

STUDIUL EREDITĂȚII REZISTENȚEI LA ÎNCOLȚIREA ÎN SPIC LA GRÂUL DE TOAMNĂ

STUDY ON HEREDITY OF PRE-HARVEST SPROUTING RESISTANCE IN WINTER WHEAT

NICOLAE LUPU^{1,2}, VASILE MOLDOVAN¹, ROZALIA KADAR¹,
IOAN HAȘ^{1,2}, IONUȚ RACZ^{1,2}

Abstract

Periods of prolonged rainfall and high humidity after the grain has ripened and before it can be harvested can contribute to, so called pre-harvest sprouting (PHS), which can be considered as a premature germination. Germination can begin as a wheat kernel absorbs moisture. Visible indications of PHS include kernel swelling, germ discoloration, seed-coat splitting, and the root and shoot emerging. Pre-harvest sprouting results in lower yields due to decreased test weights, and it limits end-use applications for wheat due to decreased grain quality.

Objectives of this study consist of investigations on the genetic determinism of PHS used crosses between genotypes differing in their resistance to this character; estimation of gene effects involved in determinism of this trait; estimation of degree of dominance; determination of broad and narrow sense heritability coefficients; evaluation of favorable transgression ratio; correlation between PHS score and falling number, as well as other quality parameters; establishing of selection methods for improvement of resistance to PHS.

Our results showed that the PHS represents a complex quantitative character that is controlled by gene effects which are predominant of additive nature. Also, there are not excluded the other type of gene action such as different degree of domination, or different types of epistatic interactions. The estimated coefficients of heritability are high enough, to assure a good chance of choice individuals with genetically improved resistance to PHS, in early generations of selection. Correlation between PHS score and falling number, show that the two traits are relatively close associated in their variation. On the other hand, the correlation between PHS score and protein contents, showed that these characters are more independent in their variation.

Key words: heritability, F₁ and F₂ hybrid, gene effects, number of gene, pre-harvest sprouting, winter wheat.

Cuvinte cheie: heritabilitate, hibridi F₁, F₂, efecte genetice, număr de gene, încolțire în spic, grâu de toamnă.

INTRODUCERE

Precipitațiile bogate căzute în perioada recoltării grâului provoacă încolțirea în spic și deprecierea pe suprafețe importante a grâului de toamnă. Încolțirea și deprecierea bobului determină reducerea calității făinii, ca urmare a scăderii vâscozității aluatului și

¹ Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Turda: <http://www.scdaturda.ro>; lupunicolae09@yahoo.com

² Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj-Napoca, județul Cluj

descreșterii rezistenței la frământare și prelucrare pentru obținerea de produse panificabile. Ca urmare a deprecierei calității sale, grâul încolțit este valorificat ca furaj la un preț mai mic.

După cum indică numele, încolțirea în spic începe, de regulă, la maturitatea fiziologică, înainte de recoltarea boabelor. Procesul este declanșat de precipitații care imbibă semințele cu apă. Acest proces fizic provoacă germinația semințelor prin hidrolizarea amidonului din endosperm sub acțiunea amilazelor. Greutatea boabelor și randamentul în făină la boabele încolțite sunt mai mici decât la boabele normale. Pâinea produsă din boabe încolțite are volumul mai scăzut, iar structura miezului nu este potrivită pentru comercializare. Din acest motiv s-a considerat că studiul fenomenului de încolțire în spic trebuie efectuat mai ales sub aspectul transmiterii ereditare a caracterului, având implicații directe în crearea de soiuri tolerante.

Lucrarea de față abordează un fenomen extrem de complex, având în vedere mecanismele eredității care-l guvernează. În acest sens, lucrarea urmărește realizarea următoarelor obiective:

- cercetări privind determinismul genetic pentru încolțirea în spic la genotipurile obținute din încrucișări între genotipuri diferențiate din punctul de vedere al acestui caracter;
- estimarea acțiunii genelor implicate în încolțirea în spic;
- estimarea gradului de dominanță;
- determinarea coeficientului de heritabilitate în sens larg și în sens restrâns;
- evaluarea ratei transgresiilor favorabile;
- calculul corelațiilor fenotipice și genotipice între nota la încolțire și indicii de cădere precum și la unii parametri de calitate;
- stabilirea metodelor de selecție privind rezistența semințelor de grâu la încolțirea în spic.

MATERIALUL ȘI METODA DE CERCETARE

Cercetările au fost realizate între anii 2008-2011 în cadrul natural oferit de câmpul experimental al Laboratorului de Ameliorare a Cerealelor Păioase de la Stațiunea de Cercetare și Dezvoltare Agricolă Turda. Soiurile de grâu de toamnă folosite în încrucișările pentru obținerea hibrizilor F_1 sunt prezentate în tabelul 1.

Pe baza notei la încolțire, indicelui de cădere, dar și a informațiilor privind repausul seminal, soiurile alese au fost încadrate în următoarele categorii:

- rezistente (R): T18-94;
- mijlociu - rezistente (MR): Apullum, Lovrin 34;
- mijlociu-sensibile (MS): Turda 2000, Fundulea 4;
- sensibile (S): Turda 95, Lovrin 32.

Comparațiile hibride au urmărit crearea următoarelor tipuri de încrucișări: R x MR, R x MS, R x S.

Tabelul 1

Soiurile de grâu de toamnă utilizate ca genitori în sistemul de
hibridări ciclice (2009)
(The winter wheat cultivars used as parents in the cyclic crosses - 2009)

Soiul/linia	Originea soiului	Nota la încolțire	Indicele de cădere (sec.)
T18-94	Turda	7,5	322
Lovrin 32	Lovrin	2,5	142
Lovrin 34	Lovrin	7	312
Turda 2000	Turda	5	263
Turda 95	Turda	3,5	101
Fundulea 4	Fundulea	5,5	180
Apullum	Turda	8,5	243

Pentru realizarea designului experimental a fost nevoie de trei ani. În anul 2009 s-au efectuat încrucișările ciclice pentru obținerea populației hibride F_1 , iar anul 2010 o parte dintre hibridii F_1 creați în anul 2009 au fost încrucișați cu formele lor parentale pentru obținerea populației genetice B_1 și B_2 , iar restul spicelor au fost recoltate separat urmând să devină în anul 2011 populația F_2 din setul de încrucișări. De asemenea, pentru că în calculul efectelor genetice intră și populația hibridă F_1 , în anul 2010 s-au refăcut încrucișările în vederea obținerii hibridilor F_1 . Designul experimental în anul 2011 a fost complet și a permis amplasarea în câmp a experienței cuprinzând pentru fiecare combinație toată populația genetică necesară în vederea îndeplinirii obiectivelor stabilite, respectiv: P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , B_1 , B_2 .

În vederea evaluării notei la încolțirea în spic, la maturitatea fiziologică s-au recoltat din câmp 6 spice cu un peduncul de cca 20-25 cm, din fiecare soi supus analizei. Spicele din fiecare soi au fost legate într-un buchet, cu o etichetă de identificare, apoi aceste buchete au fost puse într-un stativ în poziție verticală cu baza într-o tavă cu apă. În vederea asigurării și menținerii umidității ridicate, buchetele de spice astfel pregătite au fost apoi acoperite cu un clopot. Pentru menținerea umidității, spicele au fost stropite zilnic cu apă, prin pulverizare cu o pompă manuală.

Aprecierea rezistenței soiurilor la încolțire s-a făcut după 10 zile, prin aprecierea vizuală a gradului de încolțire și notarea de la 1 la 9, în care 1 = foarte sensibil la încolțirea în spic (foarte încolțit), iar 9 = foarte rezistent la încolțirea în spic (foarte puțin încolțit). Aprecierea s-a făcut pe fiecare spic, iar nota înregistrată pentru fiecare combinație hibridă reprezintă media a 6 spice.

Indicele de cădere s-a determinat în timpul repausului seminal. Astfel, din fiecare cultivar au fost recoltate 20 spice, care au fost treierate manual. Semințele au fost măcinate în aceeași zi în care s-au recoltat. Pentru determinarea indicelui de cădere prin metoda Hagberg a fost folosită făina integrală (șrot).

Heterozisul față de media părinților (heterozisul relativ) s-a calculat după formula:

$$\text{Heterozis} = \frac{F_1 - MB}{MB} \times 100 ;$$

Heterozisul față de cel mai bun părinte s-a calculat după formula:

$$\text{Heterozis} = \frac{F_1 - HP}{HP} \times 100 ;$$

Gradul de dominanță (D) a fost dedus din raportul de potență (Romero și Fray, 1973) și calculat ca valoare procentuală a raportului dintre media hibridului F_1 și media părintelui cu valoarea mai mare, din fiecare combinație hibridă, după formula:

$$D = \frac{F_1}{HP} \times 100 ;$$

Coefficientul de heritabilitate în sens larg (H), care exprimă raportul dintre varianța genetică totală și varianța fenotipică a fost calculat prin trei metode:

a) Mahmoud și Kramer (1951):

$$H = \frac{V_{F_2} - \sqrt{V_{P_1} \times V_{P_2}}}{V_{F_2}} ;$$

b) Briggs și Knowles (1967):

$$H = [V_{F_2} - 1/2 (V_{P_1} + V_{P_2})] / V_{F_2};$$

c) Lawrence și Jinks (1973):

$$H = [V_{F_2} - 1/4 (V_{P_1} + V_{P_2} + 4V_{F_1})] / V_{F_2};$$

Coefficientul de heritabilitate în sens restrâns (h^2) care exprimă raportul dintre varianța genetică aditivă și varianța fenotipică s-a calculat după relația propusă de (Warner, 1952):

$$h^2 = \frac{2V_{F_2} - (V_{Bc1} + V_{Bc2})}{V_{F_2}} ;$$

Rata transgresiilor favorabile s-a calculat ca procent standard de indivizi din distribuția normală a unei populații F_2 care manifestă superioritate față de părintele cu valoarea mai mare din fiecare combinație hibridă, după modelul propus de (Echocard și Huet, 1961), având la bază relația:

$$x = \pm \frac{P_i - F_2 + 2 \bar{\sigma}_e}{S_{F_2}}$$

$$\bar{\sigma}_e = \frac{\sqrt{V_{P_1} + V_{P_2} + 2V_{F_1}}}{4}$$

Valoarea lui x se va căuta în tabelul lui Fisher (1963).

Estimarea numărului de gene s-a făcut prin două metode de calcul:

a) Castle (1921):

$$N = \frac{(P1-P2)^2}{8(VF2-VE)} ;$$

b) Cookerham (1986)

$$N = \frac{(P1-P2)^2 - VP1-VP2}{8(VF2-VE)} ;$$

$$VE = 1/2VP1+1/4Vp2+1/2VF1$$

Efectele acțiunilor genelor implicate în ereditatea caracterelor menționate au fost calculate după modelul de analiză genetică aplicat de G a m b l e (1962), model care permite descompunerea efectelor genetice prin împărțirea mediei populațiilor și evaluarea acțiunilor genice medii (m), aditive (a), dominante (d) și a celor epistatice datorate interacțiunilor interalelice de tipul aditiv x aditiv (aa), aditiv x dominant (ad) și dominant x dominant (dd), precum și stabilirea semnificației acestora cu ajutorul varianțelor corespunzătoare.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Studiul eredității reacției la încolțirea în spic s-a făcut prin analiza regresiei hibridilor F_1 și F_2 în raport cu părintele, întrucât metoda propusă de Ecochard și Huet (1961) poate aduce o primă informație despre efectele genice răspunzătoare de controlul unui anumit caracter cantitativ. Această metodă de analiză este recomandată pentru studiul efectelor ce guvernează caracterele cantitative la plantele autogame și se bazează pe modul cum hibridii se grupează în jurul drepte de regresie. În cazul în care hibridii se grupează în jurul drepte de regresie, se presupune că pentru caracterul studiat efectele genice implicate sunt aditive, iar atunci când hibridii se dispersează față de dreapta de regresie se poate presupune că pentru caracterul studiat ar fi răspunzătoare efecte genice neaditive, sau implicații ale unor interacțiuni puternice cu mediul și chiar anumite erori.

În cazul setului de hibridi obținuți prin încrucișarea ciclică a părintelui comun rezistent T18-94, cu părinții variabili: Turda 95, Lovrin 32, Turda 2000, Fundulea 4, Lovrin 34 și Apullum (figurile 1 și 2), pentru nota la încolțire, se poate observa că atât în cazul generației F_1 , cât și în F_2 , hibridii sunt strâns grupați lângă dreapta de regresie, acest lucru sugerând efectul aditiv al genelor pentru acest caracter.

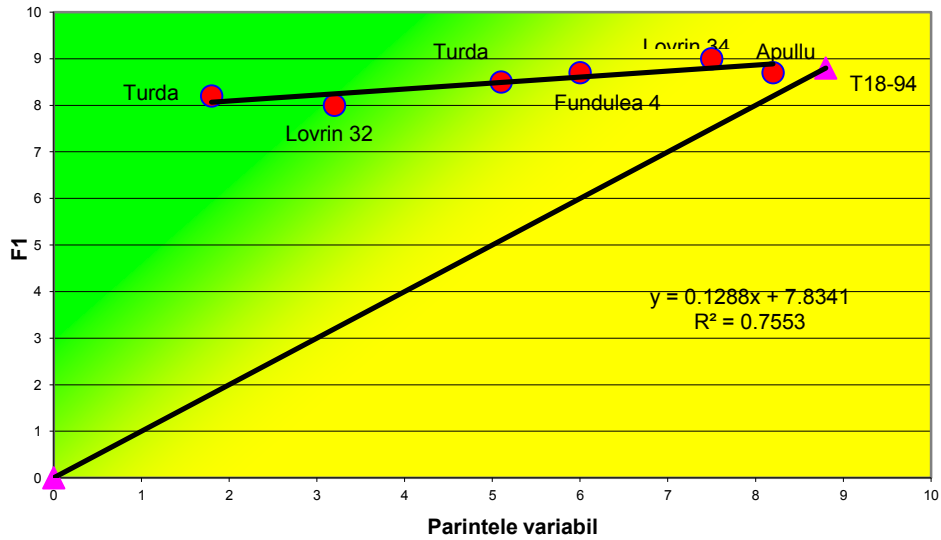


Fig. 1 – Studiul regresiei hibridilor F₁ față de părintii variabili pentru nota la încolțire, în combinația cu părintele comun T18-94

(Regression of F₁ hybrids on the variable parents for sprouting score in the combination with common parent T18-94)

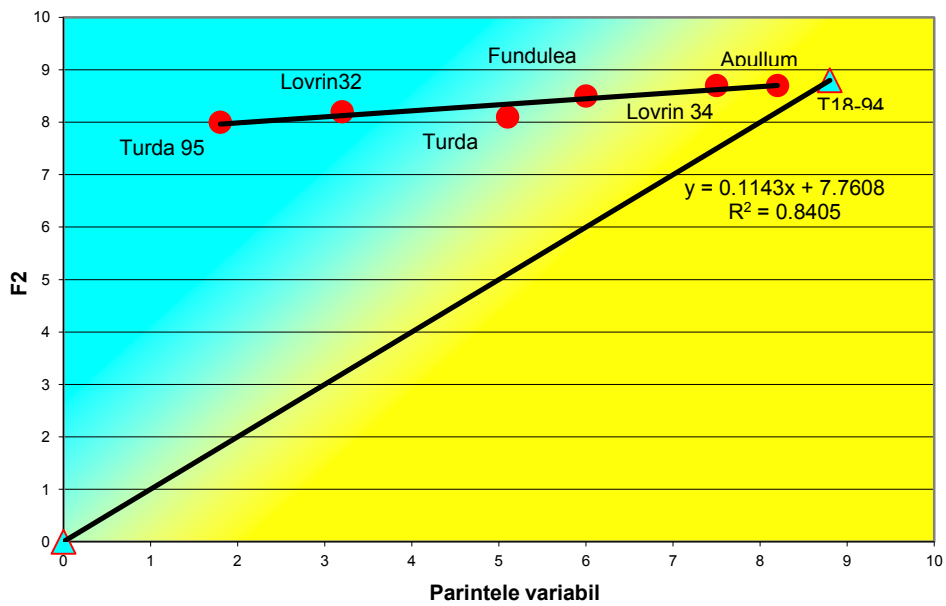


Fig. 2 – Studiul regresiei hibridilor F₂ față de părintii variabili pentru nota la încolțire, în combinația cu părintele comun T18-94

(Regression of F₂ hybrids on the variable parents for sprouting score in the combination with common parent T18-94)

Din studiul regresiei hibridilor F_1 și F_2 în raport cu părintele variabil pentru indicele de cădere (figurile 3 și 4) pot fi remarcate următoarele situații:

- din dispunerea hibridilor în jurul drepte de regresie se observă că, în cazul indicelui de cădere, o parte din hibridii F_1 rezultați se grupează în jurul drepte de regresie, ceea ce ar putea însemna că în acele cazuri efectul genelor care condiționează caracterul, este aditiv;

- sunt și hibridi care s-au situat la diferite distanțe față de dreapta de regresie, acest lucru putând fi explicat și prin contribuția efectelor genice neaditive, sau interacțiunii cu mediul;

- în F_2 toți hibridii rezultați se grupează în jurul drepte de regresie acest lucru sugerând că pentru indicele de cădere în aceste combinații se manifestă gene cu efect aditiv.

Rezultate asemănătoare a obținut și Madoșă (2005) într-un studiu privind unele caractere cantitative la ardeul iute, precum și Huet și Ecohard (1961) într-un studiu privind precocitatea la grâul de toamnă.

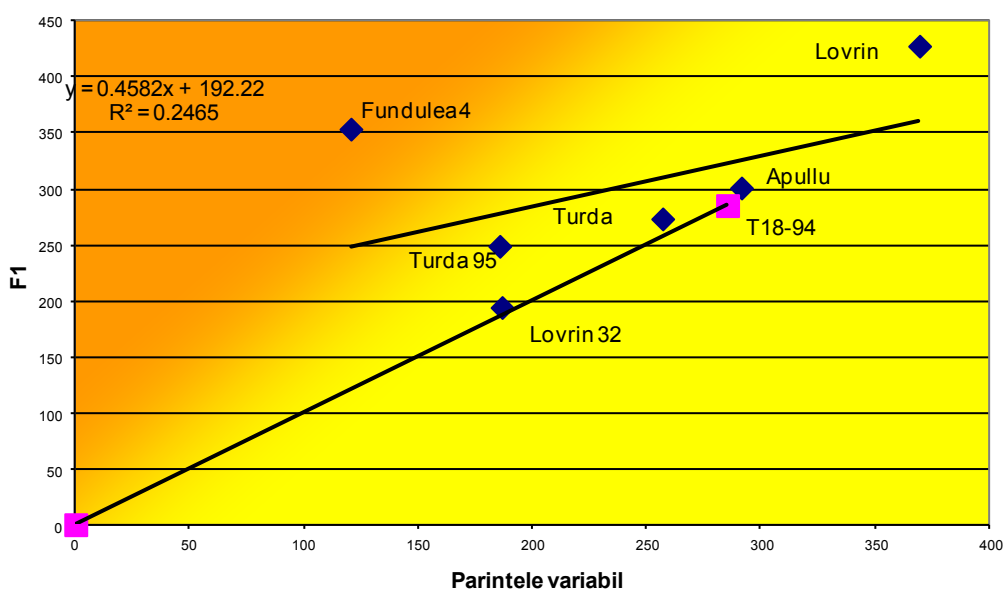


Fig. 3 – Studiul regresiei hibridilor F_1 față de părintii variabili pentru indicele de cădere, în combinația cu părintele comun T18-94
(Regression of F_1 hybrids on the variable parents for falling number in the combination with common parent T18-94)

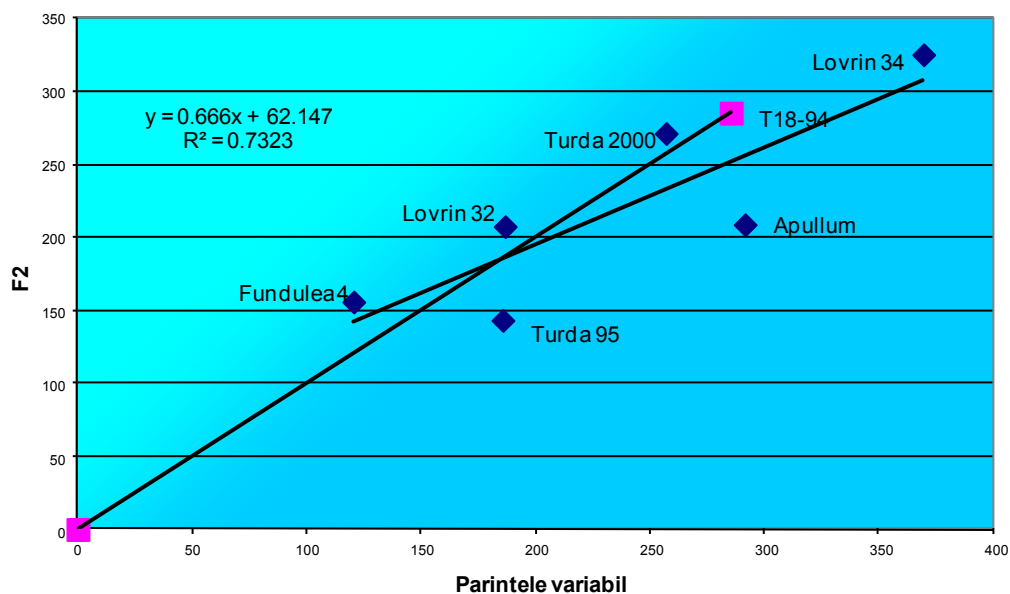


Fig. 4 – Studiul regresiei hibridilor F_2 față de părinții variabili pentru indicele de cădere, în combinația cu părintele comun T18-94
(Regression study of F_2 hybrids on the variable parents for falling number in the combination with common parent T18-94)

În tabelul 2 sunt prezentate efectele acțiunilor genetice implicate în ereditatea rezistenței la încolțirea în spic. În mod deosebit se remarcă contribuția efectelor medii care sunt foarte semnificative și superioare ca valoare în toate cazurile față de celelalte efecte genetice. Este de remarcă faptul că majoritatea efectelor sunt semnificative, acest aspect a mai fost remarcat și de Căbulea și colaboratorii (1969), referitor la ereditatea reacției porumbului la *Ustilago* sp. De asemenea, se poate observa faptul că efectele genice aditive și dominante din setul de încrucișări cu părintele comun rezistent T18-94 sunt pozitive în sensul sporirii rezistenței la încolțirea în spic, în combinațiile cu părinții sensibili, Turda 95, Lovrin 32, observându-se că efectele aditive sunt semnificative, iar valoarea acestor efecte este mai mare, în timp ce pentru combinația cu soiul mijlociu sensibil, Turda 2000, se observă că aditivitatea dată de efectele epistatice de tip „aa” are un rol important în sporirea rezistenței la încolțirea în spic, valoarea efectului fiind mai ridicată față de celelalte efecte genice. În privința valorilor interacțiunilor interalelice de tip epistatic, cu excepția combinațiilor între părinții rezistenți și mijlociu rezistenți, T18-94/Apullum și T18-94/Lovrin 34 unde la efectele de tip dominant x dominant (dd) avem valori pozitive, precum și a combinației T18-94/Turda 2000 la interacțiunea de tip aditiv x aditiv (aa) unde avem din nou valoare pozitivă și semnificativă, la toate celelalte combinații hibride în privința interacțiunilor, valorile efectelor demonstrează că acestea acționează în direcția sensibilității la încolțirea în spic.

Prin urmare, în cazul combinației cu părinte comun rezistent, aditivitatea și dominanța joacă un rol important în sporirea rezistenței la încolțirea în spic, în timp ce interacțiunile genice joacă un rol important în direcția sporirii sensibilității la încolțire. La rezultate întrucâtva asemănătoare au ajuns și Sharma și colaboratorii (1994) care, într-o experiență în care a încrucișat un soi rezistent cu un altul sensibil, a remarcat că toleranța la încolțirea în spic este dependentă de o singură genă cu efect de dominanță.

Tabelul 2

Efectele acțiunilor genice implicate în ereditatea încolțirii în spic în combinația cu părinte comun rezistent T18-94

(The effects of gene action involved in pre-harvest sprouting resistance heredity in the hybrid combinations with resistant common parent T18-94)

Combinatia hibridă	Tipul reacției formelor parentale	Efectele genice					
		m	a	d	aa	ad	dd
T18-94/Apullum	R x MR	8,7***	0,1	-0,4**	-0,6***	-0,2	0,8***
T18-94/Turda 2000	R x MS	8,1***	0,2	3,15***	1,6***	-1,65***	-4,7***
T18-94/Turda 95	R x S	8***	2,7***	0,7***	-2,2***	-0,8**	-0,6**
T18-94/Lovrin 32	R x S	8,2***	1,2***	2***	0	-1,6***	-4,8***
T18-94/Fundulea 4	R x MS	8,5***	0,7*	0,7***	-0,6***	-0,7*	-0,6**
T18-94/Lovrin 34	R x MR	8,7***	0,2	0,45***	-0,4***	-0,45**	0,3**

În tabelul 3 sunt prezentate rezultate privind efectele acțiunilor genice implicate în ereditatea indicelui de cădere într-un set de combinații ciclice în care s-a folosit ca părinte comun linia rezistentă la încolțirea în spic și cu un indice de cădere ridicat T18-94.

Într-un mod deosebit se remarcă faptul că în comparație cu efectele implicate în ereditatea reacției la încolțirea în spic, în cazul indicelui de cădere efectele medii sunt semnificative, dar nu sunt superioare valorilor celorlalte efecte genice. Pe baza valorilor acțiunilor genice se poate afirma că efectele de dominanță sunt superioare efectelor aditive, care, după cum se poate observa, sunt de importanță minoră în ereditatea acestui caracter.

Efectele epistatice aa și dd, exceptând cele de tip aditiv x dominant (ad) care nu influențează într-o măsură așa mare ereditatea indicelui de cădere, sunt foarte importante întrucât sunt mult mai mari decât efectele de dominanță și aditivitate, valoarea efectelor fiind comparabilă chiar cu efectele medii. Exceptând combinația T18-94/Turda 2000, efectele epistatice de tip aditiv x aditiv (aa) sunt semnificative și cu valori pozitive, mărimea acestor efecte indicând că ele sunt de o importanță ridicată pentru ereditatea acestui caracter. Însă, cea mai mare importanță în ereditatea indicelui de cădere se pare că o au efectele epistatice de tip dominant x dominant (dd), unde, cu excepția combinației T18-94/Lovrin 32, toate valorile efectelor sunt mari și semnificative, valorile acestui tip de interacțiune sunt comparabile ca mărime cu valorile efectelor medii.

Tabelul 3

Efectele acțiunilor genice implicate în ereditatea indicelui de cădere în combinația cu părinte comun rezistent T18-94

(The effects of gene action involved in falling number heredity in the hybrid combinations with resistant common parent T18-94)

Combi-nația hibridă	Tipul reacției formelor parentale	Efectele genice					
		m	a	d	aa	ad	dd
T18-94/Apullum	R x MR	208***	-38*	464***	451***	-35*	-559***
T18-94/Turda 2000	R x MS	271***	-7	-124***	-126***	-21	257***
T18-94/Turda 95	R x S	143***	58**	100***	86***	8	222***
T18-94/Lovrin 32	R x S	207***	-55*	9*	50*	-105***	-71**
T18-94/Fundulea 4	R x MS	155***	67*	200***	49**	-15	391***
T18-94/Lovrin 34	R x MR	325***	-87***	219***	119***	-45*	-29

Analizând datele tabelului 4, se poate observa că valorile heritabilității în sens larg calculate după formula sugerată de Lawrence și Jinks (1973) sunt situate între 47,61 și 78,58, iar heritabilitatea în sens restrâns are valori situate între 14,13 și 44,04. De asemenea, se constată că heritabilitatea în sens larg calculată după toate cele trei modele de evaluate au valori apropiate între ele. Coeficientul de heritabilitate în sens restrâns are valori apropiate de coeficientul de heritabilitate în sens larg, acest lucru poate fi pus pe seama faptului că în acest set de combinații ciclice aditivitatea are un rol mult mai important în ereditatea rezistenței la încolțirea în spic.

Tabelul 4

Parametrii eredității estimați pentru nota la încolțire în sistemul de încrucișări cu părinte comun T18-94

(The heredity parameters estimated for pre-harvest sprouting score in the crosses system with common parent T18-94)

Combi-nația hibridă	Coeficientul de heritabilitate				Rata transgresiilor favorabile (‰)
	În sens larg (H%)			În sens restrâns (h ² %)	
	*	**	***	****	
T18-94/Apullum	45,82679	15,47619	47,61905	44,04762	74
T18-94/Turda 2000	69,03521	52,80702	46,22807	35,4386	36
T18-94/Turda 95	70,75533	59,43396	78,58491	26,79245	7
T18-94/Lovrin 32	87,02997	74,0021	78,28256	20,88235	13
T18-94/Fundulea4	59,25926	32,09877	60,90535	26,74897	31
T18-94/Lovrin 34	38,50285	29,34783	5923913	14,13043	54

* H după Mahmoud și Kramer (1951); *** H după Lawrence și Jinks (1973);

** H după Briggs și Knowles (1967); **** h² după Warner (1952).

Rata transgresiilor favorabile sugerează faptul că pentru a selecta linii cu rezistență mai ridicată decât părintele cel mai rezistent, încrucișarea cu un soi sau linie rezistentă oferă cea mai mare șansă pentru a îndeplini scopul propus. În încrucișarea liniei rezistente T18-94 cu soiurile mijlociu rezistente Apullum și Lovrin 34 rata transgresiilor este cea mai ridicată, în cazul încrucișării cu soiurile mijlocii sensibile rata transgresiilor

favorabile are valori medii, iar atunci când linia rezistență T18-94 se încrucișează cu soiurile sensibile Turda 95 și Lovrin 32 rata transgresiilor are valoarea cea mai mică.

Referitor la coeficientul de heritabilitate, menționăm că rezultate asemănătoare cu ale noastre a obținut și R i g o r (2008) într-o experiență cu privire la rezistența la încolțirea în spic făcută asupra unui număr de opt linii recombinante. Astfel, R i g o r (2008) a obținut pentru coeficientul de heritabilitate în sens larg valori situate între 67 și 86, iar pentru coeficientul de heritabilitate în sens restrâns între 50 și 76.

Pentru indicele de cădere, se pare că valorile coeficientului de heritabilitate calculat prin cele trei metode sunt apropiate (tabelul 5). De asemenea, heritabilitatea în sens restrâns prezintă valori foarte mari, uneori apropiate chiar de valorile heritabilității în sens larg. Valorile coeficientului de heritabilitate în sens restrâns în acest set de combinații, uneori chiar depășește valoarea heritabilității în sens larg cum ar fi în combinația T18-94/Fundulea 4. Aceste rezultate pot sugera că în ereditatea indicelui de cădere foarte adesea acționează gene cu efect aditiv. Valori ridicate ale coeficientului de heritabilitate pentru indicele de cadere au fost semnalate și de alți autori. Astfel, Z a n e t t i și colaboratorii (2000) au găsit o valoare ridicată ($h^2=85$), sugerând că acesta ar fi un motiv în plus ca amelioratorii să utilizeze indicele de cădere drept criteriu de selecție pentru îmbunătățirea rezistenței la încolțirea în spic a grâului.

Rata transgresiilor favorabile sugerează că doar în cazul combinațiilor T18-94/Turda 2000, T18-94/Lovrin 32 și T18-94/Lovrin 34 există probabilitatea de apariție a unor transgresii, astfel încât liniile obținute din aceste încrucișări să transeadă părintele cu valoarea indicelui de cădere cea mai mare. În restul combinațiilor se pare că sunt șanse foarte puține de apariție a formelor segregante transgresive față de părintele cu valoarea indicelui de cădere cea mai mare.

Tabelul 5

Parametrii eredității estimați pentru indicele de cădere, în sistemul de încrucișări cu părinte comun T18-94

(The heredity parameters estimated for falling number in the crosses system with common parent T18-94)

Combinăția hibridă	Coeficientul de heritabilitate				Rata transgresiilor favorabile ($^0/_{00}$)
	În sens larg (H%)			În sens restrâns ($h^2\%$)	
	*	**	***	****	
T18-94/Apullum	74,55602	74,27772	64,47439	45,42791	0,5
T18-94/Turda 2000	71,89038	71,65098	63,00737	58,29719	28
T18-94/Turda 95	60,8978	60,88455	74,2244	50,03476	0,002
T18-94/Lovrin 32	81,60624	81,12336	63,90474	51,97254	88
T18-94/Fundulea 4	51,18978	49,00888	32,97886	44,41099	0,00003
T18-94/Lovrin 34	78,78824	78,5595	80,89432	52,56908	52

* H după Mahmoud și Kramer (1951);

*** H după Lawrence și Jinks (1973);

** H după Briggs și Knowles (1967);

**** h^2 după Warner (1952).

Heterozisul a fost calculat în două modalități, față de media părinților și față de cel mai bun părinte. De asemenea, a fost calculată și dominanța pe baza raportului de potență care presupune raportarea valorilor F_1 la valorile celui mai bun părinte. Pentru a observa cum este influențată comportarea hibridilor F_1 în funcție de condițiile climatice,

heterozisul și dominanța au fost calculate pe baza datelor experimentale obținute pe doi ani.

Studiul heterozisului din combinația ciclică cu părintele rezistent T18-94 (tabelul 6) arată că în anul 2011 heterozisul în cazul notei la încolțire prezintă valori mai ridicate în majoritatea combinațiilor în comparație cu anul 2010. Excepție sunt combinațiile T18-94/Apullum și T18-94/Turda 2000 la care se pare că heterozisul în anul 2011 are valori mai scăzute în comparație cu anul 2010. Este de observat faptul că și în combinația T18-95/Fundulea 4, în anul 2011 se manifestă un heterozis consistent față de media părinților. De asemenea, urmărind heterozisul față de cel mai bun părinte observăm că valorile obținute sunt foarte apropiate de zero, în anul 2010 din combinația T18-94/Turda 2000 se obține un heterozis de circa 6,7%, iar în anul 2011 din combinația T18-94/Lovrin 34 se poate obține un heterozis de 2,2% față de cel mai bun părinte. Este de remarcat că în acest set de combinații majoritatea hibridilor în privința heterozisului față de cel mai bun părinte prezintă valori apropiate de zero, ceea ce ar putea însemna că părintele rezistent T18-94 este un bun genitor pentru rezistența la încolțirea în spic întrucât aduce hibridii rezultați în urma încrucișărilor aproape de el ca valoare. În privința dominanței în anul 2010 la combinațiile T18-94/Apullum, T18-94/Turda 2000 și T18-94/Turda 95 se manifestă pentru nota la încolțire dominanța completă, iar pentru combinațiile T18-94/Lovrin 32, T18-94/Fundulea 4 și T18-94/Lovrin 34 se manifestă dominanță parțială cu tendință spre dominanță completă. Pentru anul 2011, în toate combinațiile obținute pentru nota la încolțire se manifestă dominanță completă. În privința legăturii între dominanță și rezistența la încolțirea în spic a hibridilor F_1 , se observă cum creșterea dominanței duce la creșterea rezistenței la încolțirea în spic. Spre exemplu, în combinațiile T18-94/Lovrin 32, T18-94/Fundulea 4 și T18-94/Lovrin 34 din anul 2010 se manifestă doar dominanță parțială cu tendință spre dominanță completă, iar valorile heterozisului sunt foarte mici. În schimb, în anul 2011, pentru aceleași combinații, prin creșterea dominanței rezultă un heterozis puternic în privința rezistenței la încolțirea în spic, în combinația T18-94 obținându-se heterozis față de cel mai bun părinte.

Tabelul 6

**Studiul heterozisului și a dominanței pentru nota la încolțire
în anii 2010 și 2011**
(The heterosis and dominance for pre-harvest sprouting resistance score,
in 2010 and 2011)

Combi-na-ția	2010			2011			2010		2011	
	Heterozis		D	Heterozis		D	F_1	\bar{X}_p	F_1	\bar{X}_p
	\bar{X}_p (%)	P_{Max} (%)		\bar{X}_p (%)	P_{Max} (%)					
T18-94/Apullum	6,25	0	100	2,3	-1,1	98,8	8,5	8	8,5	8,7
T18-94/Turda 2000	28	6,7	106	22,3	-3,4	96,5	8	6,2	6,95	8,5
T18-94/Turda 95	36,3	0	100	54,7	-6,8	93,1	7,5	5,5	5,3	8,2
T18-94/Lovrin 32	20	-20	80	33,3	-9,0	90,9	6	5	6	8
T18-94/Fundulea4	-6,7	-20	80	17,5	-1,1	98,8	6	6,5	7,4	8,7
T18-94/Lovrin 34	-17	-20	80	10,4	2,2	102	6	7,2	8,15	9

Trebuie precizat că indicele de cădere exprimat în secunde este un parametru obținut în urma analizei făcute pe făina din grâu și măsoară în mod indirect activitatea α -amilazei. Astfel, un indice de cădere ridicat presupune o activitate enzimatică redusă, iar o valoare a indicelui de cădere scăzută indică o activitate a α -amilazei ridicată. În cazul în care valoarea heterozisului este negativă, se presupune că se manifestă un heterozis al intensificării activității α -amilazei.

În tabelul 7 sunt prezentate rezultatele privind heterozisul și dominanța într-un set de combinații ciclice în care s-a folosit ca părinte comun linia rezistentă T18-94. Acest set de combinații, după cum se poate observa, diferă foarte mult în ceea ce privește heterozisul în cei doi ani. În combinațiile liniei rezistente T18-94 cu cele două soiuri mijlociu rezistente Apullum și Lovrin 34 în anul 2010, se observă că valorile heterozisului sunt foarte scăzute, acest lucru presupunând că se produce un efect heterozis, dar în sensul creșterii intensității activității α -amilazei. Însă, în anul 2011, în aceste două combinații, se manifestă heterozis atât față de media părinților, cât și față de cel mai bun părinte, spre exemplu în combinația T18-94/Lovrin 34 valoarea heterozisului este foarte ridicată, în comparație cu cel mai bun părinte fiind de 15,6%.

Atunci când linia rezistentă T18-94 se combină cu soiurile mijlociu sensibile Turda 2000 și Fundulea 4, în anul 2010 valorile heterozisului sunt mult sub zero, din această cauză se poate presupune că și în cazul acestor combinații avem de-a face cu un heterozis puternic, dar în sensul intensivizării acțiunii enzimelor amilolitice. În anul 2011, pentru aceleași combinații, se poate observa că se produce heterozis față de media părinților, dar și față de cel mai bun părinte, în combinația T18-94/Fundulea 4 valoarea heterozisului fiind de 74,3% față de media părinților și de 24,2% față de cel mai bun părinte.

În ce privește rezultatele heterozisului în cele două combinații în care linia rezistentă T18-94 se combină cu cele două soiuri sensibile Turda 95 și Lovrin 32 se observă că, de asemenea, în anul 2010 nu se manifestă heterozis pentru indicele de cădere, însă în anul 2011 se produce în combinația T18-94/Turda 95 un heterozis de 5,7% în ceea ce privește caracterul studiat.

În ceea ce privește dominanța se observă că atunci când se manifestă dominanță parțială, cum ar fi în combinațiile T18-94/Turda 95, nu există heterozis privind indicele de cădere, iar atunci când pentru indicele de cădere se manifestă dominanță parțială cu tendință spre dominanță completă, ca în combinația T18-94/Turda 95 în anul 2011 și T18-94/Lovrin 34, în anul 2010, cu toate că există un heterozis foarte mic, nu există heterozis deloc pentru indicele de cădere, totuși valorile obținute sunt mai mari în comparație cu valorile de la combinațiile unde se manifestă doar dominanță incompletă. De asemenea, în combinațiile T18-94/Apullum și T18-94/Turda 2000 în anul 2011 se manifestă pentru indicele de cădere dominanță completă, iar analizând rezultatele heterozisului putem observa că acestea sunt mai ridicate în comparație cu acele cazuri în care se manifestă doar dominanță incompletă sau dominanță parțială cu tendință de dominanță completă. În ceea ce privește combinațiile T18-94/Fundulea 4 și T18-94/Lovrin 34, în aceste două cazuri în anul 2011 se manifestă fenomenul de supradominanță, iar examinând datele rezultate din calculul heterozisului, se poate observa că în aceste două combinații se manifestă cel mai puternic heterozis pentru indicele de cădere, atât față de media părinților, dar și față de cel mai bun părinte.

Tabelul 7

**Studiul heterozisului și a dominanței pentru indicele de cădere
în anii 2010 și 2011**
(The heterosis and dominance for falling number, in 2010 and 2011)

Combi-na-ția	2010			2011			2010		2011	
	Heterozis		D	Heterozis		D	\bar{X}_P	F ₁	\bar{X}_P	F ₁
	\bar{X}_P (%)	P _{Max} (%)		\bar{X}_P (%)	P _{Max} (%)					
T18-94/Apullum	-49,4	-56,8	43,1	4,5	3,4	103	282	142	288	301
T18-94/Turda 2000	-31,7	-48,3	51,6	1,1	-3,8	96	249	170	271	274
T18-94/Turda 95	-39,4	-51,9	48	5,7	-12,6	87	261	158	235	249
T18-94/Lovrin 32	-6	-31	68,9	-17	-31,9	68	241	227	236	194
T18-94/Fundulea4	-39,6	-53,7	46,2	74,3	24,2	124	252	152	203	354
T18-94/Lovrin 34	-12,8	-19,4	80,5	30,6	15,6	115	304	265	327	428

Ullrich și colaboratorii (1993), citați de Zanetti și colaboratorii (2000), au identificat 10 gene cu efect asupra repausului seminal într-o populație de 150 linii de orz, iar Hayes și colaboratorii (1993), citați de Zanetti și colaboratorii (2000), au identificat nouă regiuni genomice care sunt asociate cu ereditatea α -amilazei într-o experiență în care a lucrat pe 150 linii dihaploide de orz, în patru condiții de mediu diferite. În același sens, Mather și colaboratorii (1997) au identificat, de asemenea, două QTL minore și două QTL majore răspunzătoare de activitatea α -amilazei într-o populație de orz. Mai recent, Zanetti și colaboratorii (2000) au pus în evidență 16 regiuni genomice care sunt asociate cu rezistența la încolțirea în spic într-o experiență în care au utilizat încrucișări de tipul grâu comun \times spelta.

Prin urmare, studiile menționate au arătat că la baza eredității rezistenței la încolțirea în spic stă un șir de factori genetici în interacțiune cu factori de mediu. Din punct de vedere genetic, asupra rezistenței la încolțirea în spic acționează atât gene minore, cât și gene majore. Numărul genelor în majoritatea studiilor, fie că acestea s-au bazat pe metode ale geneticii moleculare, cum ar fi QTL, fie au avut la bază unele metode de calcul specifice geneticii cantitative, variază foarte mult de la un autor la altul. În prezenta lucrare estimarea numărului de gene s-a efectuat pe baza unor metode de calcul, iar numărul genelor care au rezultat ca fiind responsabile în ceea ce privește ereditatea încolțirii în spic sunt foarte apropiate de cele citate în lucrările de specialitate.

La combinațiile în care s-a folosit ca părinte comun matern, soiul rezistent T18-94, după cum se poate observa în tabelul 8, numărul genelor implicate în ereditatea încolțirii în spic este destul de ridicat. O excepție ar fi în cazul combinației între T18-94 și soiul mijlociu rezistent Apullum unde în cazul în care s-a încercat calculul numărului de gene după metoda descrisă de C o o k e r h a m (1986) rezultatele obținute nu au putut evidenția implicarea unui anumit număr de factori genetici în ereditatea fenomenului studiat, iar atunci când calculul numărului genelor s-a făcut după metoda descrisă de C a s t l e (1921) a rezultat că în ereditatea încolțirii în spic la această combinație este implicată doar o singură genă. De asemenea, ar fi de remarcat faptul că în combinațiile în care linia rezistentă T18-94 este încrucișată cu părinți comuni reprezentați de soiurile sensibile, numărul genelor implicate în ereditatea încolțirii în spic este mai ridicat în comparație cu

hibrizii rezultați în urma încrucișării cu soiuri rezistente sau chiar mijlocii sensibile. Spre exemplu, în încrucișarea cu soiul mijlociu rezistent Lovrin 34 numărul genelor implicate în ereditatea caracterului studiat este de aproximativ 4-5, iar atunci când linia rezistentă T18-94 este încrucișată cu soiurile mijlocii sensibile Turda 2000 și Fundulea 4 numărul genelor implicate în ereditatea încolțirii în spic a fost estimat la 12 și, respectiv, 7 locusuri. Atunci însă când în încrucișare sunt implicate cele două soiuri sensibile Turda 95 și Lovrin 32, numărul genelor implicate în ereditatea fenomenului crește la 30-31 gene.

Tabelul 8

Numărul de gene implicate în ereditatea rezistenței la încolțirea în spic, la combinațiile cu părinte comun Turda 18-94

(Number of genes involved in the heredity of pre-harvest sprouting resistance, in the crosses with common parent Turda 18-94)

Combi-na-ția hibridă	Numărul de gene*	
	N1	N2
T18-94/Apullum	1	-
T18-94/Turda 2000	12	12
T18-94/Turda 95	31	30
T18-94/Lovrin 32	31	31
T18-94/Fundulea 4	7	7
T18-94/Lovrin 34	5	4

*N1, după Castle (1921)

*N2, după Cookerham (1986)

Relația între nota la încolțire și indicele de cădere la 105 genotipuri (figura 5), care sunt constituite din hibrizii F₁, F₂, BC₁, BC₂ și cele 9 forme parentale de grâu de toamnă, a scos în evidență un coeficient de corelație foarte semnificativ, $r = 38^{***}$. Rezultate asemănătoare au fost comunicate de (Flintham, 2004), care a arătat că între nota la încolțire și indicele de cădere o valoare a coeficientului de determinație între indicele de cădere și rezistența la încolțire de $r^2 = 0,34^{**}$.

După cum putem observa în figura 5, coeficientul de determinație sugerează că doar 14% din variația rezistenței la încolțire este o consecință a variației indicelui de cădere. Într-o experiență care a cuprins doar cele nouă forme parentale, Lupu și colaboratorii (2010) au găsit un coeficient de determinație de 40%, iar în anul 2011 aceiași autori, folosind același material biologic, au observat că între cele două caractere studiate a existat un coeficient de determinație de 16%, discrepanțele între rezultatele obținute putând fi puse pe baza efectului mediului din cei trei ani de experiență asupra indicelui de cădere.

Se poate observa că indicele de cădere nu poate fi utilizat ca un singur criteriu în selecția privind rezistența la încolțirea în spic. Spre exemplu, o parte din genotipurile studiate, deși au un indice de cădere scăzut, sub 200 sau chiar 150, prezintă o rezistență mijlocie sau chiar ridicată la încolțirea în spic. De asemenea, unele genotipuri, deși prezintă un indice de cădere relativ ridicat, peste 200 secunde, acestea sunt mijlociu-sensibile sau sensibile la încolțirea în spic. Indicele de cădere se poate utiliza, prin urmare, în orientarea amelioratorilor atunci când se face selecția în privința rezistenței la încolțirea în spic, dar și în selecția privind calitatea grâului în ceea ce privește

pretabilitatea folosirii acestuia în industria de morărit și panificație, unde se știe că cea mai bună făină în această privință este aceea care are un indice de cădere situat între 220 și 280 secunde. De asemenea, indicele de cădere se poate utiliza de către industria de morărit în identificarea grânelor afectate de încolțirea în spic, sau care ca urmare a efectelor climatice, chiar dacă încă nu au încolțit activitatea enzimatică în interiorul boabelor este declanșată. La rezultate asemănătoare au ajuns și Barbeau și colaboratorii (2006), citați de Kelly (2008), care, studiind 17 genotipuri de grâu în privința identificării deprecierei produse de încolțirea în spic, folosind indicii de cădere, au observat că doar 35% din genotipuri sunt afectate de încolțirea în spic. Însă, analizând făina cu ajutorul farinografului, s-a dovedit că toate genotipurile studiate au fost de proastă calitate. Prin urmare, autorii au concluzionat că nici indicele de cădere nu poate fi folosit singur în industria de morărit și panificație ca unică metodă de identificare a grâului depreciat din cauza încolțirii în spic.

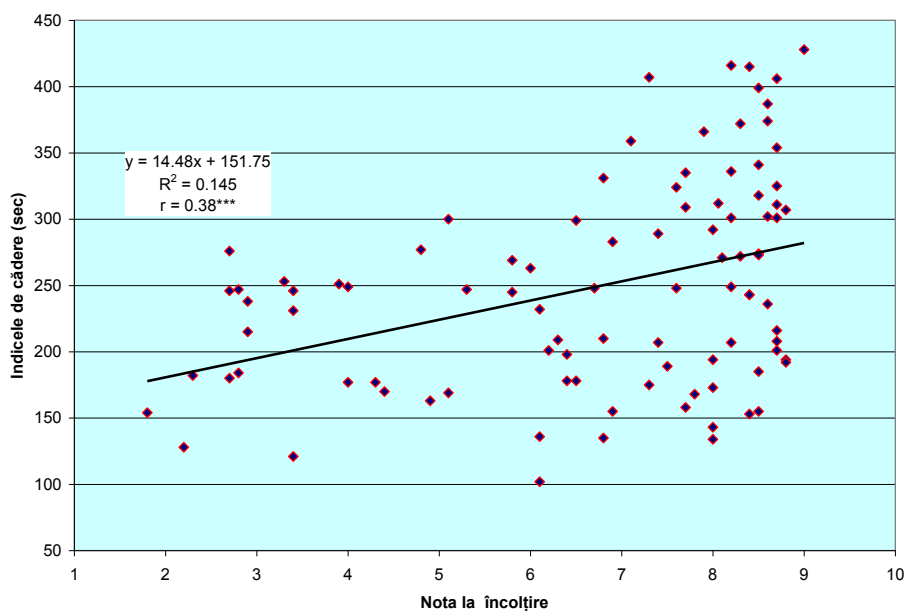


Fig. 5 – Studiul corelației între nota la încolțire și indicele de cădere (105 cazuri)
(Correlation between pre-harvest sprouting score and falling number - 105 cases)

Din studiul relației între conținutul de proteină și rezistența la încolțirea în spic (figura 6) reiese că există o corelație pozitivă semnificativă între cele două caractere studiate, $r = 0,36^{***}$. Se cunoaște faptul că între cantitatea de proteină și sticlozitate, respectiv duritatea bobului, există o corelație pozitivă puternică. Această corelație se bazează, probabil, pe faptul că la semințele cu sticlozitate ridicată și cu bobul dur absorbția apei în se face mai greu. Rezultate asemănătoare au fost obținute și comunicate de Barnard și colaboratorii (2005), care, într-o experiență privind caracteristicile bobului precum și efectul acestora asupra încolțirii, au identificat corelația pozitivă existentă între rezistența la încolțire și conținutul în proteină al bobului, respectiv duritatea acestuia. Coeficientul

de determinație $r^2 = 0,13$ sugerează că doar 13% din variația rezistenței la încolțire este influențată de variația conținutului de proteină. Se cunoaște faptul că între prioritățile urmărite în crearea de soiuri la grâu, în majoritatea programelor de ameliorare, pe lângă producție, se lucrează cel mai mult pentru calitatea de panificație. Corelația semnificativ pozitivă între cele două caractere studiate, respectiv nota la încolțire și conținutul de proteină, poate fi deci fructificată în programele de ameliorare prin faptul că odată cu selecția în sensul creșterii procentului de proteină în bobul de grâu se obțin și genotipuri cu o rezistență ridicată la încolțirea în spic. Totuși, după cum se poate observa în grafic, dispersia punctelor arată că sunt și genotipuri care prezintă sensibilitate la încolțirea în spic, deși au un procent de proteină ridicat.

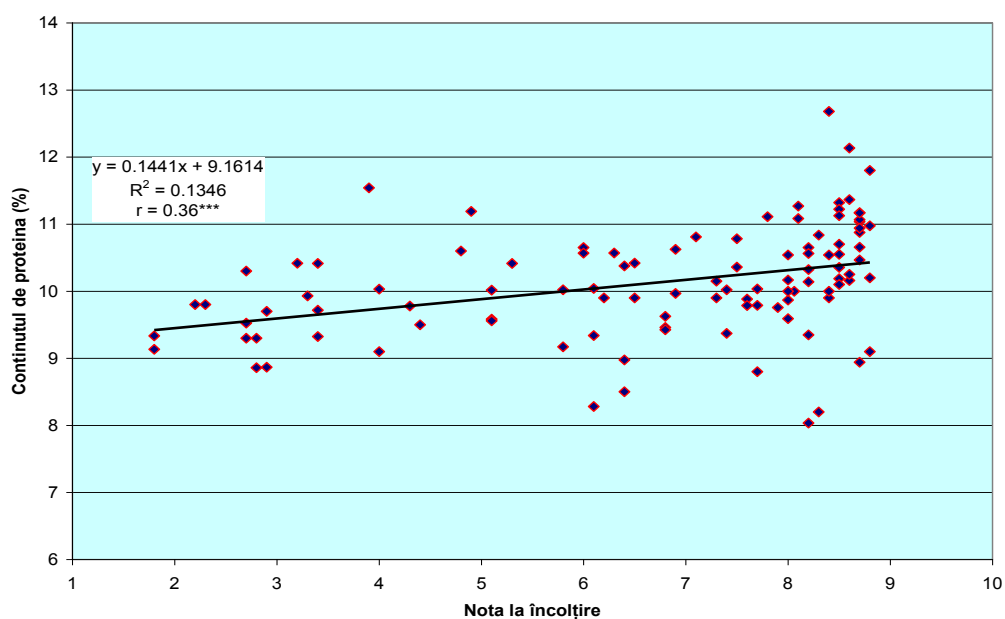


Fig. 6 – Studiul corelației între nota la încolțire și conținutul de proteină
(Correlation between pre-harvest sprouting score and protein content)

CONCLUZII

Rezultatele prezentate permit formularea unor concluzii privind descifrarea complexității fenomenului de încolțirea boabelor în spic la grâul de toamnă, precum și precizarea mecanismelor genetice implicate în ereditatea acestui caracter.

- Din punct de vedere genetic, fenomenul de încolțirea boabelor în spic poate fi abordat ca un caracter cantitativ complex, la realizarea căruia concură o serie de însușiri morfofiziologice, între care durata repausului seminal și activitatea enzimatică a α -amilazei joacă un rol esențial.

- Calculul heterozisului față de media părinților și față de cel mai bun părinte confirmă prezența heterozisului negativ (în direcția reducerii indicelui de cădere, deci a creșterii activității amilolitice) în cele mai multe combinații. Valorile dominanței estimate prin

raportul de potență diferă de la o combinație hibridă la alta, indiferent de setul de hibrizi ciclici, existând atât valori ce semnifică dominanță parțială, cât și dominanță completă, chiar și tendință de supradominanță pentru valorile mai mari de 110%.

- În cadrul fiecărui set de combinații ciclice se întâlnesc hibrizi reprezentați prin puncte grupate cât mai aproape de dreapta de regresie, în cazul cărora controlul genetic al rezistenței la încolțire este cu preponderență asigurat de gene cu efect aditiv, după cum în cazul hibrizilor reprezentați prin puncte dispersate față de dreapta de regresie este de presupus că în ereditatea reacției la încolțire sunt implicate alte tipuri de acțiuni genice.

- Anumiți hibrizi din generația F_2 , în comparație cu distribuția obținută în F_1 , se situează mai aproape de dreapta de regresie, sau se îndepărtează de aceasta. Această schimbare de poziție sugerează că în respectivele situații se remarcă fie efectele neaditive ale genelor, fie alte efecte de origine negenetică, cum ar fi cele de mediu sau chiar influența erorii.

- Efectele genice de aditivitate și dominață semnalate în combinațiile ciclice cu linia rezistentă T18-94 influențează în mod pozitiv rezistența la încolțirea în spic. Se pare însă că dominanța influențează pozitiv rezistența la încolțirea în spic cel mai mult în acest set de combinații.

- Efectele genice de tip epistatic în combinațiile cu linia rezistentă T18-94 influențează încolțirea în spic în direcția sensibilității grâului la acest caracter.

- În combinațiile cu linia rezistentă T18-94 pentru creșterea valorii indicelui de cădere, se presupune că cel mai mult se implică genele cu efect epistatic de tipul dominant \times dominant, urmate îndeaproape de efectele de dominanță și de genele cu efect epistatic de tipul aditiv \times aditiv. Aditivitatea și efectele de tipul aditiv \times dominant, cu câteva excepții, influențează indicele de cădere mai mult în sensul scăderii valorii acestuia.

- Studiul ereditabilității în sens larg a indicelui de cădere nu face decât să confirme faptul că acest caracter este afectat de factorii de mediu. În majoritatea combinațiilor hibride realizate ereditabilitatea în sens larg având o valoare în cazul indicelui de cădere mai scăzută în comparație cu cea obținută în cazul notei la încolțire.

- Pentru indicele de cădere însă valorile ridicate ale ereditabilității în sens restrâns indică faptul că la acest caracter genele cu efect aditiv joacă un rol foarte important, prin urmare, indicele de cădere poate fi mai ușor ameliorat, iar selecția pentru acest parametru al calității se poate face începând din F_2 .

- Rata transgresiilor favorabile în ceea ce privește nota la încolțire ar putea sugera, la o primă vedere, că este foarte greu de făcut selecție pentru identificarea liniilor transgresive de grâu, însă valorile foarte mici ale acestui indice se datorează și faptului că părinții cei mai rezistenți au primit note aproape de maximum permis de scara pe baza căreia s-a notat rezistența la încolțire.

- Corelația fenotipică între nota la încolțire și indicele de cădere stabilită în urma studiului făcut pe 105 genotipuri scoate în evidență că cele două caractere sunt bine corelate, întrucât între ele s-a stabilit un coeficient de corelație foarte semnificativ $r = 38^{***}$.

- Din studiul corelației dintre nota la încolțire și procentul de proteină (respectiv conținutul de gluten umed) reiese că între rezistența la încolțire și cei doi indici de calitate

există o corelație foarte semnificativă, această relație putând fi folosită cu succes în procesul de ameliorare.

- Acțiunile genice de natură aditivă, dar și efectele epistatice de tip aa, sugerează posibilitatea îmbunătățirii caracterului „rezistență la încolțirea în spic” prin metoda de ameliorare genealogică. Atât pentru indicele de cădere, cât și pentru nota la încolțirea în spic, se poate face selecție în vederea îmbunătățirii respectivelor caractere încă din generația F₂.

- Având în vedere rezultatele privind heterozisul, se evidențiază posibilitatea valorificării acestui tip de variabilitate în direcția creării de hibrizi comerciali de grâu (grâul hibrid). Se recomandă ca în cazul ameliorării în vederea obținerii de hibrizi F₁ să se acorde o atenție specială direcției în care acționează heterozisul pentru cele două caractere studiate.

- Rezultatele pe doi ani privind heterozisul sugerează ca cercetările asupra hibrizilor F₁ comerciali să fie efectuate în mai multe condiții climatice, pentru a observa stabilitatea manifestării celor două caractere legate de încolțirea în spic.

- Existența transgresiilor favorabile pentru rezistența la încolțirea în spic reprezintă o garanție privind ameliorarea acestui caracter la grâu. În acest sens, alegerea segregantelor transgresive poate fi făcută în testări artificiale care simulează condițiile de umiditate din perioada maturității grâului.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- BARNARD, A., VAN DEVENTER, C. S., MAARTENS, H., 2005 – *Genetic variability of preharvest sprouting – the South African situation*. Euphytica, 143: 291-296.
- BRIGGS, F.N. and KNOWLES, P. F., 1967 – *Introduction to plant breeding*. Reinhold Publishing Corp, New York, N.Y.
- CABULEA, I., MUNTEANU, I., POMPILIA ARDELEAN 1969 – *Cercetări privind ereditatea reacției porumbului la Ustilago maydis (DC.) Corda*. Probleme de genetică teoretică și practică, I, 1: 92-101.
- CASTLE, W. E., 1921 – *An improved method of estimating the number of genetic factors concerned in cases of blending inheritance*. Science, 54: 223.
- COCKERHAM, C.C., 1986 – *Modifications in estimating the number of genes for quantitative character*. Genetics, 114: 659-68
- ECOHARD, R., HUET, J., 1961 – *Contribution a l'etude de la genetique quantitative chez une plante autogame: le ble*. Application experimentale. Ann. Amelior. Plantes, II (1): 61-98.
- FISHER, R.A., YATES, F., 1963 – *Statistical tables for Agricultural and medical research*. Hafner Press New York.
- FLINTHAM, J.E., 2000 – *Different genetic components control coat-imposed and embryoimposed dormancy in wheat*. Seed Science Research, 10: 43-50.
- GAMBLE, E.E., 1962 – *Gene effects in corn (Zea mais L.) I. Separation and relative importance of gene effects for yield*. Canad. J. Pl. Sci., 42 (2): 339-348.
- HUET, J., ECOHARD, R., 1961 – *Contribution a l'etude de la genetique quantitative chez une plante autogame: le ble*. Principes Fondamentaux. Ann. Amelior. Plantes, II (1): 25-59.
- KELLY, R.B., 2008 – *Evaluating Methods of Screening for Pre-Harvest Sprouting in Soft Red Winter Wheat and the Effect of Delayed Harvest on Flour Properties*. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.
- LAWRENCE, M. J. and JINKS, J. L., 1973 – *Quantitative genetics*. In: P. M. Sheppard (ed). Practical genetics. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- LUPU, N., KADAR, ROZALIA, MOLDOVAN, V., HAȘ, I., 2010 – *Rezultate privind fenomenul de încolțire în spic la grâul de toamnă, la S.C.D.A.Turda*. An. I.N.C.D.A. Fundulea, LXXVII, 1: 29-36.

- LUPU, N., KADAR, ROZALIA, MOLDOVAN, V., HAȘ, I., 2011 – *Studiul hibridizilor F1 și al formelor parentale în privința rezistenței la încolțirea în spic la grâul de toamnă* An. I.N.C.D.A. Fundulea, LXXIX, 2 : 181-191.
- MADOȘA, EMILIAN, 2005 – *Raport de cercetare: Analiza variabilității și eredității unor caractere cantitative la germoplasma locală de ardei pentru boia*. Revista Politică Științei și Scientometrie – Număr special, 2005- ISSN-1582–1218.
- MAHMUD, I., KRAMER, H.H., 1951 – *Segregation for yield, height, and maturity following a soybean cross*. Agron. J., 43, 12: 605-609.
- MATHER, D.E., N.A. TINKER, D.E. LABERGE, M. EDNEY, B.L. JONES, B.G. . ROSSNAGEL, W.G. LEGGE, K.G. BRIGGS, R.B. IRVINE, D.E. FALK, K.J. KASHA, 1997 – *Regions of the genome that affect grain and malt quality in a North American two-row barley cross*. Crop Sci., 37: 544-554.
- RIGOR, A.T., 2008 – *Mapping quantitative trait loci associated with resistance to preharvest sprouting in wheat*. University of Minnesota.
- ROMERO, G.E., FRAY, K.J., 1973 – *Inheritance of semidwarfness in several wheat crosses*. Crop Sci., 13: 334-337.
- SHARMA, S.K., DHALIWAL, H.S., MULTANI, D.S., BAINS, S.S., 1994 – *Inheritance of preharvest sprouting tolerance in Triticum aestivum and its transfer to an Amber-Grained Cultivar*. Oxford Journals, Life Sciences, Journal of Heredity, 85, 4: 312-314.
- WARNER, J.N., 1952 – *A method for estimating heritability*. Agron. J., 44: 427-30.
- ZANETTI, S., WINZELER, M., KELLER, M., KELLER, B., MESSMER, M., 2000 – *Genetic analysis of pre-harvest sprouting resistance in a wheat x spelt cross*. Crop Sci., Crop Science Society of America, Madison, USA, 40: 1406-1417.

Prezentată Comitetului de redacție la 17 mai 2012