

DIREKTNI I INDIREKTNI EFEKTI POJEDINIH SVOJSTAVA NA PRINOS ZRNA PŠENICE

Nikola Hristov, Novica Mladenov, Ankica Kondić-Špika,
Slaviša Štatkić, Nenad Kovačević

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Izvod: Detaljna analiza pojedinih svojstava pšenice doprinela je većoj efikasnosti oplemenjivanja na komponente prinosa u odnosu na prinos *per se*. Utvrđivanje korelativnih odnosa, kao i direktnih i indirektnih efekata, omogućilo je lakše sagledavanje međusobnih veza i njihovo balansiranje u cilju unapređenja prinosa po jedinici površine. U radu su analizirana 44 divergentna genotipa. Utvrđena je visoko značajna korelativna veza između visine biljke i dužine klasa, broja zrna po klasu i prinosa po biljci, mase 1000 zrna i prinosa po biljci, kao i indeksa klasa i žetvenog indeksa. Visoko značajna negativna korelacija utvrđena je između žetvenog indeksa i visine biljke i dužine klasa. *Path* analizom utvrđeni su visokoznačajni direktni efekti broja zrna po klasu i mase 1000 zrna na prinos zrna po biljci. Negativan direktni efekat broja klasića po klasu na prinos biljke ukazao je na potrebu unapređenja njihove fertilitnosti.

ključne reči: *path* analiza, prinos zrna, pšenica, žetveni indeks

Uvod

Oplemenjivanju biljaka u cilju povećanja prinosa može se pristupiti sa različitih aspekata. Unapređenje prinosa najčešće je povezano sa povećanjem udela suve materije u zrnu. Prema Sherman et al. (2005) znatno izraženije povećanje nadzemne mase ukazuje na različite mehanizme realizacije genetičkog potencijala za prinos. Najprikladniji način povećanja ukupne biomase je unapređenje efikasnosti fotosinteze, ali mnogobrojna istraživanja pokazuju da su osobine klasa i dalje limitirajući faktori prinosa kod pšenice (Borras et al., 2004; Mirales and Slafer, 2007). Imajući to u vidu, unapređenje balansa između izvora i akceptora asimilativa je svakako najperspektivniji pristup za unapređenje prinosa, ali ujedno i ukupne biomase i efikasnosti fotosinteze. Postizanje odgovarajućeg balansa i najpovoljnijeg žetvenog indeksa uslovalo je značajne promene u arhitekturi i fiziologiji biljnog sklopa pšenice. Skraćenje visine stabiljike dovelo je do pravilnije raspodele organskih materija i do boljeg snabdevanja klasa asimilatima, što je uticalo na povećanje žetvenog indeksa (Borojević i Kraljević-Balalić, 1982). Ujedno, selekcija genotipova sa većom dužinom vršne internodije i vršnog lisnog rukavca, sa većim rastojanjem između vršnih listova i dužim klasom, dovela je do sličnih rezultata (Zhinghu et al., 1992). Povećanje relativnog učešća asimilata u razvoju klasa pre cvetanja u znatnoj meri doprinosi povećanju prinosa zrna po klasu (Austin et al., 1980; Abbate et al., 1995). S obzirom da je trajanje fenoloških faza uslovljeno dužinom fotoperiodske reakcije (Slafer et al., 1996), period razvoja klasa može se

produžiti manipulacijom genetičke osetljivosti na fotoperiod (Miralles et al., 2000). Što je period formiranja i razvoja klasa duži, direktno se povećava nje-gova masa, što indirektno utiče na pojedine komponente klasa (dužina, broj fertilnih klasića, broj zrna, krupnoća zrna).

Cilj ovog rada je utvrđivanje međusobne korelacije između pojedinih svojstava, kao i direktni i indirektni efekti na prinos zrna po biljci, sa težnjom da se uoče svojstva koja mogu poslužiti kao selekциони kriterijumi za unapređenje genetičkog potencijala za prinos zrna pšenice.

Materijal i metod rada

Ogled je postavljen po slučajnom blok sistemu u tri ponavljanja, na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Odeljenje za strna žita na Rimskim Šančevima u toku 2005. godine. Kao materijal u istraživanjima su korišćena 44 genotipa pšenice različitog geografskog porekla.

Veličina osnovne parcelice iznosila je $2m^2$, razmak između redova sa kontinuiranom setvom 10cm, a razmak između parcelica 20cm, sa gustinom setve od 350 klijavih zrna po m^2 . Uzorak za analizu uzet je u fazi pune zrelosti useva i sastojao se od 30 biljaka, tj. 10 biljaka po ponavljanju. Kvantitativni pokazatelji: dužina klasa (cm) – DKL, broj klasića – BRK, broj zrna po klasu – BRZKL i prinos po biljci (g) – PRB, izračunati su kao prosečne vrednosti na nivou biljke. Visina biljke (cm) – VB, merena je od osnove stabla do vrha klasa. Masa 1000 zrna (g) – MHZ, izračunata je iz proporcije broja i mase zrna po biljci, indeks klasa (IK) izračunat je iz odnosa ukupne mase zrna po biljci i mase primarnog i sekundarnih klasova, dok je žetveni indeks (ŽI) izračunat iz odnosa ukupne mase zrna po biljci i ukupne nadzemne mase biljke.

Međuzavisnost analiziranih svojstava utvrđena je primenom Pirsonovih koeficijenta korelacije, dok je analiza direktnih i indirektnih efekata izvršena primenom Path analize (Dewey and Lu, 1959).

Rezultati i diskusija

Poznavanje zavisnosti prinosa zrna od različitih komponenti i međuzavisnosti komponenti prinosa jedan je od važnih preduslova za uspešnu primenu odgovarajućih selekcionih kriterijuma u oplemenjivanju pšenice. Analizom svojstava koje imaju potencijalni efekat na prinos zrna, nameće se potreba utvrđivanja korelacionih odnosa između njih. Prisustvo ili odsustvo korelacija može doprineti pravilnijem odabiru ispitivanih svojstava u cilju povećanja efikasnosti pojedinih selekcionih kriterijuma. Korelacioni odnosi između različitih svojstava prikazani su u tabeli 1. VB bila je u visoko značajnoj korelaciji sa DKL a ujedno i u negativnoj visoko značajnoj korelaciji sa ŽI. DKL je značajno korelirala sa BRZKL ali je ispoljila i negativnu korelaciju sa IK i ŽI na značajnom, odnosno visoko značajnom nivou. PRB visoko značajno je korelirao sa BRZKL, MHZ i značajno sa IK i ŽI, dok je BRZKL ispoljio je značajnu negativnu korelaciju sa MHZ (Tab.1).

Prema Hristov i sar. (1999), veći udeo genetičke osnove u fenotipskoj ekspresiji VB pruža velike mogućnosti da se u procesu oplemenjivanja ostvari visina stabljike koja odgovara postavljenom ideotipu sorte. S obzirom na ostvarene korelativne odnose, skraćivanjem stabljike dobija se i kraći klas ali i bolji ŽI, čija teoretski utvrđena gornja granica iznosi 0,6 (Austin et al., 1980).

Međutim, razvoj sorti sa kraćom stabljikom (Mišić i sar., 1999) nije dao željene rezultate ka unapređenju proizvodnje pšenice u Srbiji, s obzirom da pomenute sorte nisu zauzele značajno mesto u setvenoj strukturi. Tome doprinosi i činjenica da nakon realizacije ŽI od 0,5 sredinom 80ih (Fisher and Quail, 1990) nije uočeno značajnije povećanje ovog pokazatelja. Tendencija da se ostvareni ŽI zadrži na postojećem nivou a da se poveća ukupna nadzemna masa, imala je veću efikasnost u razvoju visokoprinosnih sorti za područje jugoistočne Evrope (Mladenov i sar., 2002, 2006). Unapređenje PRB direktno je uslovljeno BRZKL i MHZ što pokazuje da su karakteristike klasa izuzetno važne za dalji napredak u oplemenjivanju (Hristov i sar., 2006). Međutim, negativna korelacija između BRZKL i MHZ odslikava veliku kompleksnost međusobnih odnosa i potrebu da se vrlo pažljivo izbalansira vrednost pojedinih svojstava. Postizanje optimalnog BRZKL pre svega je povezano sa boljom fertilnošću klasića, naročito u donjoj polovini klasa u kojoj se najčešće formira vrlo mali broj zrna. IK se nalazi u visoko značajnoj korelaciji sa ŽI, što je i razumljivo s obzirom da se koriste zajednički parametri za izračunavanje (ukupna masa zrna).

Tab. 1. Korelacije između različitih svojstava^a pšenice
Tab. 1. Correlations among different traits^a of wheat

	DKL	BRK	BRZKL	MHZ	IK	ŽI	PRB
VB	0,45** ^b	0,03	-0,24	0,01	-0,22	-0,73**	-0,13
DKL		0,28	0,31*	0,02	-0,30*	-0,46**	0,20
BRK			0,22	0,06	-0,04	-0,23	0,08
BRZKL				-0,32*	-0,07	0,18	0,45**
MHZ					0,29	0,27	0,51**
IK						0,65**	0,37*
ŽI							0,45*

^aVB – visina biljke (*plant height*), DKL – dužina klasa (*spike length*), BRK – broj klasića po klasu (*spikelet numbers per spike*), BRZKL – broj zrna po klasu (*grain number per spike*), PRB – prinos po biljci (*grain yield per plant*), MHZ – masa 1000 zrna (*1000 grain mass*), IK – indeks klasa (*spike index*), ŽI – žetveni indeks (*harvest index*)

^b*,** Signifikantno za (*significant at*) $P < 0,05$ i $0,01$

Tab. 2. Direktni i indirektni efekti različitih svojstava pšenice^a na prinos zrna po biljci (PRB)
Tab. 2. Direct and indirect effects on grain yield per plant (PRB) from different wheat traits^a

Komponente Components	Direktni efekti na PRB Direct effects on PRB	Indirektni efekti na PRB – Indirect effect on PRB						
		VB	DKL	BRK	BRZKL	MHZ	IK	ŽI
VB	0,20	-	0,09	0,01	-0,05	0,01	-0,04	-0,14
DKL	0,05	0,02	-	0,01	0,02	0,01	0,02	-0,02
BRK	-0,08	-0,01	-0,02	-	-0,02	-0,01	0,01	0,02
BRZKL	0,67** ^b	-0,16	0,21	0,15	-	-0,21	-0,05	0,12
MHZ	0,62**	0,01	0,01	0,04	-0,20	-	0,18	0,17
IK	0,15	-0,03	-0,04	-0,01	-0,01	0,04	-	0,09
ŽI	0,22	-0,16	-0,10	-0,05	0,04	0,06	0,14	-

^aVB – visina biljke (*plant height*), DKL – dužina klasa (*spike length*), BRK – broj klasića po klasu (*spikelet numbers per spike*), BRZKL – broj zrna po klasu (*grain number per spike*), PRB – prinos po biljci (*grain yield per plant*), MHZ – masa 1000 zrna (*1000 grain mass*), IK – indeks klasa (*spike index*), ŽI – žetveni indeks (*harvest index*)

^b** Signifikantno za (*significant at*) $P < 0,01$

Korelacioni odnosi su dalje analizirani primenom *Path* koeficijenata, koji obuhvataju učešće korelacionih koeficijenata u direktnim i indirektnim efektima na određeno svojstvo. *Path* analiza je proizašla iz potrebe da se analizira hronološki red ili mehanizam delovanja, po kom promenljive utiču jedna na drugu, odnosno kao pokušaj da se analizira uzročna međuzavisnost između promenljivih (Reynolds et al., 2007; Vargas et al., 2007). Uprkos činjenici da komponente prinosa ispoljavaju međusobni kompenzirajući efekat, sve numeričke vrednosti uključene su u analizu kako bi se determinisao uticaj jednih na druge.

PZB predstavlja rezultat međusobnog odnosa različitih svojstava i jedan je od važnih indikatora rodnosti. Ovo svojstvo razmatrano je kao zavisna promenljiva, dok su svojstva VB, DKL, BRK, BRZKL, MHZ, IK i ŽI posmatrane kao nezavisne promenljive. Slično korelacijama, najveći direktni efekat na PZB ispoljili su BRZKL i MHZ (Tab. 2). Idealno bi bilo kada bi se mogla unaprediti istovremeno ova dva svojstva, bez kompenzacionog efekta. S obzirom da je to veoma teško, nastoji se povećati BRZKL, uz očuvanje MHZ na optimalnom nivou za određeno agroekološko područje. Manipulaciju pojedinih morfoloških karakteristika klasa omogućava relativno lako merenje i činjenica da je genetska kontrola uslovljena manjim brojem gena (Martinek and Bednar, 1998). Povećanje BRZKL uslovljeno dužinom formiranja klasa i efikasnošću fotosinteze u tom periodu (Abbate et al., 1995), što se zajedno sa mineralnom ishranom direktno odražava na intenzitet formiranja organske materije i veći broj funkcionalnih cvetova u klasiću (Miralles and Slafer, 2007). Pored genetičkih, faktori spoljne sredine imaju značajan doprinos u ekspresiji pojedinih svojstava. Temperatura vazduha u krajnjim fazama razvoja klasa utiče na potencijal mase zrna (Ugarte et al., 2007), što je veoma važno u kasnijim fazama formiranja i nalivanja zrna. BRK je ispoljio negativan direktan uticaj na PRB (Tab. 2), što se razlikuje od slabe, pozitivne korelacije (Tab. 1). Problem ozrjenosti klasa naročito pri njegovoj osnovi (Guidobaldi and Maich, 2001), negativno utiče na broj zrna u klasu. Iako direktan efekat nije značajan, mora mu se posvetiti veća pažnja pošto ukazuje da pojava sterilnih klasića znatno umanjuje ukupan prinos. Takođe, *path* analiza je pokazala negativan indirektni efekat BRK (-0,02) na BRZKL (Tab. 2).

IK i ŽI pokazali su slične, kako direktne tako i indirektno efekte na PRB (Tab. 2). Slične korelacione vrednosti i njihova značajnost (Tab. 1) ukazuju da ŽI kao kompleksniji faktor ima određene prednosti u izboru selekcionog kriterijuma. Naime, ŽI obuhvata ukupnu nadzemnu masu, a IK samo njen manji deo. Stoga se IK može koristiti samo kao dopunski selekcion kriterijum, sa ciljem da se preciznije odrede odnosi između pojedinih komponenti klasa. Svakako treba dodati da je pojam ŽI široko rasprostranjen i univerzalno primenljiv, dok se IK obračunava na različite načine i primenjuje sa različitim ciljem. Tako Reynolds et al. (2007) izračunavaju IK iz odnosa suve mase klasa i stabljike pre cvetanja, sa ciljem određivanja sadržaja organske materije, na osnovu čega se određuju potencijalne mogućnosti klasa u formiranju prinosa.

Zaključak

Utvrdena je visoko značajna korelativna veza između visine biljke i dužine klasa, broja zrna po klasu i prinosa po biljci, mase 1000 zrna i prinosa po biljci, kao i indeksa klasa i žetvenog indeksa. Visoko značajna negativna korelacija utvrđena je između žetvenog indeksa i visine biljke i dužine klasa. *Path* analizom

utvrđeni su visokoznačajni direktni efekti broja zrna po klasu i mase 1000 zrna na prinos zrna po biljci. Negativan direktni efekat broja klasića po klasu na prinos biljke nameće potrebu unapređenja njihove fertilnosti. Žetveni indeks kao kompleksniji i češće upotrebljavan, pouzdaniji je selekcioneri kriterijum u odnosu na indeks klasa, koji se može koristiti kao dopunski kriterijum u oplemenjivanju pšenice.

Literatura

- Abbate, P.E., Andrade, F.H. and Culot, J.P. (1995): The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *J. Agri. Sci.*, 14, 351-360.
- Austin, R.B., Bingham, J., Blackwell, R.D., Evans, L.T., Ford, M.A., Morgan, C.L. and Taylor, M. (1980): Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agri. Sci.*, 94, 675-689.
- Dewey, D.R., and Lu, K.H. (1959): A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agron. J.*, 51, 515-518.
- Borojević, S. i Kraljević-Balalić, Marija (1982): Utvrđivanje najpovoljnije gustine i rasporeda biljaka u prostoru raznih genotipova pšenice. *Arhiv za polj. nauke*, 43, 151, 309-326.
- Borras, L., Slafer, G.A. and Otegui, M.O. (2004): Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crop Res.*, 86, 131-146.
- Fisher, R.A. and Quail, K.J., (1990): The effects of major dwarfing genes on yield potential in spring wheats. *Euphytica*, 46, 51-56.
- Guidobaldi, H.A. and Maich, R.H. (2001): Changes in primordia and fertile florets in hexaploid triticale selected disruptively for spikelet fertility. *Annual Wheat Newsletter*, p.18.
- Hristov, N., Mladenov, N., Kraljević-Balalić, Marija (1999): Diversity and variance components of stem traits in winter wheat. *Genetika*, 31, 2, 197-206.
- Hristov, N., Mladenov, N., Kondić-Špika, Ankica (2006): Efekat sorte i ekoloških faktora na broj zrna u klasu pšenice. *Ekono-konferencija 2006*, 20-23. septembar, Novi Sad, *Tematski zbornik I*, 197-202.
- Martinek, P. And Bednar J. (1998): Gene resources with non-standard spike morphology in wheat. A. Slinkard (Ed.), *Proceedings of the 9th International Wheat Genetics Symposium*, August 2-7, Saskatoon, Canada, 2: 286-288.
- Miralles, D.J., Richards, R.A. and Slafer, G.A. (2000): Duration of stem elongation period influences the number of fertile florets in wheat and barley. *Austra. J. Plant Phy.*, 27, 931-940.
- Miralles, D.J. and Slafer, G.A. (2007): Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? *J. Agri. Sci.*, 145, 139-149.
- Mišić, T., Mladenov, N., Malešević, M., Hristov, N., Jevtić, R., Panković, L. (1999): Zlatka, patuljasta srednje rana sorta ozime pšenice. *Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad*, 32, 5-16.
- Mladenov, N., Denčić, S., Hristov, N., Kobiljski, B. (2002): Doprinos oplemenjivanja pšenice povećanju prinosa. *Zbornik referata, XXXVI Seminar agronoma, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad*, 175-183.
- Mladenov, N., Denčić, S., Hristov, N., Kobiljski, B. (2006): Osobine novih novosadskih sorti pšenice. *Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad*, 42: 403-413.
- Reynolds, M., Calderini, D., Condon, A. and Vargas, M. (2007): Association of source/sink traits with yield, biomass and radiation use efficiency among random sister lines from three wheat crosses in a high-yield environment. *J. Agri. Sci.*, 145, 3-16.
- Sherman, V.J., Sylvester-Bradley, R., Scott, R.K. and Foulkes, M.J. (2005): Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Sci.*, 45, 175-178.

- Slafer, G.A. and Miralles, D.J. (1996): Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. In *Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers* (Ed. M.P. Reynolds, S. Rajaram and A. McNab), 101-134, Mexico: CIMMYT.
- Ugarte, C., Calderini, D.F. and Slafer, G.A. (2007): Grain Weight and grain number responsiveness to pre-anthesis temperature in wheat, barley and triticale. *Field Crop Res.*, 100, 240-248.
- Vargas, M., Crossa, J., Reynolds, M.P., Dhungana, P. and Eskridge, K.M. (2007): Structural equation modeling for studying genotype x environment interactions of physiological traits affecting yield in wheat. *J. Agri. Sci.*, 145, 1-11.
- Zhinghu, H., Shuzhen, Z. and Luxiang, L. (1992): Multiple analysis on character relations for breeding of short-stem wheat. *Acta Agricultural Boreali sinica (China)*, 7, 1, 1-7.

DIRECT AND INDIRECT EFFECTS OF SEVERAL WHEAT TRAITS ON GRAIN YIELD

Nikola Hristov, Novica Mladenov, Ankica Kondić-Špika, Slaviša Štatkić, Nenad Kovačević

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

Summary: A detailed analysis of wheat traits has contributed to the greater efficacy of breeding for yield components as opposed to breeding for yield *per se*. The determination of correlations and direct and indirect effects among wheat traits has made it possible to achieve a better understanding of their interrelationships as well as their better balancing for improved yield per unit area. Forty-four divergent genotypes were analyzed in the paper. Highly significant correlations were found between plant height and spike length, grain number per spike and yield per plant, 1000-grain weight and yield per plant, and spike index and harvest index. Between harvest index and plant height and spike length there was a highly significant negative correlation. *Path* analysis revealed highly significant direct effects of grain number per spike and 1000-grain weight on grain yield per plant. The observed negative direct effect of spikelet number per spike on plant yield indicates the need to increase spikelet fertility.

Key words: *path* analysis, grain yield, wheat, harvest index