



Hrvatski 55  
Croatian

2020

*sa*

15

International  
Symposium on  
Agriculture  
Međunarodni  
Simpozij  
Agronoma

February 16 - 21, 2020  
16.-21. veljače 2020.  
Croatia / Hrvatska  
Vodice, Olympia Sky Hotel

Proceedings  
Zbornik radova



2020 Croatian 55  
*sa*  
15 International  
Symposium on  
Agriculture

## Proceedings

55 Hrvatski  
15 Međunarodni  
Simpozij  
Agronoma

Zbornik radova

## Impressum

Izdavač Published by	Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, Hrvatska University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia
Glavni urednici – Editors in Chief	Boro Mioč Ivan Širić
Uređivački odbor – Editorial Board	Aleksandra Perčin Josip Juračak Hrvoje Šarčević Nina Toth Darko Uher Daniel Matulić Miljenko Konjačić Marko Karoglan Goran Fruk Vanja Jurišić
Tehnički urednici – Technical Editors	Ivan Širić Darija Bendelja Ljoljić
Oblikovanje, prijelom Design, typeset	Martin Šok, <a href="http://www.martinsok.com">www.martinsok.com</a>
Tisak Print	Grafomark d.o.o., Zagreb
Naklada – Edition	40

**ISSN 2459-5543**

**Web page** <http://sa.agr.hr>

*Službeni jezici Simpozija su hrvatski i engleski.  
The official languages of the Symposium are Croatian and English.*

# Otpornost na priježetveno proklijavanje u potomstvima dvaju križanja ozime pšenice

Ana Lovrić<sup>1</sup>, Nikolina Novaković<sup>1</sup>, Bruno Rajković<sup>1,2</sup>, Marko Maričević<sup>3</sup>, Ivica Ikić<sup>3</sup>, Hrvoje Šarčević<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu Agronomski Fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, (e-mail: alovric@agr.hr)

<sup>2</sup>Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv), Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>3</sup>Bc Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja d.d., Rugvica, Dugoselska 7, 10370 Dugo Selo, Hrvatska

## Sažetak

Dormantnost zrna je glavna komponenta otpornosti na priježetveno proklijavanje kod pšenice. Cilj ovoga rada je bio kod  $F_7$  rekombinantnih inbred linija (RIL) dvaju biparentalnih križanja pšenice procijeniti otpornost na priježetveno proklijavanje, kao i utvrditi učinak selekcije na otpornost na priježetveno proklijavanje provedene u  $F_3$  generaciji, na otpornost, visinu biljke i duljinu vegetacije proizvedenih RIL potomstava. Za procjenu otpornosti na priježetveno proklijavanje korišten je test klijavosti s ovršenim zrnima. Rezultati su pokazali da je u RIL potomstvima relativno visoki udio linija s vrijednošću indeksa klijanja signifikantno manjom od dormantnijeg roditelja. Selekcija na povećanu dormantnost se pokazala relativno uspješnijom kod brkulja nego kod golica. Selekcija na povećanu dormantnost zrna dovela je do signifikantnog smanjenja visine biljke i kasnijeg klasanja kod RIL potomstava.

Ključne riječi: pšenica, dormantnost zrna, selekcija, visina, datum klasanja

## Uvod

U oplemenjivanju pšenice osim već dobro poznatih ciljeva poput visokog potencijala rodnosti, visoke kvalitete zrna, cilj je imati sorte koje su otporne na priježetveno proklijavanje. Otpornost na priježetveno proklijavanje kod pšenice nasljeđuje se kao kvantitativno svojstvo i pod izrazitim je utjecajem okolinskih čimbenika i interakcije genotip $\times$ okolina (Mares, 1993; Biddulph i sur., 2005.). Glavne komponente otpornosti na priježetveno proklijavanje kod pšenice su: razina dormantnosti zrna u žetvenoj zriobi, brzina gubitka dormantnosti tijekom posliježetvenog dozrijevanja, morfologija klasa te sadržaj vodotopivih inhibitora klijanja u vegetativnim dijelovima cvijeta (Derera, 1990).

Uobičajno je otpornost na proklijavanje testirati kod već homozigotnih linija u kasnijim generacijama nakon križanja. Pri tome je od velike važnosti i poznavanje korelacije među agronomskim svojstvima, posebice ako se selekcija provodi simultano na više svojstava (Hucl, 1995; Dvojković, 2010).

Cilj rada je bio kod  $F_7$  rekombinantnih inbred linija (RIL) dvaju biparentalnih križanja pšenice procijeniti otpornost na priježetveno proklijavanje, kao i utvrditi učinak selekcije na otpornost na priježetveno proklijavanje provedene u  $F_3$  generaciji, na otpornost, visinu biljke i duljinu vegetacije proizvedenih RIL potomstava.

## Materijal i metode

U istraživanje su bile uključene  $F_7$  rekombinantne inbred linije (RIL) kao i  $F_7$  rekombinantne inbred linije u čijem je razvoju provedena selekcija na povećanu dormantnost zrna u  $F_3$  generaciji (RILSel), iz križanja linije ozime pšenice brkulje (Hu1) s dvjema linijama ozime pšenice golice (Bc1 i Bc2). Majčinska linija Hu1 ima nisku razinu otpornosti na priježetveno proklijavanje, dok očinske linije imaju nisku (Bc1) odnosno umjerenu do nisku (Bc2) razinu otpornosti na priježetveno proklijavanje u žetvenoj zriobi. Potomstva RIL i RILSel iz obje kombinacije križanja, zajedno s roditeljima Hu1, Bc1 i Bc2 uzgajani su na lokaciji Botinec u 2016/2017. vegetacijskoj sezoni u poljskom

pokusu postavljenom prema slučajnom bloknom rasporedu u dvije repeticije. Ukupno je sijano 225 RIL potomstava i 109 RILSel potomstava iz križanja Hu1×Bc1 te 176 RIL potomstava i 49 RILSel potomstava iz križanja Hu1×Bc2. U oba tipa potomstava bio je podjednak broj potomstava golica (glc) odnosno brkulja (brk).

U pokusu su korišteni agrotehnički postupci uobičajeni u proizvodnji pšenice. U vegetaciji je za svaku parcelicu ocjenjen datum klasanja (50% biljaka u parceli izbacilo bazu klasa iznad zastavice) i izmjerena prosječna visina biljke (od tla do baze klasa). Broj dana do klasanja izražen je kao broj dana od 1. siječnja do prosječnog datuma klasanja. Otpornost na priježetveno proklijavanje procijenjena je stupnjem dormantnosti zrna. U tu svrhu su u žetvenoj zriobi provedeni testovi klijavosti s ovršenim zrnima. Testovi su provedeni u komorama rasta na 20°C u trajanju od 6 dana. Na osnovi broja proklijalih zrna nakon 3 odnosno 6 dana izračunat je indeks klijanja (GI), prema Ikić i sur. (2012). GI je obrnuto povezan sa stupnjem dormantnosti zrna, što znači da manji GI ukazuje na veću dormantnost zrna, a time i na veću otpornost genotipa na priježetveno proklijavanje. Analiza varijance koja je uključivala sva potomstva i roditelje provedena je posebno za svako križanje. Razlike između srednjih vrijednosti genotipova (roditelji i potomstva) testirane su pomoću Fisherovog LSD testa. Razlike prosjeka svojstava između potomstava glc i brk kao i razlike prosjeka svojstava između potomstava RIL i RILSel za pojedinačna križanja testirane su pomoću dvosmjernog odnosno jednosmjernog t-testa. Između proučavanih svojstava unutar svakog križanja izračunati su Pearsonovi korelacijski koeficijenti. Statističke analize provedene su u programskom paketu SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2009).

### Rezultati i rasprava

Analiza varijance pokazala je postojanje signifikantnih razlika između genotipova (roditelji i potomstva) za sva proučavana svojstva. U tablici 1. prikazane su prosječne vrijednosti i raspon za indeks klijanja (GI) roditelja i potomstava golica (glc) i brkulja (brk) iz križanja Hu1×Bc1 te Hu1×Bc2 prije (RIL) i nakon selekcije (RILSel).

Tablica 1. Prosječne vrijednosti i raspon (u zagradi) za indeks klijanja roditelja i potomstava iz križanja Hu1×Bc1 te Hu1×Bc2 prije selekcije (RIL) i nakon selekcije (RILSel)

	glc+brk	glc	brk	Sig. <sup>b</sup>
	Hu1×Bc1			
Roditelji		Bc1 (33,1)	Hu1 (32,9)	
RIL	29,7 (12,3-33,3)	27,8 (12,3-33,3)	31,5 (12,5-33,3)	**
RILSel	29,3 (11,3-33,3)	29,3 (11,3-33,3)	29,1 (12,5-33,3)	ns
Sig <sup>a</sup>	ns	*	**	
	Hu1×Bc2			
Roditelji		Bc2 (31,3)	Hu1 (32,9)	
RIL	31,2 (18,4-33,3)	29,8 (18,4-33,3)	32,3 (20,2-33,3)	**
RILSel	25,1 (8,1-33,3)	23,8 (8,1-33,3)	26,7 (15,4-33,3)	ns
Sig <sup>a</sup>	**	**	**	

glc-golice; brk-brkulje; <sup>a</sup>Sig (RIL vs. RILSel); <sup>b</sup>Sig. (glc vs. brk);

\*, \*\* i ns – t test signifikantan kod  $P < 0,05$  i  $P < 0,01$  odnosno t test nesignifikantan

Prosječna vrijednost GI iznosila je 32,9, 33,1 i 31,3 za roditeljske linije Hu1, Bc1 odnosno Bc2. Kod oba križanja prije selekcije prosječna vrijednost za GI bila je signifikantno niža kod potomstava glc nego brk. Selekcija na povećanu dormantnost zrna je bila uspješna kod oba križanja rezultirajući u signifikantno nižim prosječnim vrijednostima za GI osim za potomstva glc kod križanja Hu1×Bc1, gdje su signifikantno veće vrijednosti za GI utvrđene nakon selekcije. Nakon selekcije niti kod jednog križanja nisu utvrđene signifikantne razlike između glc i brk. U skladu s našim rezultatima (otpornost potomstava glc i brk prije selekcije), Thomason i sur. (2009) su u testovima s intaktnim klasovima utvrdili, da linije pšenice bez osja te linije s kraćim osjem upijaju manju količinu vode, čineći ih otpornijim na priježetveno proklijavanje. Nasuprot ovim rezultatima, Cao i sur. (2016.) utvrdili su umjerenu pozitivnu korelaciju

otpornosti na priježetveno proklijavanje s duljinom osja. Smještaj lokusa za kvantitativna svojstva *QDor-4A* i *QAwn-4A* na kromosomu 4A, koji kontroliraju dormantnost zrna odnosno razvoj osja kod pšenice, mogla bi uslijed vezanosti ili plejotropnog učinka na oba svojstva dati objašnjenje opažene povezanosti između navedenih svojstava Cao i sur. (2016.).

Utvrđene srednje vrijednosti za GI proporcionalne su i udjelu linija s vrijednošću GI signifikantno manjom od dormantnijeg roditelja (tablica 2). Prije selekcije je udio linija sa GI signifikantno manjim od dormantnijeg roditelja kod oba križanja bio veći kod linija glc, dok je nakon selekcije udio takvih linija bio podjednak za obje skupine linija pokazujući veću uspješnost selekcije između linija brk.

Tablica 2. Udio (%) linija prije selekcije (RIL) i nakon selekcije (RILSel) s vrijednošću GI signifikantno manjom od dormantnijeg roditelja (Bc1 i Bc2) za kombinacije križanja Hu1×Bc1 te Hu1×Bc2

Genotip	Hu1×Bc1			Hu1×Bc2		
	glc+brk	glc	brk	glc+brk	glc	brk
	%					
RIL	39	45	10	12	26	3
RILSel	27	27	26	51	50	52

*glc-golice; brk-brkulje*

Prosječne vrijednosti za broj dana do klasanja i visinu biljke u potomstvima križanja Hu1×Bc1 te Hu1×Bc2 prije (RIL) i nakon selekcije (RILSel) prikazane su u tablici 3. Kod niti jednog križanja nisu utvrđene signifikantne razlike između golica i brkulja za prosječnu vrijednost broja dana do klasanja i visinu biljke prije selekcije (RIL). Nakon selekcije (RILSel) kod oba križanja i kod golica i kod brkulja došlo je do povećanja prosječne vrijednosti za broj dana do klasanja i smanjenja visine biljke. Za oba svojstva su nakon selekcije utvrđene signifikantne razlike između golica i brkulja.

U tablici 4. prikazane su korelacije između indeksa klijanja, broja dana do klasanja i visine biljke u potomstvima križanja Hu1×Bc1 te Hu1×Bc2 prije (RIL) i nakon (RILSel) selekcije. Prije selekcije (RIL) kod križanja Hu1×Bc1 korelacije između navedenih svojstava bile su slabe i nesigurne, osim kod brkulja, kod kojih je utvrđena slaba pozitivna korelacija između GI i broja dana do klasanja, te slaba negativna korelacija između broja dana do klasanja i visine biljke. Nakon selekcije (RILSel) kod brkulja utvrđena je slaba pozitivna korelacija između GI i broja dana do klasanja. Za sve linije (glc+brk), golice (glc) i brkulje (brk) utvrđena je slaba do umjerena negativna korelacija između broja dana do klasanja i visine biljke koja se kretala u rasponu od -0,32\*\* do -0,69\*\*.

Tablica 3. Prosječne vrijednosti za broj dana do klasanja i visinu biljke u RIL potomstvima križanja Hu1×Bc1 te Hu1×Bc2 prije (RIL) i nakon selekcije (RILSel)

Genotip	Hu1×Bc1				Hu1×Bc2			
	glc+brk	glc	brk	Sig. <sup>b</sup>	glc+brk	glc	brk	Sig. <sup>b</sup>
	Broj dana do klasanja							
RIL	128	128	128	ns	129	129	129	ns
RILSel2	130	129	131	**	131	130	132	**
Sig. <sup>a</sup>	**	**	**		**	**	**	
	Visina biljke (cm)							
RIL	87	87	86	ns	85	85	86	ns
RILSel2	84	85	82	**	80	77	83	**
Sig. <sup>a</sup>	**	**	**		**	**	**	

*glc-golice; brk-brkulje; <sup>a</sup>usporedba RILvs. RILSel; <sup>b</sup>usporedba glc vs. brk;*

*\*, \*\* i ns – t test signifikantan kod P<0,05 i P<0,01 odnosno t test nesigurn*

Kod križanja Hu1×Bc 2 prije selekcije (RIL) utvrđena je slaba pozitivna korelacija između GI i visine biljke kod svih linija (glc+brk) i golica (glc), dok je kod golica (glc) također utvrđena slaba negativna korelacija između GI i broja dana do klasanja ( $r=-0,39^{**}$ ).

Tablica 4. Korelacije između indeksa klijanja (GI), broja dana do klasanja (BDK) i visine biljke (VIS) u potomstvima križanja Hu1×Bc1 te Hu1×Bc2 prije (RIL) i nakon selekcije (RILSel) za sve linije (glc+brk), golice (glc) i brkulje (brk)

	glc+brk		glc		brk				
	BDK	VIS	BDK	VIS	BDK	VIS			
Hu1×Bc1 (RIL)									
GI	0,08	0,05	-0,07	0,06	0,23	**	0,10		
BDK		-0,12		0,05			-0,27	**	
Hu1×Bc1 (RILSel)									
GI	0,00	0,00	-0,17	-0,06	0,20	*	0,01		
BDK		-0,58	**	-0,32	**		-0,69	**	
Hu1×Bc2 (RIL)									
GI	-0,19*	0,26	**	-0,11	0,33	**	-0,39	**	0,03
BDK		-0,24	**		-0,28	**		-0,21	**
Hu1×Bc2 (RILSel)									
GI	0,03	0,23		-0,08	0,40	**	-0,19		-0,23
BDK		0,35	*		0,24				0,10

\*, \*\* i ns – t test signifikantan kod  $P<0,05$  i  $P<0,01$  odnosno t test nesignifikantan

Za sve linije (glc+brk), golice (glc) i brkulje (brk) utvrđena je slaba negativna korelacija između broja dana do klasanja i visine biljke u rasponu od  $-0,21^{**}$  do  $-0,28^{**}$ . Nakon selekcije (RILSel) samo kod golica (glc) utvrđena je umjerena pozitivna korelacija između GI i visine biljke ( $r=0,40^{**}$ ). Slaba pozitivna korelacija između broja dana do klasanja i visine biljke ( $r=0,35^*$ ) utvrđena je kod svih linija (glc+brk). Slaba pozitivna korelacija između broja dana do klasanja i visine ( $r=0,35^*$ ), utvrđena je kod svih linija (glc+brk). Utvrđene korelacije u skladu su s izvještajima iz literature koji ukazuju na ovisnost korelacija između otpornosti na priježetveno proklijavanje i visine odnosno broja dana do klasanja o proučavanom genetskom materijalu. Tako je u istraživanju Wang i sur. (2018) visina bila u negativnoj korelaciji s otpornošću na priježetveno proklijavanje, dok s druge strane Kulwal i sur. (2012) nisu utvrdili signifikantne korelacije između visine biljke i dormantnosti. Slično je i korelacija između otpornosti na priježetveno proklijavanje i broja dana do klasanja bila pozitivna u istraživanju koje je proveo Hucl (1995.), odnosno negativna u radu Cao i sur. (2016). S druge strane Kulwal i sur. (2012) te Graybosch i sur. (2013) nisu utvrdili signifikantnu korelaciju između broja dana do klasanja i otpornosti na priježetveno proklijavanje.

### Zaključak

Relativno visoki udio RIL potomstava s vrijednošću GI signifikantno manjom od dormantnijeg roditelja ukazuje da i u potomstvima relativno neotpornih roditelja možemo očekivati pozitivne transgresije za otpornost na priježetveno proklijavanje. Kod oba križanja prije selekcije prosječna vrijednost za GI bila je signifikantno niža kod potomstava glc nego brk. Nakon selekcije kod oba križanja nisu utvrđene značajne razlike za GI ukazujući na veću uspješnost selekcije u povećanju dormantnosti zrna između potomstava brk nego glc. Procijenjene korelacije između indeksa klijanja i broja dana do klasanja kao i visine biljke bile su uglavnom slabe u RIL potomstvima kako prije tako i nakon selekcije. Ipak selekcija je imala signifikantan učinak na ova svojstva rezultirajući kasnozreljim i nižim potomstvima.

## Literatura

- Biddulph T.B., Mares D.J., Plimmer J.A., Setter T.L. (2005). Drought and high increases preharvest sprouting tolerance in a genotype without grain dormancy. *Euphytica* 143: 277-283.
- Cao L., Hayashi K., Tokui M., Mori M., Miura H., Onishi K. (2016). Detection of QTLs for traits associated with pre-harvest sprouting resistance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) *Breeding Science* 66: 260–270.
- Derera N.F. (1990). A perspective of sprouting research. In K. Ringlund, E. Mosleth and D.J. Mares, eds. *Fifth International Symposium on Pre-Harvesting Sprouting in Cereales*. Westview Press Inc., Boulder, Colorado, pp. 3-11.
- Dvojković K., Drezner G., Novoselović D., Lalić A., Kovačević J., Babić D., and Barić M. (2010). Estimation of some genetic parameters through generation mean analysis in two winter wheat crosses. *Periodicum Biologorum* 112: 247-251.
- Graybosch R.A., Paul S.A., Bai G. (2013.) Evaluation of genetic markers for prediction of preharvest sprouting tolerance in hard white winter wheats. *Plant Breeding* 132: 359–366.
- Hucl P. (1995). Divergent selection for sprouting resistance in spring wheat. *Plant Breeding* 114: 199-204.
- Ikić I. (2012). Ekspresija otpornosti na priježetveno proklijavanje kod pšenice (*Triticum aestivum* L.) u poljskim i laboratorijskim uvjetima. Doktorski rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Kulwal P., Ishikawa G., Benscher D., Feng Z., Yu L.X., Jadhav A., Mehetre S., Sorrells S. (2012). Association mapping for pre-harvest sprouting resistance in white winter wheat. *Theor Appl Genet* 125: 793–805.
- Mares D.J. (1993). Influence of rainfall and temperature during grain ripening on tolerance to pre-harvest sprouting in wheat in N. E. Australia. In M. K. Walker-Simmons and J. L. Ried, eds. *Sixth Pre-harvest sprouting in cereals 1992*. American Association of Cereal Chemists; c1993, St. Paul, Minnesota, pp. 362-366.
- SAS Institute Inc (2009). *SAS/ STAT 9.2 Users Guide*. SAS Inc. Cary, NC, USA.
- Thomson W.E., Hughes K.R., Griffey C.A., Parrish D.J, Barbeau W.E. (2009). *Understanding Pre-harvest Sprouting of Wheat*, VCE publication 424-060, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2-4.
- Wang A.X., Liu A. H., Mia A.B.S., Siddique K.H.M., Yan G. (2018). Development of near-isogenic lines targeting a major QTL on 3 AL for pre-harvest sprouting resistance in bread wheat. *Crop and Pasture Science* 69: 864–872.

# Resistance to pre-harvest sprouting in progenies of two winter wheat crosses

## Abstract

Grain dormancy is a major component of pre-harvest sprouting resistance in wheat. The aim of this study was to evaluate the resistance pre-harvest sprouting in  $F_7$  recombinant inbred lines (RIL) of two biparental wheat crosses, as well as to determine the effect of selection on pre-harvest sprouting resistance carried out in  $F_3$  generation, on the resistance, plant height and days to heading of the produced RIL progeny. To estimate pre-harvest sprouting resistance the germination test with threshed grains was used. The results showed a relatively high proportion of lines with germination index significantly lower than in more dormant parent in the RIL progeny. Selection for increased dormancy has proven to be relatively more successful in awned than in awnless progeny. Selection for increased grain dormancy led to a significant decrease in plant height and increase in number of days to heading.

Keywords: wheat, grain dormancy, selection, plant height, number of days to heading