

**OPLEMENJIVANJE PŠENICE NA VISOKU PEKARSKU KAKVOĆU**

Vesna SAMOBOR, Marija VUKOBRATOVIĆ, Marijana IVANEK-MARTINČIĆ  
i M. JOŠT

Visoko gospodarsko učilište u Križevcima  
College of Agriculture at Križevci

**SAŽETAK**

Nakon nekoliko programa oplemenjivanja usmjerenih na visoku rodnost (rezultat cv. Pitoma) i visoku pekarsku kakvoću (cv. Divana), posljednji program usmjeren je prema oplemenjivanju pšenice za održivo ratarenje. Time su određeni i novi ciljevi oplemenjivanja:

- fenotip prikladan za manja ulaganja (mineralna gnojiva i zaštitnih sredstava),
- povećane otpornosti ili tolerancije prema prevalentnim bolestima pšenice,
- isti ili veći urod uz zadržavanje visokih kvalitetnih karakteristika.

U prvom ciklusu ovog programa testiran je svjetski sortiment pšenica (Argentina, Njemačka, Novi Zeland, Rumunjska, USA) na potencijalne davaoce traženih svojstava, prvenstveno otpornosti prema bolestima. Zatim je u direktnom i recipročnom križanju dva odabrana izvora s Divanom proizvedena velika cijepajuća  $F_2$  generacija, a u narednim generacijama vršen je izbor po fenotipu. U  $F_6$  generaciji na oko pet tisuća potomstava provedena je rigorozna selekcija na temelju fenotipa, otpornost prema pepelnici te udjela bjelančevina zrna. Konačni rezultat te selekcije bilo je 46 odabranih  $F_{10}$  linija gotovo potpuno otpornih prema pepelnici i udjela bjelančevina približno sličnog, pa i višeg od onog u boljem roditelja – sorte Divana. Zbog ekstremne suše (odsustvo bolesti i visoka kakvoća) mikropokusi tijekom dvije posljednje godine nisu dali dobru mogućnost daljnjeg izbora, pa se pokus za konačni izbor najboljih genotipova nastavlja još jednu (2005.) godinu, no temeljem već postignutih rezultata mogu se očekivati pšenice slične ili više rodnosti od standarda Žitarke, otporne prema pepelnici, a kakvoće približne onoj u sorte Divana.

**UVOD**

Sedamdesetih godina prošlog stoljeća, glavni cilj svih tadašnjih jugoslavenskih programa oplemenjivanja pšenice bio je povećanje uroda. Kao rezultat

takvog nastojanja prosječni urodi pšenice u proizvodnji više su nego udvostručeni: s oko 2 na blizu 5 t/ha. U tom razdoblju, zbog nedostatne proizvodnje namjenska kakvoća pšenice nije bila predmet interesa, pa su silosi kod otkupa plaćali pšenicu jednako, bez obzira na kakvoću. Tada se glas industrije (pekarske ili konditorske) gotovo da nije ni čuo.

Nakon usavršavanja u SAD, pod utjecajem američke škole oplemenjivanja svoj sam oplemenjivački program usmjerio ka poboljšanju pekarske kakvoće. Prva od visokorodnih i kvalitetnih sorata tog programa bila je sorta Pitoma priznata 1983. U drugom ciklusu podizanja uroda i kakvoće devedesetih godina priznate su sorte Cerera (1993.) i Koleda (1998.). Sorta Divana (1995.) krajnji je domet tog programa oplemenjivanja na visoku pekarsku kakvoću. Kao jedini poboljšivač u pekarskoj industriji Hrvatske, ona je ujedno u samom vrhu kvalitetnih pšenica Europe. (Izvešće komparativnog pokusa austrijskih i mađarskih sorata u Saatucht Donau, Probsdorfu, 2004.)

Neophodnost održive poljoprivrede sve se više nameće kao imperativ, pa istovremeno s oplemenjivanjem na visoku pekarsku kakvoću (Jošt i sur. 1995., Jošt, 1996., Jošt i sur. 1996.), započinjemo eksperimentalni rad na stvaranju model biljke za održivu poljoprivredu (Jošt i sur. 1994, Jošt i sur. 1996, Jošt i sur. 2002.).

Jedan od temeljnih problema oplemenjivanja bilja je kako osigurati neophodnu genetsku varijabilnost vrste na kojoj se provodi oplemenjivanje. Stoga je ranije provedeno izračunavanje koeficijenta srodnosti, te analiza skupina (cluster) gotovo 150 domaćih sorata (Jošt i Cox, 1989.). Zaključeno je da je genetska divergentnost domaćeg genofonda premala za uspješni proces oplemenjivanja, te će biti potrebno krenuti u potragu za stranom germplazmom.

#### CILJ ISTRAŽIVANJA

Nema savršene sorte, pa tako osim izvrsne kakvoće irelativno malih zahtjeva (manje norme sjetve i slabija gnojidba), sortu Divana prate neke nepoželjne karakteristike: sklonost polijeganju i nezadovoljavajući urod zrna. U skladu s generalno novim trendovima ka održivoj poljoprivredi, nastojali smo popraviti (poboljšati) ova lošija svojstva.

Bitne karakteristike usvojenog ideotipa za održivu poljoprivredu su čvrsta slama visine oko 100 cm i otpornost prema u nas prevalentnoj bolesti pšenice *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*. Za održivu poljoprivredu nisu se pokazale najpogodnijim sorte niske slame (polupatuljci visine 70-80cm). Pšenice niskog habitusa, pored manje asimilacione površine, imaju i slabije razvijen korijen, dakle slabije usvajanje vode i hranjiva. Pepelnica pšenice javlja se svake godine u slabijem ili jačem napadu, a u vlažnim godinama može ozbiljno ugroziti urod i kakvoću.

## MATERIJALI I METODE

Temeljem ranijeg testiranja (Samobor i Jošt, 1999.) svjetskog sortimenta pšenice (Argentina - 6, Hrvatska – 5, Njemačka - 2, Novi Zeland 32, Rumunjska - 7 i SAD - 5 genotipova) odabrana su dva davatelji traženih svojstava: američke linije KS92WGRC21 i KS92WGRC22 kao visokorodni, kvalitetni, na pepelnicu otporni genotipovi, te križana u direktnoj i recipročnoj kombinaciji s visokokvalitetnim kultivarom Divana. (Tab.1.)

Direktno i recipročno križanje sorte Divana s dvije odabrane američke linije izvršeno je 1994., a naredne 1995. uzgojena je velika F<sub>1</sub> generacija. Odabir po fenotipu započeo je u F<sub>2</sub> (1996.) i trajao do F<sub>6</sub> (2000.). Na oko pet tisuća genotipova F<sub>6</sub> generacije izvršena je rigorozna selekcija po fenotipu te je prvi puta pomoću NIR analizatora izvršena analiza udjela bjelančevina zrna na 2011 odabranih linija. Naredne 2001. i 2002. godine ponovljene su analiza bjelančevina zrna na 1105 F<sub>7</sub> i 259 F<sub>8</sub> linija. Od 259 F<sub>8</sub> linija odabrano je najboljih 46 linija, potpuno otpornih na pepelnicu i stavljeno u mikropokuse dvije naredne godine (2003. i 2004.). Zbog izuzetno suhog proljeća i ljeta 2003. između odabranih linija nije utvrđena diferencijacija, kako po napadu bolesti, tako i po jednom od pokazatelja kakvoće – udio bjelančevinama zrna, pa se mikropokus ponavlja još 2005.

Tablica 1. Pokazatelji kakvoće genotipova uključenih u križanje

Genotip	Bjelančevine zrna - % -	Sedimentacija - ccm -	Vlažni gluten - % -	Farinogram - kval.broj -	Ekstenzogr. energija - cm <sup>2</sup> -	Volumen kruha - ccm -
Divana	15 - 17	50 - 70	32 - 38	75 - 100	100 – 150	450 - 500
KS92WGRC21*	12 – 13	40 - 50	25 - 28	50 – 60	80 - 120	400 – 450
KS92WGRC22*	13 - 14	40 - 55	25 - 29	50 - 60	90 - 120	410 - 460

\* Otporne na pepelnicu (gen Pm17) i soil-born mozaik virus.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Obje američke linije pokazale su se kao izvrsni davaoci gena za otpornost prema pepelnici, tako da je u F<sub>6</sub> generaciji odabrane 2011, na pepelnicu tolerantnih do potpuno otpornih linija. Broj, na postotak bjelančevina, analiziranih odabranih linija u naredne četiri generacije (F<sub>7</sub>, F<sub>8</sub>, F<sub>9</sub> i F<sub>10</sub>) i postignuti rezultati prikazani su na Tab. 2.

Nameće se pitanje: Kako to da je, usprkos selekciji, broj odnosno postotak odabranih linija, koje su po sadržaju bjelančevina jednake ili bolje od sorte Divana, u F<sub>9</sub> i F<sub>10</sub> generaciji naglo smanjen? Poznato je da štura zrna često imaju veći udio bjelančevina, jer je naprosto endosperm u odnosu na aleuronski sloj manji. Kako se ovdje ujedno vršila selekcija prema nalivenosti zrna, linije šturog

zrna pa stoga i one slabije rodnosti ali višeg sadržaja bjelančevina nisu zadržane u selekciji. Ovo je lijepi primjer kako selekcija samo na jedno svojstvo može biti vrlo uspješna, ali konačni rezultat ne mora biti zadovoljavajući zbog međuzavisnosti svojstava – u ovom slučaju rodnosti i udjela bjelančevina u zrnu.

Tablica 2. Pokazatelji udjela bjelančevine zrna na odabranim linijama  $F_6 - F_{10}$  gen

Generacija	Broj linija N	Srednja vrijednost M	Raspon v.š.	Br. linija istih ili boljih od Divane
F6 / 2000.	2011	13,10 %	8,5 - 16,6 %	130 ili 6,5 %
F7 / 2001.	1105	14,97 %	10,5 - 20,4 %	216 ili 19,5 %
F8 / 2002.	259	15,89 %	13,1 - 19,7 %	73 ili 28,2 %
F9 / 2003.	196	15,35 %	13,9 - 17,4 %	0 ili 0 %
F10 / 2004.	46	14,6 %	13,2 - 16,6 %	4 ili 8,7 %

Za sjetvu u jesen 2002. odabrane su linije s više od 15 % bjelančevina. (Tab.3.) Među njima odabrana  $F_8$  potomstva iz križanja Divana / KS92WGRC21 (N = 65) imala su najviši prosjek bjelančevina zrna (M = 16,31%) i najveću varijacionu širinu (v.š. = 15,0-19,7%), dok je recipročno križanje istih roditelja (KS92WGRC21 / Divana) imalo najmanji prosječni postotak bjelančevina zrna (M = 15,4%) i najmanju varijacionu širinu (v.š. = 15,0-17,0%).

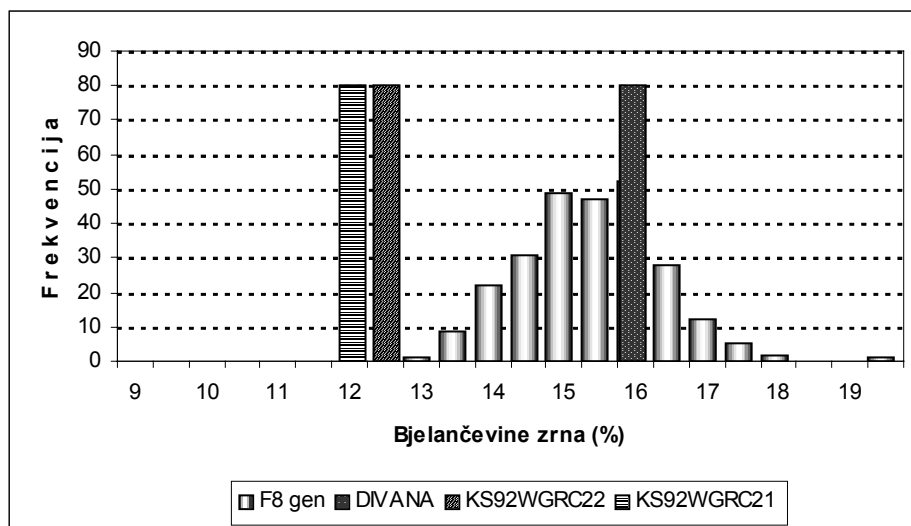
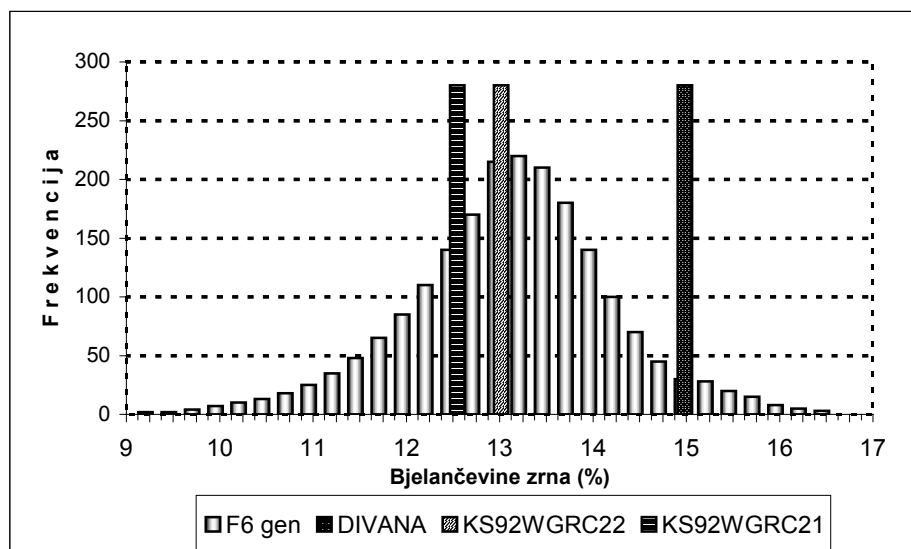
Tablica 3. Pokazatelji udjela bjelančevina zrna direktnog i recipročnog križanja dviju roditeljskih  $F_8$  kombinacija – linije s više od 15 % bjelančevina odabrane za narednu sjetvu

Kombinacija križanja	Broj linija N	Prosijek M	Varijaciona širina v.š.
Divana / KS92WGRC21	65	16,31 %	15,0 - 19,66 %
KS92WGRC21 / Divana	24	15,42 %	15,0 - 16,98 %
Divana / KS92WGRC22	55	15,83 %	15,0 - 18,48 %
KS92WGRC22 / Divana	52	15,99 %	15,05 - 17,88 %

Općenito uzevši, kombinacije direktnog križanja s Divanom kao majkom imale su veći sadržaj bjelančevina zrna (M = 16,07 %), od recipročne kombinacije istih križanja (M = 15,77 %), što je bilo i za očekivati (majčinski učinak kvalitetne sorte).

No cilj ovog programa istraživanja i nije bio stvoriti pšenicu kvalitetniju od sorte Divana. Cilj ovog programa je stvoriti pšenicu visoke pekarske kakvoće, približno slične onoj u Divane, ali zato znatno poboljšane otpornosti prema pepelnici i poboljšane rodnosti. Treba naglasiti, sve to uz jednu daleko umjereniju gnojdbu mineralnim gnojivima od one danas uobičajene – što je ustvari osnovni princip, li bolje početak prijelaza na tehnologiju održivog ratarenja.

Graf.1. i 2. Usporedba distribucije  $F_6$  (2000.) i  $F_8$  (2002.) linija pšenice prema udjelu bjelančevina zrna (%)



To je vrlo ambiciozan zadatak, no jesmo li uspjeli postići zacrtani cilj, ili se bar njemu približiti pokazati će naredna žetva, nakon koje ćemo izvršiti konačni izbor na temelju rodnosti i parametara pekarske kakvoće. Dakle, ovdje su izneseni samo preliminarni rezultati, dok će oni kompletni biti izneseni nakon žetve mikropokusa.

Postignuti rezultati po ovom projektu ukazuju na postojanje još uvijek velike genetske različitosti unutar svjetskog sortimenta pšenice. Mudrim čuvanjem tog genetskog blaga i novim kombinacijama gena iz geografski udaljenih germ-plazmi moguće je postići superiorne kombinacije, poput nekih koje se već mogu naslutiti unutar ovog materijala.

## BREEDING WHEAT ON HIGH BREAD MAKING QUALITY

### SUMMARY

After several past wheat breeding programmes on yield (result cv. Pitoma) and high bread making quality (cv. Divana), the current programme is redirected towards sustainable agriculture, with special emphasis on:

- increase of wheat resistance or tolerance to prevalent diseases,
- lower input in agricultural practice (mineral fertilizers and pesticides),
- increased yield with the quality similar to that of cv. Divana

In the first cycle of the current programme, donors of desirable characters were searched in the world collection of wheat (Argentina, Germany, New Zealand, Romania, and USA). The two selected donors were crossed with cv. Divana and big segregating F<sub>2</sub> generation were produced and exposed to selection on phenotype. F<sub>6</sub> generation consists of about five thousand genotypes. Strong selection on desired characters (disease resistance and protein content) were continued, and as a result, in F<sub>10</sub> generation only 46 healthy lines with protein level similar to the better parent Divana were selected and put in yield trials. Due to extreme drought in 2003, absence of diseases and a common high quality did not provide good chances for efficient selection, and yield test in microtrials should be continued next year. On the basis of the results we could expect new wheat lines with grain yield equal or higher than standard cv. Žitarka, and bread making quality characteristics nearly as good as that of cv. Divana.

### LITERATURA - REFERENCES

1. Cox, T. S., Sorrells, M. E., Bergstrom, G. C., Sears R. G., Gill, B. S., Walsh, E. J., Leath, S., and Murphy, J. P. 1994. Registration of KS92WGRC21 and KS92WGRC22 hard red winter wheat germplasm resistant to wheat-spindle-streak mosaic virus, wheat soilborn mosaic virus, and powdery mildew. *Crop sci.* 34(2):546.
2. Izvješće. 2004. SAATZUCHT DONAU GesmbH & CoKG, Probstdorf-Reichersberg - Austria

3. Javor, P. 1995. Povećanje otpornosti na pepelnicu ozimih sorti pšenice vrhunskog uroda u Hrvatskoj. Poljoprivredna znanstvena smotra, 60(3-4):257-277.
4. Jošt, M. and T.S. Cox. 1989. Coefficients of parentage and cluster analysis of 142 Yugoslav winter wheat cultivars. Handbook of Yugoslav winter wheat cultivars. Podravka, 7(1):69-115.
5. Jošt M., A. Jurić, Z. Vukobratović, S. Srećec i Ljerka Pohl. 1994. Stvaranje model biljke za održivu poljoprivredu. 1. Reakcija pšenice *T. aestivum* ssp. *vulgare* cv. Pitoma/ na smanjenje gnojidbe i zaštite. (Development of plant ideotype for sustainable agriculture. 1. Reaction of wheat *T. aestivum* ssp. *vulgare* cv. Pitoma/ to reduced nitrogen fertilization and plant protection.) Sjemenarstvo, 11(3-4):157-173.
6. Jošt, M., R. Fišter, M. Skenderija and B. Mrazović. 1995. Genetic basis of breadmaking quality of Croatian wheat cultivars. Prehrambeno-tehnološka i biotehnološka revija, 33:103-1.
7. Jošt M. 1996. Breeding wheat for high quality in Croatia. Proc. 5<sup>th</sup> International Wheat Conference. Ankara, pp. 244-245.
8. Jošt M., M. Oberforster, F. Weilenmann, G. Branlard. 1996. Methods and results of wheat breeding for bread making quality: Croatia in relation to some European countries. Proc. Int. Sci. Symp. "With high quality cultivars and seeds to Europe II", p. 34-35.
9. Jošt M., Ž. Vukobratović, V. Samobor-Galović, S. Redžepović, D. Sertić, B. Šebečić i R. Fišter. 1996. Stvaranje model biljke za održivu poljoprivredu. 2. Reakcija ozime pšenice intenzivnog (cv. Široka) i ekstenzivnog tipa (cv. Divana) na četiri nivoa ishrane dušikom. (Development of plant ideotype for sustainable agriculture. 2. Reaction of winter wheats of the intensive type /cv. Široka/ and extensive type /cv. Divana/ to four levels of nitrogen fertilization.) Sjemenarstvo, 13(1-2):7-23.
10. Jošt, M., Vesna Samobor, Marija Vukobratović and Marijana Ivanek-Martinić. 2002. Breeding wheat for high quality and disease resistance. ICC Conference, Paris (Abstract)
11. Korić, B. 1991. Zastupljenost patotipova *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici* u zapadnom dijelu Jugoslavije od 1968. do 1990. godine. Agronomski glasnik, 4-5:241-253.
12. Korić, B. 1995. Zaštita pšenice od napada bolesti putem djelotvornih gena otpornosti. Glasnik zaštite bilja, XVIII(5):233-235.
13. Samobor Vesna i M. Jošt. 1999. Pronalaženje nositelja gena za otpornost prema pepelnici pšenice (*Erysiphe graminis* D.C. f.sp. *tritici* Marchal). Poljoprivreda, 5(2):23-29.

**Adresa autora – Authors' address:**

Mr. sc. Vesna Samobor  
Marija Vukobratović, dipl. ing.  
Prof. dr. sc. Marijana Ivanek-Martinić  
Mr. sc. Marijan Jošt  
Visoko gospodarsko učilište u Križevcima  
Milislava Demerca 1  
48260 Križevci

**Priljeno - Received:**

01. 12. 2004.