

DOI: <https://doi.org/10.55505/sa.2022.2.03>

CZU: 633.15:631.524.01/.02

EVALUAREA DIVERSITĂȚII GENETICE A LINIILOR CONSANGVINIZATE DE PORUMB DIN GRUPE DE GERMOPLASMĂ LACAUNE

Vladimir GRIBINCEA

Abstract. The purpose of research was to estimate the phenotypic and genetic diversity of 14 inbred lines which were classified into the Lacaune germplasm group, including F2, used as indicator line. Phenotypic diversity was estimated by determining the phenotypic diversity index (*idf*), calculated based on 28 quantitative and qualitative characters. Genetic diversity was assessed by the mid-parent heterosis (H , %) and SCA constants (\hat{s}_{ij}) for grain yield. In the most of cases (98 %), between inbred lines, there was observed a high or medium degree of phenotypic relatedness. The degree of heterosis in related crosses varied from 33,7 to 143,6% has been lower, compared to crosses between unrelated lines ($h = 85,2 - 169,0$ %), that confirms the belonging of the studied lines to the respective germplasm group. At the non-additive interactions level the most related to the F2 line, are the F2o2, K1, AN615, MKP16 and MV61 inbreds, and the most genetically distant from it are the MV453, MV395 and MV459 lines.

Key words: *Zea mays*; Inbred lines; Genetic diversity; Phenotypic diversity; Germplasm groups; Heterosis.

Rezumat. Scopul cercetărilor a constat în estimarea diversității fenotipice și genetice a 14 linii consangvinizate de porumb, clasificate conform pedigreeului în grupa de germoplasmă Lacaune, inclusiv linia F2, utilizată ca indicator al acestei grupe de germoplasmă. Deosebirile fenotipice între linii au fost evidențiate prin calcularea indicelui de diferențiere fenotipică (*idf*), iar diversitatea genetică a fost estimată prin indicele de heterozis (H ,%) și constantele CSC (\hat{s}_{ij}) la producția de boabe. În cele mai multe cazuri (98 %) între liniile consangvinizate s-a observat un grad înalt sau mediu de diversitate fenotipică. Nivelul heterozisului în încrucișările înrudite a variat de la 33,7 la 143,6%, dar a fost mai scăzut decât la combinațiile hibride între liniile neînrudite ($h = 85,2 - 169,0$ %), ceea ce confirmă apartenența genotipurilor studiate la grupa de germoplasmă respectivă. La nivelul interacțiunilor neaditive, mai apropiate genetic de linia indicatoare F2 sunt liniile F2o2, K1, AN615, MKP16 și MV61, iar cele mai accentuate diferențieri s-au atestat la MV453, MV395 și MV459.

Cuvinte-cheie: *Zea mays*; Linii consangvinizate; Diversitate genetică; Diversitate fenotipică; Grupe de germoplasmă; Heterozis.

INTRODUCERE

Porumbul este una dintre speciile de plante de cultură cu diversitate genetică considerabilă, prezentând diferențieri morfologice și fiziologice accentuate. Numai prin aprecierea, clasificarea și utilizarea întregului potențial genetic al speciei *Zea mays* L. pot fi obținute succese considerabile în ameliorarea porumbului. Un pas însemnat în utilizarea mai rațională a diversității genetice în ameliorarea porumbului a fost clasificarea liniilor consangvinizate în grupe de germoplasmă, fapt ce permite selectarea mai eficientă a componentelor parentali utilizați în crearea hibridilor de porumb (Hallauer, A.R., Miranda, J.B. 1981).

Grupa de germoplasmă Lacaune a fost concepută din populația cu aceeași denumire, selectată în Franța de către Roger de Larambergue în anul 1946 (Troyer, A.F. 2000) și include un șir de linii consangvinizate notorii de origine franceză, precum F2, F7, F564, F131, F192, F226 ș. a. cu bobul sticlos și 12-14 rânduri de boabe pe știulete (Соколов, B.M. et al. 1999). Liniile timpurii F7 și F2, dezvoltate de către Andre Cauderon în anul 1955, au constituit baza hibridilor comerciali cultivați în Europa în anii 1970-1980, inclusiv a 60 % din hibridii cultivați în Franța. Aceste linii au avut o cotă de 91 % din

volumul semințelor produse în Franța în această perioadă (Derieux, M. 1980). După anul 1980, în Europa de Vest au fost inițiate programe de creare și utilizare a hibrizilor simpli, obținuți cu forme materne dentiformis și linii îndurate, inclusiv din germoplasma Lacaune. În mod special s-a remarcat modelul heterotic Reid Iodent x Lacaune, realizat în hibridii Mona și Dea ai firmei Pioneer din SUA și preluat de mai multe firme de ameliorare (Smith, J.S. et al. 2006).

Pe parcursul anilor, în diferite programe de ameliorare realizate în Institutul de Fitotehnie „Porumbeni”, a fost creat un șir de linii Lacaune, care cu succes se utilizează în realizarea hibrizilor performanți de porumb (Borozan, P., Musteață, S., Rusu, G. 2014; Mîrza, V., Odobescu, V. 2018). În pedigreeul liniilor timpurii autohtone cota genitorilor din grupa de germoplasmă Lacaune a variat de la 1,6 % până la 12,5 % (Musteață, S. et al. 2021).

În lucrarea de față, am avut ca obiectiv să estimăm diversitatea fenotipică și genetică a unor linii consangvinizate, create în Institutul de Fitotehnie „Porumbeni” și repartizate în grupa de germoplasmă Lacaune. Cercetările au fost orientate spre analiza liniilor din punct de vedere al unor caractere morfo-biologice importante, estimarea distanței fenotipice dintre linii înrudite și neînrudite, evaluarea indicelui de heterozis în încrucișări cu linii înrudite și neînrudite, evaluarea diversității liniilor la nivelul interacțiunilor genice neaditive și evaluarea potențialului genetic de ameliorare al liniilor consangvinizate.

MATERIALE ȘI METODE

În studiu au fost incluse 14 linii consangvinizate de porumb – MKP16, K1, AN567, MKP27, AN615/95, F2o2, 459, MV395, MV453, MV463, MV61, MV45, MV462 și F2. Menționăm că liniile vizate au fost clasate în grupa de germoplasmă Lacaune în baza pedigreeului și a particularităților fenotipice asemănătoare liniei F2, utilizată în calitate de indicator pentru grupa de germoplasmă respectivă. Pentru comparație, în studiu au fost incluse și liniile CM7, MKP33, W401, W153R, A654 și B73 din grupe alternative de heterozis. Mostrele au fost incluse în scheme de încrucișări de tip topcross și dialele. Au fost obținute și evaluate 13 combinații hibride înrudite realizate cu linia indicatoare F2, 68 combinații neînrudite de la încrucișarea liniilor menționate cu testerii CM7, MKP33, A654, W401, W153R și 100 hibrizi înrudiți, realizați prin încrucișarea dialelelor a liniilor Lacaune.

Experiența a fost efectuată în perioada anilor 1998-2000, pe un agrofond superior, folosindu-se ca premergătoare plantele leguminoase. Lucrările de însămânțare și întreținere a culturii s-au efectuat în conformitate cu tehnologia de cultivare a porumbului în Republica Moldova. Anii 1999 și 2000 au fost mai puțin favorabili culturii porumbului, fiind deficitari în precipitații și cu temperaturi ridicate pe parcursul creșterii și dezvoltării plantelor, iar anul 1998 a fost mai favorabil pentru cultivarea porumbului.

Liniile consangvinizate și hibridii s-au cultivat pe parcele cu suprafețe de 10 metri pătrați, așezate după metoda blocurilor randomizate în trei repetiții, la densitatea de 50 mii plante la hectar. Producția de boabe a fost recalculată la 14 % umiditate. Liniile au fost evaluate din punct de vedere a 28 de caractere cantitative și calitative. Măsurările biometrice s-au efectuat la 20 de plante din fiecare mostră. Evaluarea caracterelor descriptive a fost realizată conform ghidului TG/2/7 al UPOV (2009), care cuprinde valori de la 1 până la 9, prin 1 fiind notată valoarea minimală a manifestării caracterului, iar cu 9 - cea maximală. Rezultatele experimentale au fost analizate prin analiza dublă a varianței cu calcularea diferenței limite după B.A. Dosphehov (1985).

Diversitatea fenotipică (morfologică) a fost exprimată prin indicii de diferențiere fenotipică, calculat în baza totalității caracterelor cantitative și calitative conform formulei propuse de Y. Herbert și P. Vincourt (Mîrza, V., Odobescu, V. 2018). Diversitatea genetică a fost apreciată prin gradul de exprimare a heterozisului față de media părinților, conform formulei propuse de Hallauer și Miranda (1981) și prin calcularea constantelor CCS în schemă dialele conform metodei 2 ($p(p+1)/2$) propusă de Griffing (1956). Capacitatea de combinare în cadrul sistemului factorial a fost evaluată conform metodei lui B. Г. Вольф, П.И. Литун et al. (1980). Heterozisul mai mare de 25% a fost considerat semnificativ și a servit drept criteriu de distanțare genotipică între linii, iar heterozisul mai mic de 25% - criteriu de afinitate genotipică.

Toate calculele, inclusiv determinarea distanței fenotipice pe baza caracterelor cantitative, a efectelor CCG și CCS, s-au efectuat la calculator, folosind programe de calcul adecvate.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Evaluarea caracterelor calitative a demonstrat că liniile consangvinizate analizate, la fel ca și linia indicatoare F2, se caracterizează prin portul erect al ramificațiilor primare și prin absența sau intensitatea slabă a colorației antocianice a stigmatelor. Liniile 459, MV395, MV453, MV463 și MV462 se deosebesc de linia F2, dar și de celelalte genotipuri, prin colorația antocianică mai intensă a glumelor spiculețelor și anterelor. Mai diversificate liniile au fost sub aspectul prezenței inelului antocianic la baza glumelor, acesta fiind absent sau slab vizibil la liniile K1, MKP27, AN615, 459, MV453, MV45, MV462 și F2o2, de o intensitate medie la liniile MKP16 și MV395 și proeminent la AN567, MV61 și la linia indicatoare F2. Colorația antocianică a tecii frunzei, de intensitate medie, a fost notată la liniile K1, 459, MV463, MV45 și linia indicatoare F2, la celelalte mostre acest caracter nu a fost perceput sau a avut o exprimare slabă. Linia indicatoare F2, dar și liniile K1, MKP27, AN567, AN615, F2o2 și MV45 se caracterizează prin rahisul de culoare albă (nota 1), în timp ce liniile MKP16, 459, MV395, MV453, MV463, MV61 și MV462 au rahisul de culoare roșie (nota 9).

Rezultatele evaluării unor caractere agronomice și morfobiologice la liniile consangvinizate per se pe parcursul anilor 1998-2000 sunt expuse în tabelul 1.

Tabelul 1. Manifestarea unor caractere agronomice și morfobiologice la liniile consangvinizate per se din grupa Lacaune (media 1998-2000)

Denumirea liniei	Perioada răsărit-mătăsit, zile	Umiditatea boabelor, %	Producția de boabe, t/ha	Talia plantei, cm	Insertia știuletelui superior, cm	Lungimea știuletelui, cm	Nr. de rânduri de boabe
MKP16	59,3	19,6	1,98	121,5	34,2	11,6	13,1
K1	56,6	18,5	1,67	117,7	27,1	13,2	10,4
AN567	58,3	22,1	1,97	147,8	44,7	14,1	12,2
MKP27	59,5	20,9	2,21	120,2	39,8	12,6	10,8
AN615/95	59,3	17,7	2,41	149,1	41,1	14,8	11,0
F2o2	57,2	20,3	1,66	125,2	35,6	11,1	11,8
459	60,3	18,2	2,57	162,6	50,9	13,4	14,0
MV395	62,3	16,6	2,84	143,5	43,0	13,7	16,0
MV453	62,0	23,2	2,45	136,6	35,2	11,9	14,9
MV463	59,8	20,8	2,26	190,4	65,9	12,0	12,6
MV61	57,2	17,5	2,48	171,8	52,0	13,5	13,6
MV45	49,3	15,7	1,57	133,3	29,1	10,1	10,8
MV462	60,5	21,2	2,50	149,6	34,6	12,5	17,1
F2-mt.	58,7	23,2	1,89	132,2	36,8	12,5	12,3
media	58,6	19,7	2,18	143,0	40,7	12,6	12,9
DL05	1,1	1,6	0,36	9,6	5,9	2,1	1,6

Majoritatea mostrelor studiate au avut boabele cu consistența sticloasă și semisticloasă, iar K1 și F2o2, create prin metoda retroîncrușărilor cu donatori de gene recesive opaque-2, s-au caracterizat cu endosperm făinos. Perioada mai redusă de la răsăritul plantulelor până la mătăsit și maturitatea fiziologică, respectiv de 49,3 și 91,0 zile, a fost constatată la linia MV45. În intervalul de încredere al DL05 pentru perioada până la mătăsit s-au încadrat 6 linii, inclusiv martorul F2, iar mai tardive cu 1,6 – 3,6 zile au fost liniile MV459, MV462, MV453 și MV395. După durata perioadei de maturizare, abateri semnificative de la martor (DL05 = 1,5 zile) au fost constatate la liniile MKP27, AN615/95, MV45 și MV462. Umiditatea boabelor la recoltare a variat de la 15,7% la linia extratimpurie MV45 până la 23,2 % la martorul F2, cu o medie de 19,7 %. Deosebiri semnificative, la nivel de DL05 = 0,36 t/ha, s-au înregistrat la producția de boabe, cu o variație între 1,57 t/ha (MV45) și 2,84 t/ha (MV395). Producții de boabe superioare liniei martor F2 au manifestat liniile MV463, AN615, MV453, MV61, MV462, MV459

și MV395 din cicluri de selecție mai avansate și o adaptabilitate ecologică satisfăcătoare. După talia plantelor și inserția știuletelui superior, prin valori semnificative superioare matorului, s-au evidențiat liniile MV463, MV453, MV395, AN657, AN615, MV462, 459 și MV61 la înălțimea plantei și liniile MV395, AN567, 459, MV61 și MV463 la înălțimea de inserție a știuletelui. Numărul de rânduri de boabe pe știulete mai mare de 14 a fost remarcat la liniile MV462, 459, MV453 și MV395, iar după masa a 1000 boabe s-a evidențiat linia MV462.

Indicele de diferențiere fenotipică (Tabelul 2) la perechile de linii înrudite a variat de la 3,6 (F2o2 – MKP27) până la 8,3 unități (F2o2 – MV462), iar la cele neînrudite cu linia B73, valorile acestui parametru au fost cuprinse între 8,8 și 12,7 unități. Diferențiere redusă, ce indică un înalt grad de asemănare, s-a stabilit între linia mator F2 cu MKP16 ($idf=4,3$) și AN567 ($idf=4,9$). De asemenea, similitudini fenotipice accentuate au fost remarcate la linia MV459 cu MV395 ($idf=4,0$) și MV463 ($idf=4,3$), la linia AN567 cu MV61 ($idf=3,8$), MKP27 ($idf=4,6$), MKP16 ($idf=4,9$) și la linia F2o2 cu MKP27 ($idf=3,6$). Distanțarea fenotipică pronunțată, caracterizată printr-un indice de diferențiere înalt, a fost evidențiată la următoarele mostre: linia F2 față de MV453 ($idf=6,2$), MV459 ($idf=6,4$), MV45 ($idf=6,5$), MV463 ($idf=6,5$), MV395 ($idf=6,9$) și MV462 ($idf=7,7$); linia F2o2 comparativ cu MV453 ($idf=6,7$), MV45 ($idf=7,2$), MV459 ($idf=7,4$), MV395 ($idf=7,8$), MV463 ($idf=7,8$) și MV462 ($idf=8,3$); linia AN567 față de MV462 ($idf=6,2$), MV45 ($idf=6,5$) și K1 ($idf=6,5$); linia MKP16 comparativ de AN615/95 ($idf=6,9$), K1 ($idf=6,9$), MV45 ($idf=6,6$) și MV463 ($idf=7,3$); linia MKP27 față de K1 ($idf=6,7$), MV395 ($idf=6,4$), MV462 ($idf=7,0$), MV463 ($idf=7,2$) și MV45 ($idf=7,3$). Linia MV395 se distanțează semnificativ de MV45 ($idf=7,8$), iar linia AN615/95 este foarte diferențiată de MV395, MV45 și MV462, prin valorile indicelui de diferențiere fenotipică egal cu 6,7. Comparativ cu linia MV45 cele mai distincte fenotipic au fost MV453 ($idf=7,4$) și MV462 ($idf=7,8$), iar de linia K1 se deosebesc liniile MV61 ($idf=7,1$), MV395 ($idf=7,5$) și MV462 ($idf=8,2$). Valorile, preponderent ridicate, ale indicelui de diferențiere fenotipică, prezentate mai sus, demonstrează că grupa de germoplasmă Lacaune se caracterizează printr-o diversitate accentuată a descriptorilor și în cadrul ei prevalează mostre fenotipic distanțate. Menționăm că, conform prevederilor ghidului UPOV, diferențele după un singur sau mai multe caractere descriptive se consideră ca nivel de distinctivitate.

Tabelul 2. Indicele de diferențiere fenotipică (idf) la liniile cu germoplasmă Lacaune (media 1998-2000)

Cifrul liniilor	459	AN567	AN615	F2o2	K1	MKP16	MKP27	MV395	MV45	MV453	MV462	MV463	MV61	F2	B73
MV459	0,0	4,6	5,6	7,4	6,3	5,9	5,8	4,0	6,3	5,4	5,5	4,3	5,6	6,4	10,1
AN567		0,0	5,2	5,7	6,5	4,9	4,6	4,9	6,5	5,8	6,2	5,4	3,8	4,9	9,4
AN615			0,0	5,9	6,4	6,9	5,7	6,7	6,0	6,7	6,7	6,4	5,5	5,8	10,6
F2o2				0,0	6,5	6,1	3,6	7,8	7,2	6,7	8,3	7,8	5,9	5,0	10,6
K1					0,0	6,9	6,7	7,5	6,4	6,2	8,2	6,6	7,1	5,4	11,6
MKP16						0,0	4,5	5,8	6,6	5,5	6,4	7,3	6,3	4,3	10,2
MKP27							0,0	6,4	7,3	5,8	7,0	7,2	6,1	5,1	10,2
MV395								0,0	7,8	5,1	4,9	5,5	5,5	6,9	9,7
MV45									0,0	7,4	7,8	6,7	6,5	6,5	12,7
MV453										0,0	5,5	6,4	6,2	6,2	8,8
MV462											0,0	6,8	6,5	7,7	9,5
MV463												0,0	5,2	6,5	9,0
MV61													0,0	5,3	9,2
F2														0,0	9,6

Pentru estimarea diversității genetice, a fost apreciată producția de boabe și a fost calculat gradul de manifestare a heterozisului reproductiv în combinații hibride înrudite cu linia indicatoare F2, compara-

tiv cu nivelul producției în încrucișări cu linia neînrudită dentiformis A654 din grupa de heterozis Reid Wilson Farm (Tabelul 3). Producția de boabe la hibridii înrudiți a variat de la 2,38 t/ha (F2o2) până la 5,36 t/ha (MV462), valoarea medie fiind egală cu 4,12 t/ha, iar hibridii neînru-diți au realizat o producție cuprinsă între 4,04 (MV45) și 6,04 t/ha (MV453), fiind atestată o medie de 5,47 t/ha. Hibridii neînru-diți din modelul heterotic Lacaune x Reid Wilson Farm au fost mai productivi, în medie, cu 37,0 %, comparativ cu combinațiile hibride înrudite din cadrul grupei heterotice Lacaune. Producția de boabe a formelor parentale (P1 +P2)/2 în primul set de încrucișări sistemice a constituit 2,04 t/ha, comparativ cu 2,32 t/ha în setul de încrucișări neînrudite genetic. Cu valori superioare mediei, în ambele scheme de încrucișări, s-a evidențiat linia MV395.

Heterozisul reproductiv la încrucișările sistemice înrudite a variat de la o combinație la alta și a în-registrat valori cuprinse între 33,7 și 143,6 %, cu o medie pe set de 99,5 %. La încrucișările neînrudite nivelul heterozisului a variat de la 85,2 până la 169,0 %, fiind atestată o medie de 136,6%. În medie, heterozisul reproductiv, manifestat la încrucișarea liniilor consangvinizate divergente genetic, a fost de 1,4 ori mai mare, comparativ cu combinațiile hibride realizate în baza liniilor cu origine similară. Rezul-tatele experimentale indică o diferențiere accentuată din punct de vedere genotipic a liniilor din grupa de germoplasmă Lacaune. Un grad de similaritate mai înalt cu linia F2 a fost remarcat la F2o2 (H=33,7%), urmată de MV61 (H=76,7%), K1 (H=77,5%) și MKP16 (H=77,8%). Liniile originale MV45, MV459, AN567, MV395, MV453 și MV463 în încrucișări înrudite cu martorul F2 au generat efecte heteroti-ce foarte accentuate (83,8 – 126,9%), dar mai reduse ca valoare, comparativ cu cele atestate pentru combinațiile cu linia neînrudită A654 (100,0 – 149,6%). Aceste circumstanțe relevă că liniile studiate se caracterizează cu genotipuri distincte de martorul F2, deși, conform pedigreului, reprezintă grupa de germoplasmă Lacaune. Combinațiile hibride înrudite și cele neînrudite sintetizate cu liniile MV459, AN567, MV453, MV463, MKP27 și MV462 au manifestat un grad înalt de heterozis cu valori relativ identice, fapt care indică la distanțarea genetică a acestora de ambele grupe de germoplasmă. Nivelul redus al heterozisului în ambele încrucișări cu liniile AN615 cu o medie de 86,5 % și MV45 cu o medie de 91,9 %, poate fi probabil explicat prin capacitatea specifică de combinare foarte joasă.

Tabelul 3. Nivelul de heterozis la producția de boabe în încrucișări înrudite și neînrudite (media 1998-2000)

Cifrul liniilor	Hibridi cu linia înrudită F2			Hibridi cu linia neînrudită A654		
	producția de boabe, t/ha	media părinți, t/ha	H, %	producția de boabe, t/ha	media părinți, t/ha	H, %
MV459	4,98	2,22	119,4	5,68	2,52	125,5
AN567	4,20	1,93	117,6	5,87	2,22	164,4
AN615/95	4,04	2,15	87,9	4,52	2,44	85,2
F2o2	2,38	1,78	33,7	5,22	2,06	153,2
K1	3,16	1,78	77,5	5,57	2,07	169,0
MKP16	3,45	1,94	77,8	5,59	2,22	151,6
MKP27	4,63	2,05	125,9	5,30	2,33	127,4
MV395	4,66	2,36	97,5	5,59	2,65	109,6
MV45	3,18	1,73	83,8	4,04	2,02	100,0
MV453	4,89	2,17	125,3	6,04	2,46	145,6
MV462	5,36	2,20	143,6	5,85	2,48	135,8
MV463	4,72	2,08	126,9	5,89	2,36	149,6
MV61	3,87	2,19	76,7	5,65	2,47	128,7
F2	-	-	-	5,81	2,18	166,7
media	4,12	2,04	99,5	5,47	2,32	136,6

O parte din liniile consangvinizate din grupa de germoplasmă Lacaune a fost evaluată într-o schemă de încrucișări dialele în scopul estimării efectelor CSC, care reflectă divergența liniilor la nivelul inter-

acțiunilor genice neaditive. Pentru comparare în schema respectivă a fost inclusă linia neînrudită A654. Rezultatele experimentale prezentate în tabelul 4 arată că la hibridii cu linii consangvinizate înrudite efectele \hat{s}_{ij} au variat de la -0,99 (MV459x MV395) până la 1,48 (AN615/95 x K1) t/ha, demonstrând, în unele cazuri, valori superioare celor atestate la hibridii creați prin încrucișarea liniilor neînrudite, la nivelul DL05 = 0,33 t/ha. Un grad înalt de rudenie la nivelul interacțiunilor neaditive cu linia indicatoare F2 au manifestat liniile F2o2, K1, AN615, MKP16 și MV61 cu constante CSC negative de la -0,88 până la -0,09 t/ha, demonstrând deosebiri semnificative față de linia neînrudită A654 ($\hat{s}_{ij} = 0,55 - 1,23$ t/ha). Linia MKP16 se distanțează nesemnificativ de A654 ($\hat{s}_{ij} = 0,20$ t/ha), fapt cauzat probabil de germoplasma mixtă a acesteia, în genotip fiind încorporați factori ereditari din ambele grupe de germoplasma. Liniile MV45 și MKP27 cu constante CSC pozitive, dar nesemnificative de 0,17 t/ha și, respectiv, 0,28 t/ha, în încrucișări cu linia F2, s-au remarcat în hibridii neînrușiți, cu valori mai înalte, respectiv, de 1,08 t/ha și 0,61 t/ha. Cele mai distanțate legături genetice față de linia indicatoare F2 au manifestat MV453, MV395 și MV459, fapt demonstrat de valorile pozitive distinct semnificative ale efectelor capacității specifice de combinare ($\hat{s}_{ij} = 0,73, 0,99$ și 1,19 t/ha). Liniile MV459, MV453 și MV395 s-au dovedit a fi foarte divergente de AN615/95, MKP27, F2o2, MV61, K1 și MKP16 prin valorile constantelor CSC superioare DL05. La fel, diferențieri mai accentuate, determinate de valorile ridicate ale efectelor specifice de combinare, s-au înregistrat la linia MV61, comparativ cu K1 ($\hat{s}_{ij} = 0,47$ t/ha), MKP27 ($\hat{s}_{ij} = 0,89$ t/ha) și MKP16 ($\hat{s}_{ij} = 0,91$ t/ha).

Tabelul 4. Efectele capacității specifice de combinare la producția de boabe (t/ha) în încrucișări dialele cu linii Lacaune (anul 2002)

Cifrul liniilor	AN615/95	F2o2	MKP27	MV61	F2	MKP16	459	MV453	K1	MV395	A654
MV45	-0,13	0,13	0,39	0,42	0,17	0,40	-0,44	0,39	-0,65	-0,31	1,08
AN615/95		0,21	0,27	0,27	-0,50	0,28	0,60	0,91	1,48	1,14	0,55
F2o2			0,26	-0,07	-0,88	0,28	0,55	0,88	-0,38	0,75	1,23
MKP27				0,89	0,28	0,26	0,65	0,66	0,02	0,33	0,61
MV61					-0,09	0,91	0,94	0,93	0,47	0,62	0,87
F2						-0,34	1,19	0,73	-0,64	0,99	0,85
MKP16							0,65	0,88	-0,15	0,82	0,20
459								0,09	0,55	-0,99	0,80
MV453									1,14	0,46	1,20
K1										0,64	0,71
MV395											1,02

Valoarea genetică de ameliorare a liniilor a fost apreciată prin evaluarea capacității de combinare în sistem de încrucișări factoriale, cu utilizarea în calitate de testerii a liniilor consangvinizate de diferită origine A654, CM7 și MKP33. Rezultatele aprecierii capacității de combinare pentru producția de boabe, pe trei ani de cercetare, se prezintă în tabelul 5. Producția de boabe la hibridii evaluați a variat în funcție de condițiile climatice ale anilor de studiu, cu o medie de circa 5,0 t/ha. Recolte mai înalte au fost înregistrate în anul 1998, cu condiții favorabile sub aspect pluviometric și termic (media 7,34 t/ha), iar în anii 1999-2000, mai puțin favorabili culturii porumbului, productivitatea testîncrucișărilor a fost mai redusă în medie cu 3,39 - 3,68 t/ha sau 46,2 - 50,1 %. Testîncrucișările obținute cu liniile MV61, MV459, MV453 și MV462 au fost semnificativ mai productive în medie cu 0,54 - 0,75 t/ha (DL05 = 0,46 t/ha), comparativ cu linia indicatoare F2. Combinațiile hibride cu participarea liniilor AN615/95, F2o2, MKP16, MKP27, MV395, K1 și MV463 au realizat producții la nivelul matorului, iar cea mai joasă producție medie a fost atestată la linia MV45 - 4,0 t/ha. În medie pe anii de studiu, efecte ale capacității generale de combinare pozitive semnificative au fost remarcate pentru liniile MV462 - 0,56

t/ha, MV453 - 0,55 t/ha, MV459 - 0,36 t/ha și MV61 – 0,35 t/ha, valori medii pozitive s-au înregistrat pentru liniile K1, MV395 și MV463, medii negative – pentru MKP27 și F2, negative semnificative - pentru liniile AN615/95, F2o2, MKP16 și MV45.

Tabelul 5. Capacitatea de combinare la producția de boabe (t/ha) a liniilor cu germoplasmă Lacaune în încrucișări topcross (media 1998-2000)

Cifrul liniilor	Producția de boabe, t/ha	Efecte CGC	Varianțe CSC
MV459	5,36	0,36*	0,17*
AN615/95	4,43	-0,57	0,09
F2o2	4,63	-0,37	0,16*
K1	5,14	0,13	0,06
MKP16	4,75	-0,25	0,12*
MKP27	4,90	-0,11	0,00
MV395	5,12	0,12	0,03
MV45	4,01	-0,99	0,14*
MV453	5,56	0,55*	0,14*
MV462	5,56	0,56*	0,02
MV463	5,21	0,21	0,07
MV61	5,35	0,35*	0,02
F2	4,81	-0,20	0,35*
Media	4,99	-	0,10
DL05	0,46	0,21	-

Prin efecte genice aditive semnificative, în toți anii de cercetare, s-au evidențiat liniile MV453 și MV61, care pot servi ca surse de gene favorabile pentru sporirea producției de boabe. Unele genotipuri au manifestat o capacitate generală de combinare variabilă de la an la an, exprimată atât prin valori negative medii, cât și valori înalte ale efectelor CGC. Prin valori ale varianțelor CSC superioare mediei pe schema de încrucișări s-au evidențiat liniile F2, MV45, F2o2, MV459, K1 și MV453. După ambele tipuri de interacțiune a genelor aditive și neaditive, care determină capacitatea de producție a hibridilor, se remarcă liniile MV459 și MV453.

Capacitatea de combinare pentru 9 linii consangvinizate din germoplasma Lacaune a fost apreciată prin utilizarea a două tipuri de încrucișări sistemice în vederea evidențierii celei mai adecvate modalități de testare a capacității de producție. Liniile analizate au fost incluse în sistemul de încrucișări de tip topcross, cu doi testeri de altă origine - W401 și W153R și în sistemul de încrucișări dialele incomplete a liniilor cu germoplasma comună (Tabelul 6). Producția de boabe la încrucișările de tip topcross a variat de la 3,86 t/ha la MKP 27 până la 5,40 t/ha la AN615/95, în timp ce la încrucișările dialele acest caracter a fost cuprins între 3,24 t/ha la linia indicatoare F2 și 4,33 t/ha la AN615/95. În linii generale, încrucișările topcross între liniile de diferită origine au fost mai productive în medie cu 0,81 t/ha sau 17,0 %, comparativ cu încrucișările dialele între liniile înrudite. În ambele sisteme de încrucișări producții de boabe semnificativ mai înalte, comparativ cu media schemelor și efecte înalte ale capacității generale de combinare, respectiv, de 0,68 t/ha și 0,54 t/ha, au fost atestate doar pentru linia AN615/95.

Valori medii pozitive ale CGC au fost atestate pentru linia MV453, iar valori negative semnificative pentru liniile MKP16 și F2. Celelalte mostre studiate, în funcție de sistemul de încrucișare, au semnalat valori variabile de la înalte la medii pentru liniile F2o2 și MV61 sau de la înalte până la joase pentru liniile MKP27 și MV459. Rezultatele obținute au demonstrat un grad înalt de coincidență (60,0 %) al discriminării liniilor după capacitatea de combinare prin utilizarea ambelor metode de evaluare, considerat suficient în vederea depistării genotipurilor performante și a celor inferioare sub aspectul valorii genetice. Totuși, determinarea capacității de combinare prin utilizarea schemelor de încrucișări topcross

este mai rezonabilă din punct de vedere tehnic, întrucât permite includerea unui număr mai mare de variante înrudite și testerii din grupele alternative de heterozis. Schemele dialele sunt limitate în acest sens, mai dificil de realizat și se utilizează în practică cu o frecvență redusă.

Tabelul 6. Capacitatea de combinare la producția de boabe (t/ha) a liniilor consangvinizate din grupa Lacaune în două sisteme de încrucișări

Cifrul liniilor	Încrucișări topcross			Încrucișări dialele incomplete		
	producția medie	efectele CGC	varianțe CSC	producția medie	efectele CGC	varianțe CSC
AN615/95	5,40	0,68*	0,36*	4,33	0,54*	0,43
F2o2	5,16	0,43*	0,00	3,73	-0,04	0,40
MKP27	3,86	-0,87*	1,46*	4,11	0,21*	0,32
MV61	5,15	0,42*	0,24*	4,05	0,01	0,58*
MKP16	4,19	-0,53*	0,19*	3,75	-0,17*	0,42
MV459	5,04	0,32*	0,41*	3,83	-0,12	0,67*
MV453	4,84	0,11	0,33*	4,29	0,10	0,72*
MV395	4,89	0,16	0,00	3,97	-0,60*	0,76*
F2	4,01	-0,72*	0,15	3,24	-0,47*	0,56*
Media	4,73	-	0,16	3,92	-	0,54
DL05	0,48	0,16	-	0,25	0,10	-

* - valori statistic asigurate

Generalizând rezultatele privind evaluarea capacității de combinare a liniilor la producția de boabe, putem concluziona că această caracteristică depinde în mare măsură de testerii utilizați pentru efectuarea încrucișărilor și de condițiile anilor de cercetare. Pentru a obține rezultate cât mai veridice este oportună selectarea corectă a testerilor, conform originii lor, în vederea excluderii unor posibile relații de înrudire cu materialul genetic evaluat.

Testîncrucișările studiate au fost apreciate și după alte caractere cantitative în scopul evidențierii donatorilor de gene favorabile. Rezultatele obținute relevă că, pentru ameliorarea perioadei „răsărit – înflorit”, capacitate înaltă de transmitere ereditară posedă liniile MV45, F2o2, MKP16, MKP27, K1 și linia indicatoare F2. Umiditatea redusă a boabelor la combinațiile hibride este transmisă de liniile MV459 și MV45. Talia înaltă a plantei și inserția știuletelui superior sunt condiționate ereditar de liniile MV463, MV61, MV459, MV462, MV453. Efecte înalte la lungimea știuletelui au înregistrat liniile K1, AN615 și MV462, iar la numărul rândurilor de boabe pe știulete s-au evidențiat MV453, MV462, MV463, 459 și MV395.

CONCLUZII

Liniile consangvinizate din grupa de germoplasmă Lacaune au prezentat diferențieri semnificative după principalele caractere morfobiologice și agronomice față de linia indicatoare F2.

Valorile înalte ale indicelui de diferențiere fenotipică (*idf*) demonstrează diversitatea pronunțată a liniilor consangvinizate din grupa de germoplasmă Lacaune sub aspectul caracterelor cantitative și calitative. Liniile MKP16 și AN567 au prezentat similitudini fenotipice mai accentuate față de linia F2.

Nivelul mai redus al heterozisului reproductiv în încrucișările înrudite, comparativ cu încrucișările neînrudite, confirmă apartenența liniilor vizate la grupa de germoplasmă Lacaune. Similaritatea accentuată față de linia indicatoare F2 a fost remarcată pentru liniile F2o2, MV61, K1 și MKP16, iar MV45, MV459, AN567, MV395, MV453 și MV463 s-au caracterizat prin genotipuri distincte.

Un grad înalt de rudenie față de linia indicatoare F2, la nivelul interacțiunilor genice neaditive, au manifestat liniile F2o2, K1, AN615, MKP16 și MV61, în același timp cele mai distanțate legături genetice față de aceasta au fost sesizate la liniile MV453, MV395 și MV459.

Capacitatea generală de combinare înaltă la producția de boabe, în scheme de încrucișări dialele și topcross, a fost remarcată la linia AN615/95, iar umiditatea redusă a boabelor la generațiile hibride poate fi transmisă de liniile MV459 și MV45.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. BOROZAN, P., MUSTEAȚĂ, S., RUSU, G. (2014). Rezultate și perspective în ameliorarea porumbului timpuriu. In: Institutul de Fitotehnie „Porumbeni” – 40 ani de activitate științifică: Materialele conferinței internaționale consacrate jubileului de 40 ani de la data fondării, Pașcani, 17 septembrie 2014. Pașcani: Print-Caro, 2014, pp. 13-26. ISBN 978- 9975-56-177-8.
2. DERIEUX, M. (1980). Etat de la selection en France. In: Cultivar, no. 133, pp. 31-33.
3. GRIFFING, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. In: Australian Journal of Biological Science, vol. 9, pp. 463-493.
4. HALLAUER, A.R., MIRANDA, J.B. (1981). Quantitative genetics in maize breeding. 1st ed. Iowa State Univ. Press, Ames, 486 pp.
5. HERBERT, Y., VINCOURT, P. (1985). Mesures de la divergence génétique. 2. Distances calculées sur des critères biométriques, pp. 23-38. In: M. Lefort-Buson & D. de Vienne. Les distances génétiques. Estimations et applications. Paris, I.N.R.A., 181 p.
6. MÎRZA, V., ODOBESCU, V. (2018). Sistematica și ameliorarea hibrizilor de porumb. In: Aspecte inovative în ameliorarea culturilor agricole: Materialele conferinței internaționale, Pașcani, 6 septembrie, 2018. Pașcani, pp. 74-83.
7. MUSTEAȚA, S., BOROZAN, P., SPÎNU, V., SPÎNU, A. (2021). Rezultate privind crearea și utilizarea liniilor consangvinizate de porumb timpuriu. In: Genetica, ameliorarea, producerea de semințe și tehnologia de cultivare a porumbului: Materialele conferinței științifico-practice dedicată a 100 ani de la nașterea dlui Tihon Cealiț, doctor habilitat, membru corespondent al AȘM, Pașcani, 9 septembrie 2021. Pașcani: Print-Caro, pp. 21-33. ISBN 978-9975-56-893-0.
8. TROYER, A.F. (2000). Temperate corn: Background, behavior and breeding. In: A.R. Hallauer, ed. Specialty corns. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, pp. 393-466. ISBN 9780849323775.
9. SMITH, J.S.C., DESBONS, P., GOBERTY, J., NIEBUR, W. S. (2006). Changes in parentage and genetic diversity of widely used maize hybrids grown in the northern United States and France from 1930 to the present. In: Maydica, vol. 51, pp. 57-77. ISSN 0025-6153.
10. UPOV (2009). Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability: maize, TG/2/7, Geneva, Switzerland.
11. ВОЛЬФ, В.Г., ЛИТУН, П.П., ХАВЕЛОВА, А.В., КУЗЬМЕНКО, Р.И. (1980). Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности. Харьков, 86 с.
12. ДОСПЕХОВ, Б.А. (1985). Методика полевого опыта. 5 изд., перераб. и доп. - Москва: Агропромиздат, 351 с.
13. СОКОЛОВ, В.М., ВАРЕНИК, Б.Ф., ПИЛЮГИН, А.С. ГУЖВА, Д.В. (1999). Селекционная оценка элитных самоопыленных линий кукурузы из основных гетерозисных групп зародышевой плазмы. В: Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. Краснодар: РИПО «Адыгя», с. 92-96. ISBN 5-7992-0039-X.

INFORMAȚII DESPRE AUTOR

GRIBINCEA Vladimir  <https://orcid.org/0000-0003-3578-0329>

doctor în științe agricole, cercetător științific superior, Institutul de Fitotehnie „Porumbeni”, Republica Moldova

E-mail: vladgribincea@gmail.com

Data prezentării articolului: 26.08.2022

Data acceptării articolului: 03.10.2022