în industrie, este incontestabilă.

Datorită particularităților sale biologice (alogaemie – caracteristică pentru speciile de plante mono-

ice, coeficientul înalt de reproducție a semințelor, numărul redus de cromozomi care reprezintă doar 10 grupe de linkaj etc.), la începutul secolului XX porumbul devine un obiect clasic al studiilor de genetică. În același timp, au fost obținute și succese remarcabile în ameliorarea porumbului. Grație folosirii fenomenelor de heterozis și androsterilitate nucleocitoplasmică a devenit posibilă obținerea unor hibridi de porumb cu un înalt potențial genetic, ce asigură o recoltă de peste **150 – 200 q/ha**.

Concomitent cu ameliorarea capacității de producție a porumbului o atenție deosebită se acordă și îmbunătățirii calității bobului. Valoarea medie a compoziției chimice a boabelor de porumb este următoarea: proteine 10,05%, grăsimi 4,67%, glucide 68,17% și cenușă 1,45%. După cum se știe, compoziția chimică a boabelor de porumb în mare măsură depinde de factorii genetici (grupa botanică, soi, linie, hibrid) și de condițiile mediului de cultivare.

În cercetările noastre drept **direcție strategică de cercetare** a fost luată *variabilitatea genetică a speciei *Zea mays L.* și posibilitățile de utilizare a ei în ameliorarea calității bobului*.

Printre premisele de bază, care ne-au determinat să alegem această direcție de cercetare, au servit:

- realizările remarcabile ale cercetătorilor de la Stațiunea experimentală din Illinois (SUA) care, după circa 70 de generații de selecție din soiul inițial *Burr White* cu un conținut inițial de 10% proteine în bob, au obținut forme cu un conținut de proteine cuprins între 4,4 și 26,6% (1);

- primele succese înregistrate în cercetările efectuate în condițiile Republicii Moldova de către A. Kovarskii și B. Pucalov (1961), care prin metoda selecției individuale au reușit să majoreze conținutul de proteină în bob cu 3-4% la soiurile locale de porumb *Portocaliu* și *Moldovenesc Oranj* (2);

- descoperirea efectului biochimic al genelor recesive *opaque-2* (o_2) și *floury-2* (fl_2), care în stare homozigotă determină consistența făinoasă a endospermului și modifică compoziția chimică a acestuia, determinând un conținut sporit de lizină și triptofan în proteina din bob (3, 4).

Obiectivele de bază ale cercetărilor rezidă în studiul variabilității genetice al speciei *Zea mays L.*, crearea materialului inițial pentru ameliorare și obținerea în baza acestuia a unor hibridi speciali de porumb cu un conținut sporit de lizină în proteină, conținut de proteine, amilopectină în bob etc.

În lucrarea de față ne-am propus o analiză succintă a rezultatelor obținute ca urmare a cercetărilor efectuate pe parcursul a 40 de ani, privind *utilizarea efectului biochimic al unor mutații ale endospermului în procesul de ameliorare a calității bobului de porumb*. Cercetările au fost inițiate sub conducerea

academicianului AȘM A. Kovarskii și efectuate în cadrul Secției de Genetică a plantelor a AȘM (1968 – 1973), Institutului de Cercetări Științifice pentru Porumb și Sorg (1974 – 1975) și Universității Agricole de Stat din Moldova (1976 – până în prezent).

Materialul și metoda de cercetare

În calitate de material biologic inițial am utilizat diverse linii consangvinizate, soiuri-populații, surse genetice ale mutațiilor structurii endospermului (o_2 , fl_2 , su_1 , su_2 , wx_1 , ae , etc.), donori ai conținutului înalt de proteine în bob (Illinois High Protein) și alte surse primite din colecția mondială a Institutului Unional de Fitotehnie „N. Vavilov” din St. Petersburg.

Transferarea genelor mutante în scopul obținerii liniilor – analoage s-a realizat prin metoda *back-cross* timp de 5-6 generații succesive. Liniile consangvinizate, bogate în proteină, lizină și amilopectină au fost obținute prin autopolenizare și selecție individuală repetată.

Principalele caracteristici studiate au fost cele privind proprietățile fizice ale structurii endospermului, capacitatea de producție, exprimată în q/h boabe cu 14% umiditate, perioada de vegetație, conținutul de proteine și lizină, amidon și amilopectină în boabe.

Materialul pentru analizele biochimice a fost obținut prin reproducerea controlată sub izolatoare. Conținutul de proteine a fost determinat prin metoda micro-Kjeldahl și transformarea azotului total în proteină prin înmulțirea cu coeficientul 6,25. Conținutul de lizină și al altor aminoacizi a fost determinat la amino-analizatoarele de tipul 6020A și HD – 1200.

Prelucrarea datelor principale obținute în experiențe s-a efectuat prin analiza varianțelor. Rezultatele segregării în F_2 au fost apreciate prin testul χ^2 .

Rezultatele cercetărilor și discuții

Crearea materialului inițial pentru ameliorarea porumbului la calitatea bobului.

Începând cu anul 1968 și până în prezent, **a fost creată o colecție de circa 460 linii analoage**, în genotipul cărora au fost încorporate diverse gene (o_2 , fl_2 , su_1 , su_2 , wx_1 , ae , etc.) ce determină structura fizică a endospermului și modificări în complexul glucido-proteic. Această colecție se folosește pe larg în programele de genetică și ameliorare a porumbului la calitatea bobului, atât la noi în țară, cât și după hotare.

Pentru asigurarea unei diversități genetice mai mari, în procesul de ameliorare, în paralel cu crearea materialului inițial nou, utilizând la început surse genetice de proveniență americană, am efectuat

un studiu detaliat al resurselor genetice colecționate de către acad. A. Kovarskii și colaboratorii săi în anii 1945-1949, în condițiile Republicii Moldova. În urma studierii a 678 probe, în cercetările noastre realizate în colaborare cu T. Cialic și V. Micu *au fost depistate 5 surse genetice noi care determină un conținut ridicat de lizină, ce posedă mutația opaque-2 și două surse - mutația floury-2* (5).

În procesul de creare a liniilor-analoage, *pe baza mutației fl_2 , am descoperit o genă nouă, pe care am numit-o cfl_2 (complementary floury-2* (6). Luând în considerație natura triploidă a endospermului, am constatat că prezența în genotipul endospermului a două alele cfl_2 și doar a unei alele fl_2 condiționează aspectul *opaque* al bobului. Concomitent am constatat că gena cfl_2 în prezența unei alele fl_2 contribuie la majorarea conținutului de metionină (20-25%) și lizină (10-15%) în boabe, comparativ cu formele porumbului comun (7).

Ameliorarea conținutului de lizină în proteinele din endosperm

Problema ameliorării conținutului de proteine în bob a fost și rămâne în centrul atenției multor cercetători. În urma investigațiilor biochimice s-a constatat că, de regulă, ponderea proteinelor în bobul de porumb este de 80% în endosperm, 17% în embrion și 3% în părțile periferice ale bobului. Dintre proteine, *prolaminele* (zeina-fracție alcool-solubilă este foarte săracă în unii aminoacizi esențiali cum ar fi lizina și triptofanul) reprezintă cea mai mare parte (29,9%), fiind urmată de *gluteline* (27,9%), *albumine* (27,1%) și *globuline* (15,7%).

Folosirea metodelor tradiționale de ameliorare (selecție, hibridare interspecifică, poliploidie, mutagenză indusă) a contribuit la obținerea unor forme de porumb cu un conținut foarte bogat de proteine (18-28%). Numeroase cercetări au arătat însă că, odată cu sporirea conținutului substanțelor proteice în endosperm, crește respectiv și conținutul de zeină.

Lucrările de ameliorare a calității proteinelor din porumb au luat o amploare mare în urma descoperirii efectului biochimic al genelor mutante recesive *opaque-2* (o_2) și *floury-2* (fl_2). Aceste gene în stare homozigotă controlează structura făinoasă a endospermului și condiționează concomitent o acumulare sporită de lizină și triptofan în proteina din bob (3,4).

Deja în primii ani de cercetări ale formelor noi de porumb create pe baza acestor gene, în diverse instituții au fost obținute rezultate practice valoroase. În urma folosirii boabelor de porumb mutant în

nutriția animalelor a fost relevată o creștere considerabilă în greutate la diverse specii de animale monogastrice (șoareci, iepuri, păsări, porcine) și o reducere esențială în consumul de nutrețuri. (8,9,10).

Sub aspectul aprecierii valorii biologice a porumbului *opaque-2* și *floury-2*, au fost realizate experiențe cu folosirea produselor obținute din aceste forme noi și în alimentația oamenilor. Astfel, o influență pozitivă a formelor noi de porumb a fost relevată și în cazul consumului în alimentație a produselor din boabele mutante la bolnavii după intervențiile chirurgicale (11). Și în cercetările noastre, îndeplinite în colaborare cu doctorul în științe V. Kovarskii, a fost demonstrată o valoare biologică superioară a formelor *opaque-2* în experiențele de nutriție a șoarecilor albi (rasa Vistar) și a porcinelor, în condițiile de producere (12).

La etapa inițială de cercetare a posibilității de utilizare a acțiunii mutațiilor o_2 și fl_2 în procesul de ameliorare a porumbului la calitatea bobului, în colaborare cu T. Cialic, am purces la crearea unei colecții de linii-analoage, în genotipul cărora au fost incluse genele o_2 și fl_2 . În vederea accelerării procesului de obținere a materialului inițial lucrările le-am efectuat în condițiile de câmp și de seră, ceea ce ne-a permis executarea a două *back-crossuri* succesive pe an.

În baza analogilor mutanți a fost creată o serie de hibridi o_2 și fl_2 care au fost studiați în comparație cu hibridii cu endospermul obișnuit. În aceste experiențe a fost pus în evidență determinismul genetic și efectul pozitiv al acestor mutații, demonstrând, în mod convingător, posibilitățile creării unor hibridi cu o capacitate de producție relativ mare și cu un spor de lizină de circa 50 – 80% față de hibridii cu endospermul obișnuit. Unul dintre acești hibridi, **Moldovenesc 423 L**, a fost omologat în 1980 în Republica Moldova.

Ameliorarea cantității și calității proteinelor în bob

Deja în primele cercetări ce țin de folosirea efectului biochimic al mutației o_2 în procesul de ameliorare a porumbului la calitatea bobului, s-a demonstrat că acțiunea acestei gene se manifestă și în genotipurile ce condiționează o cantitate sporită de proteine în bob (13). Conform opiniei mai multor cercetători, obținerea hibridilor o_2 cu conținut înalt de proteine (14-15%) va contribui la micșorarea deficitului de proteine vegetale și la transformarea porumbului de acest tip în monofuraj pentru diferite specii de animale. În această ordine de idei, în anul 1971 în cercetările noastre a fost inițiat un program

de creare a liniilor consangvinizate o_2 bogate în proteină și de sinteză pe baza lor a hibridilor cu un conținut sporit de proteine și lizină în boabe.

Prin hibridarea formelor o_2 (autohtone și străine) cu populația IHP (Illionis High Protein) ce posedă un conținut de proteine în boabe de circa 25 – 28% sau cu unele linii autohtone ce conțin 16 – 18% proteine, în urma consangvinizării și selecției individuale repetate au fost create linii o_2 ce conțin în boabe cca. 18 – 24% proteine.

În urma evaluării capacității de combinare a acestor linii, au fost creați și evidențiați unii hibridi care îmbină în genotipul său un potențial ridicat al producției cu un conținut sporit de proteină și lizină în boabe. Unul dintre acești hibridi - **Chișinău 307 LP**, a fost omologat în Republica Moldova în anul 1995.

Lipsa de semnificație a corelațiilor între producția de boabe și conținutul de proteină ($r = 0,09-0,29$), conținutul de lizină și proteină ($r = 0,22-0,36$), constatată la unii hibridi o_2 bogați în proteină, ne determină să continuăm cercetările în vederea perfecționării și utilizării unor metode adecvate pentru ameliorarea simultană a producției de boabe și a conținutului de proteină bogată în acizi esențiali (14).

Trebuie să menționăm că cercetările noastre de genetică și ameliorare a porumbului la calitatea bobului au fost efectuate permanent în colaborare cu specialiștii din biochimia vegetală (S. Pașcari, Natalia Ogușova, A. Rotaru, I. Chirotoacă, Galina Comarov și alții).

Ameliorarea proprietăților fizice ale endospermului laporumbul opaque-2

Actualmente, dintre genele structurii endospermului, care determină un conținut sporit de lizină în proteine, o folosire mai largă în procesul de ameliorare a calității porumbului îi revine mutației *opaque-2*.

Deși succesele obținute prin utilizarea acțiunii acestei gene sunt destul de importante, totuși noul tip de porumb se aplică lent în producție. Acest fapt se datorează manifestării unor caracteristici nefavorabile la porumbul *opaque-2*, în comparație cu porumbul comun. Defectele observate sunt, în mare măsură, legate de consistența făinoasă a endospermului o_2 , reducerea capacității de producție, pierderea mai lentă a umidității din bob la maturitate, rezistența scăzută la atacul unor agenți patogeni etc. Însă aceste neajunsuri, după cum a fost demonstrat în experiențele ulterioare, pot fi evitate în urma ameliorării proprietăților fizice ale endospermului o_2 prin diverse metode genetice.

Selecția formelor de porumb pentru genele mo-

dificatoare ale fenotipului făinos constituie unul dintre principalele aspecte ale cercetărilor noastre în direcția ameliorării proprietăților fizice ale endospermului *opaque-2*.

În procesul de creare a liniilor-analoage o_2 am observat că la autopolenizarea plantelor heterozigote pentru gena o_2 , pe unul și același știulete, alături de boabe cu endospermul tipic (cornos sau făinos) la unele genotipuri apare o clasă fenotipică intermediară – *boabe cu endospermul mozaicat, semisticulos*.

În urma selecției formelor de porumb după acest caracter, au fost obținute linii o_2 cu endospermul modificat ce se apropie, după densitate, de cel al porumbului comun (15). Deși moștenirea fenotipului modificat al endospermului la hibridi are un caracter destul de complicat (instabil), totuși am reușit să punem în evidență unele combinații hibride înalt productive cu endospermul o_2 modificat, aproape sticulos, care după conținutul de lizină, practic, nu cedează formelor o_2 cu structura făinoasă a bobului. Unul din astfel de hibridi, cu endospermul o_2 modificat – **Chișinău 401L** – a fost omologat în anul 2001 pentru toate zonele pedoclimaterice din republică.

O altă direcție de cercetare în vederea ameliorării structurii fizice a endospermului o_2 a fost bazată pe folosirea interacțiunii dintre gena o_2 și gena su_2 . În cercetările noastre a fost elaborată o metodă originală de obținere a formelor dublu recesive, care a permis crearea mai rapidă a unei colecții de linii ce conțin în genotipul lor recesiva dublă o_2su_2 .

Drept rezultat al interacțiunii genelor o_2 și su_2 , fiind incluse în același genotip, s-a restabilit fenotipul sticulos al endospermului, păstrându-se în același timp efectul biochimic specific pentru mutația o_2 . Boabele formelor o_2su_2 , comparativ cu cele ale formelor o_2 , au o densitate mai mare și practic nu diferă după această caracteristică de formele normale. Aceasta se datorează **acțiunii epistatice** a genei su_2 , care se manifestă fenotipic suprimând acțiunea genei o_2 .

Din păcate, concomitent cu ameliorarea consistenței și densității endospermului la hibridii o_2su_2 , am constatat o atenuare a heterozisului față de omologiei cu endospermul normal. Reducerea producției de boabe la hibridii o_2su_2 , în mare măsură, este condiționată de micșorarea masei și volumului boabelor.

Nivelul producției de boabe este determinat nemijlocit de genotipul combinației hibride. Astfel, au fost evidențiați unii hibridi o_2su_2 care nu se deosebesc semnificativ de omologiei cu endospermul obișnuit. După conținutul de lizină din bob, hibridii o_2su_2 nu se deosebesc de analogii o_2 , fiind în unele

cazuri superiori. La formele o_2su_2 s-a observat și unele modificări pozitive în componența aminoacizilor, mai ales în ce privește micșorarea conținutului de leucină și al acidului glutamic. La genotipurile o_2su_2 , comparativ cu cele o_2 și normale, s-a relevat și o tendință de majorare a conținutului de proteine din bob (17).

Considerăm că pentru obținerea unor hibridi productivi de tipul o_2su_2 este necesară extinderea lucrărilor în vederea creării materialului inițial, lărgind în acest scop și amplitudinea variabilității genetice. Am ajuns, de asemenea, la concluzia că gena su_2 , care determină o consistență sticloasă a endospermului și un conținut relativ sporit de lizină, poate fi folosită în ameliorarea calității bobului atât singură, cât și în combinație cu alte gene ale structurii endospermului.

În linii generale, se impune precizarea că, deși efectul biochimic al mutației *opaque-2* a fost descoperit acum 45 de ani, noul tip de porumb obținut pe baza acestei mutații își croiește drum în producție doar ultimul timp. Astfel, dacă în anul 2000 hibridii de porumb cu un conținut sporit de lizină în plan mondial ocupau 1,038 mln hectare, apoi deja în 2003 suprafața ocupată atinge cifra de 3,495 mln ha. Actualmente, porumbul *opaque-2* ocupă suprafețe considerabile în Mexic, China, El Salvador, Venezuela, Guatemala etc. (<http://www.cimmyt.cgiar.org/>)

Folosirea acțiunii genei wx_1 (wx_1) în ameliorarea calității bobului la porumb

Gena recesivă wx_1 , care în stare homozigotă determină structura „ceroasă” a endospermului, este una din variațiile genetice folosite, mai frecvent, în cercetările de genetică și ameliorare a porumbului. Efectul biochimic al acestei gene se manifestă prin majorarea conținutului fracției de amilopectină din amidonul endospermului, practic, până la 100% și reducerea la minim a conținutului amilozei din amidon.

În cercetările noastre am încercat să folosim acțiunea mutației wx_1 în două aspecte:

- ameliorarea structurii fizice a endospermului la formele de porumb *opaque-2*;
- folosirea nemijlocită a efectului biochimic al genei wx_1 în scopul creării unor hibridi de porumb cu un conținut înalt de amilopectină în bob.

În vederea ameliorării proprietăților fizice ale endospermului *opaque-2* a fost creată o serie de linii – analoage o_2wx_1 . Endospermul formelor dublu recesive o_2wx_1 fenotipic diferă puțin de endospermul condiționat de genele o_2 și wx_1 , fiind intermediar,

opac-ceros. Boabele formelor o_2wx au o densitate egală cu cea a formelor de porumb comun, fiind însă inferioare în ceea ce privește masa lor.

Cercetările efectuate au demonstrat că hibridii o_2wx_1 au producție de boabe mai scăzută în comparație cu omologii normali sau cei mutanți, creați pe baza uneia din genele de structură a endospermului (o_2 sau wx_1). Am constatat că producția de boabe a hibridilor o_2wx_1 depinde, în mare măsură, de genotipul combinației hibride. Nu s-au observat diferențe în privința conținutului de proteină, ulei și amidon din bob, între hibridii o_2wx și analogii lor mutanți și normali (18).

A fost pus în evidență faptul că în urma interacțiunii genelor o_2 și wx_1 se păstrează efectul biochimic specific pentru fiecare genă în parte. Așa cum era de așteptat, boabele hibridilor o_2wx_1 și wx_1 față de omologii o_2 și normali se deosebesc printr-un conținut sporit de amilopectină în amidon, care se apropie de 100%. S-a stabilit că boabele hibridilor o_2wx_1 , în comparație cu boabele hibridilor o_2 , wx_1 și normali, se deosebesc printr-o valoare nutritivă superioară, având un coeficient sporit de utilizare a proteinelor în nutriția animalelor (19).

Ținând cont de importanța porumbului amilopectinic pentru industria alimentară, farmaceutică și ca furaj în zootehnie, în paralel cu studiul formelor dublu-recesive o_2wx_1 , în cadrul unui program special a fost creată o colecție de linii-analoage și linii consangvinizate noi, în genotipul cărora a fost încorporată gena wx_1 , în scopul sintezei unor hibridi de porumb cu un conținut sporit de amilopectină în bob.

S-a constatat că atât liniile, cât și hibridii obținuți pe baza acestei mutații, se deosebesc printr-un conținut maxim de amilopectină în amidonul din endosperm (circa 100%), față de formele obișnuite care conțin în amidonul endospermului aproximativ 75% amilopectină și 25% amiloză. Hibridii cu endospermul ceros sunt inferiori celor cu endospermul normal după volumul și masa a 1000 boabe și respectiv după recolta de boabe la un hectar. Cu toate acestea, în procesul de testare a combinațiilor hibride au fost evidențiați unii hibridi wx_1 cu o înaltă capacitate de producție. Astfel, hibridii **Chișinău 297** wx_1 și **Chișinău 333** wx_1 au fost omologați în Republica Moldova respectiv, în anii 2000 și 2007.

Expresia genelor structurii endospermului de porumb la nivelul moleculelor proteice și în embriocultură

În cercetările noastre din ultimii ani, efectuate în colaborare cu Galina Comarov, A. Rotaru, D. Zgardan, pentru soluționarea unor astfel de probleme ca

accelerarea și corectarea procesului de ameliorare a calității porumbului, se acordă o atenție deosebită aplicării și perfecționării unor metode netradiționale, printre care menționăm:

- metoda marcării purității genetice a liniilor și aprecierea nivelului de hibridare a semințelor hibride de porumb F_1 cu ajutorul moleculelor proteice;
- obținerea unor forme genetice noi de porumb prin variabilitatea somaclonală.

În legătură cu aceasta, a fost necesar să dispunem de o informație mai detaliată și sistematică privind acțiunea genelor structurii endospermului o_2 , su_2 , wx_1 – la nivelul moleculelor proteice și în cultura *in vitro*.

În această ordine de idei, pentru prima dată a fost efectuat, în aspect comparativ, un studiu sistematic al acțiunii genelor o_2 , su_2 și wx_1 asupra: a) polimorfismului complexului zeinic al endospermului; b) conținutului de aminoacizi liberi în embrionii imaturi de porumb în momentul inoculării acestora în cultura *in vitro*; c) parametrilor morfogenezei la etapele inițiale în embriocultura porumbului (20).

Au fost puse în evidență posibilitățile metodologice ale markerilor proteici în identificarea efectului direct și pleotropnic al genelor o_2 , su_2 și wx_1 , al dozelor acestor gene, precum și în depistarea rolului genomului formei materne în expresia genelor respective la combinațiile hibride de porumb.

Concluzii

- Specia *Zea mays L.* cuprinde o imensă diversitate genetică care oferă mari posibilități de a depista valoroase surse genetice și noi combinații de gene pentru ameliorarea calității bobului.
- Prin folosirea efectului biochimic al mutațiilor o_2 , su_2 , wx_1 valoarea nutritivă a bobului de porumb poate fi considerabil îmbunătățită.
- Crearea hibridilor o_2 bogăți în lizină și proteină și cu o producție de boabe similară cu cea a hibridilor de porumb comun este o realitate.
- Unele caractere nedorite, moștenite de hibridii o_2 , fiind condiționate de structura făinoasă a endospermului, pot fi înlăturate prin selecția pentru genele modificatoare ale consistenței făinoase sau prin folosirea interacțiunii genelor, la nivelul recesivelor duble $o_2 su_2$, $o_2 wx_1$ și altele.
- Gena *waxy₁*, care determină un conținut maxim de amilopectină în amidon, poate fi folosită în ameliorarea calității bobului atât singură, cât și în combinație cu alte gene ale structurii endospermului.

Bibliografie

1. Dudley J.W., Lambert R.J. Genetic variability after 65 generations of selection in Illinois high oil, low oil, high protein and low protein grains of *Zea mays* L. – *Crop. Sci.*, 1969, 9, 2, p.179-181.

2. Коварский А.Е., Пукалов Б.П. Повышение белковости кукурузы методом селекции. – *Вестник с.-х. науки*, 1961, 10, с.18-27.

3. Mertz E.T., Bates L.S., Nelson O.E. Mutant genes that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. – *Science*, 1964, 145, p.279-280.

4. Nelson O.E., Mertz E.T., Bates L.S. Second mutant gene affecting the amino acid pattern of maize endosperm proteins. – *Science*, 1965, 150, p.1469-1470.

5. Палий А.Ф., Мику В.Е., Чалык. Т.С. Новые источники высоколизиновой кукурузы. — *Цитология и генетика*, 1972, т. 6, № 3, с. 263—265

6. Палий А.Ф. Новый комплементарный ген sf_1 , изменяющий проявление рецессивного аллеля fl_2 у кукурузы. — *Генетика*, 1975, т. 11, № 9, с. 5—7.

7. Палий А.Ф., Ротарь А.И. Влияние комплементарного гена sf_1 при взаимодействии с рецессивным аллелем fl_2 на вес зерна и качество белка кукурузы. — *Генетика*, 1979, т.15, № 3, с. 478—481.

8. Mertz E.T., Veron O.A., Bates L.S., Nelson O.E. Growth of rats fed on opaque-2 maize. – *Science*, 1965, 148, p.1741-1742.

9. Pickett R.A. Opaque-2 corn in swine nutrition. – *Proc. High Lysine Corn. Conf.*, Purdue Univ., 1966, p.19-22.

10. Хаджинов М.И., Будная М.В., Потехин С.А. и др. Кукуруза опейк-2 в рационах поросят - отъемшей. - *Доклады ВАСХНИЛ*, 1970, 4, с.27-31.

11. Bressani R. Protein quality of opaque-2 maize in children nutrition. - *Proc. High Lysine Corn. Conf.*, Purdue Univ., 1966, p.34-39.

12. Коварский В.А., Чалык. Т.С., Палий А.Ф. Использование высоколизиновой кукурузы при интенсивном выращивании и откорме свиней. - В сб.: *Использование высоколизиновой кукурузы в кормле-*

нии сельскохозяйственных животных. Харьков, 1973, с.38-39.

13. Nelson O.E. Opaque-2, floury-2 and high protein maize. - *Proc. High Lysine Corn. Conf.*, Purdue Univ., 1966, p.21-22.

14. Палий А.Ф., Цыганаш Д.А. Оценка комбинационной способности высокобелковых опейк-2 линии кукурузы. — *Известия АН МССР. Сер. биол. хим. наук*, 1983, №1, с.26-31

15. Палий А.Ф., Ротарь А.И. Влияние генов-модификаторов на физические и биохимические свойства зерна опейковой кукурузы. — *Известия АН МССР. Сер. биол. и хим. наук*, 1982, № 4, с. 36—39.

16. Палий А.Ф., Цыганаш В.И., Ротарь А.И. Получение и изучение двойного эндоспермового мутанта o_2su_2 у кукурузы. Москва, *Генетика*, 1980, т. 16, № 2, с. 364—366.

17. Палий А.Ф., Цыганаш В.И., Ротарь А.И. Селекционно-биохимическая оценка высоколизиновых гибридов типа o_2su_2 . — Там же, с. 48—49.

18. Цыганаш В.И., Палий А.Ф., Цыганаш Д.А., Бах Бубакар. Выведение селекционно-генетическая оценка двойного мутанта o_2wx у кукурузы (Науч. материалы IV съезда генетиков и селекционеров Молдовы) Кишинев, Штиинца. 1992 С. 227-229.

19. Țiganaș V.I., Pali A.F., Tiganaș D.A., Belousov A.A. Influența mutației su_2 și recombinăției su_2o_2 asupra valorii nutritive a boabelor de porumb. Tezele conferinței științifice jubiliare internaționale a stațiunilor didactico-experimentale ale Universității Agrare de Stat din Moldova. “Realizări, programe, perspective”. Chișinău 1995, P. 42-43.

20. Comarov Galina, Zgardan D., Rotari A., Pali A. Rolul aminoacizilor liberi în expresia genelor structurii endospermului asupra reacției morfogenetice a embrionilor imaturi de porumb // *Cercetări de genetică vegetală și animală*, Vol.VIII, S.C. AGRIS - Redacția revistelor agricole S.A. Fundulea, 2004, p.97-103.



Valentina Rusu-Ciobanu. *Compoziție ornamentală. 1975-1976. Culori acrilice pe pânză.*