

UDK: 633.11: 546.27

PARAMETRI TOLERANTNOSTI KLIJANACA PŠENICE NA SUVIŠAK BORA

MILKA BRDAR, BORISLAV KOBILJSKI,
MARIJA KRALJEVIĆ-BALALIĆ, IVANA MAKSIMOVIĆ¹

IZVOD: Ispitana je varijabilnost mase suvih klijanaca i sadržaja bora kod 14 NS sorti pšenice tretiranih bornom kiselinom kod kojih je poznat stepen tolerancije na suvišak bora. Između genotipova unutar grupa (osetljivi, srednje tolerantni i tolerantni) su utvrđene značajne razlike u pogledu analiziranih svojstava, što upućuje na različite mehanizme tolerancije na bor. Saglasnost ranga tretiranih genotipova u pogledu redukcije rasta korena i mase suvih klijanaca navodi na zaključak da bi u daljim istraživanjima bilo dovoljno analizirati ili rast korena ili masu suvih klijanaca.

Ključne reči: pšenica, tolerancija, bor

UVOD

Bor se ubraja u hemijske elemente neophodne za rast i razvoj viših biljaka. Deficit bora, kao i njegovo prisustvo u suvišnoj količini, dovode do teških poremećaja u ishrani biljaka (Dordas et al. 2000). Zaslanjena zemljišta su česta pojava u Vojvodini i odlikuju se prisustvom bora čija količina na mnogim mestima prelazi granicu tolerancije velikog broja biljnih vrsta. Smatra se da je bor jedan od najtoksičnijih elemenata nađenih u slatinama (Miljković 1960). Negativni efekat bora na pšenicu posebno dolazi do izražaja u semiaridnim i aridnim područjima (Kraljević-Balalić et al. 2004), kakva je i Vojvodina, i ispoljava se putem redukcije prinosa i kvaliteta (Jefferies et al. 2000). Visoke koncentracije bora u zemljištu mogu da imaju za posledicu redukciju rasta korena pšenice (Huang and Graham 1990), smanjen vigor, žutilo listova, smanjenu visinu i usporen razvoj (Paull 1990). Zabeležene su velike razlike u reakciji genotipova pšenice na visoke koncentracije bora u zemljištu (Nable et al. 1997), koje mogu da posluže kao dobra osnova za oplemenjivanje visokoprinosa tolerantnih sorti.

¹ mr Milka Brdar, stipendista Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije, milkabrdar@yahoo.com, dr Borislav Kobiljski, viši naučni saradnik, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, dr Marija Kraljević-Balalić, red. prof., dr Ivana Maksimović, vanr. prof., Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

Cilj rada je bio ispitivanje varijabilnosti mase suvih klijanaca i količine usvojenog bora kod NS sorti pšenice tretiranih bornom kiselinom, za koje je iz prethodnih istraživanja poznat stepen tolerancije korenovog sistema na bor, kao i da se utvrdi međuzavisnost ovih svojstava.

MATERIJAL I METOD RADA

Ogled je postavljen po metodi Chantachume et al. (1995), na Odeljenju za biotehnologiju Zavoda za strna žita Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu.

Po 1200 zrna (podeljeno u 3 ponavljanja) 14 visokoprinosnih NS sorti pšenice je površinski sterilisano i naklijano na filter hartiji navlaženoj rastvorima borne kiseline 0, 50, 100 i 150 mg/l (kontrola B 0 i tretmani B 50, B 100 i B 150) na 18°C, u mraku. Svi rastvori su sadržali i 0,5 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$, 0,0025 mM $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ i 0,015 mM H_3BO_3 .

Nakon 11 dana su izmereni dužina korenovog sistema i masa suvih klijanaca. Redukcija korenovog sistema na pojedinim tretmanima u odnosu na kontrolu je poslužila kao osnov za podelu ispitivanih genotipova u grupe različitog stepena tolerancije na bor (osetljivi, srednje tolerantni i tolerantni), što je detaljno opisano u Brdar et al. (2006). Sadržaj bora u klijanacima je određen ICP – spektrofotometrijski, materijal je razoren po metodi 4 (Laing et al. 2003).

Izračunati su masa suvih klijanaca na pojedinim tretmanima u odnosu na kontrolu (RM 50, RM 100 i RM 150 –%) i sadržaj bora na pojedinim tretmanima u odnosu na kontrolu (SB 50, SB 100, SB 150, podaci su transformisani tako da numeričke vrednosti pokazuju koliko je puta sadržaj bora veći na pojedinim tretmanima u odnosu na kontrolu). Podaci su obrađeni analizom varijanse i izračunati su Spirmanovi koeficijenti korelacije ranga za parove svojstava dužina korena, masa suvih klijanaca i sadržaj bora u klijanacima, za prosek svih tretmana u odnosu na kontrolu (Hadživuković 1991). Za obradu podataka upotrebljen je program STATISTICA 7.0.

REZULTATI

Između ispitivanih grupa genotipova pšenice (osetljiv na bor, srednje tolerantan i tolerantan korenov sistem) su zabeležene visoko značajne razlike u pogledu svih analiziranih svojstava (mase suvih klijanaca na tretmanima bora u odnosu na kontrolu – RM 50, RM 100, RM 150, sadržaja bora u klijanacima na kontroli – SB i na tretmanima u odnosu na kontrolu – SB 50, SB 100, SB 150), osim u pogledu svojstva masa suvih klijanaca na kontroli (M), gde nije bilo značajnih razlika između grupa (Tab. 2).

U proseku svih tretmana, najveća redukcija mase suvih klijanaca u odnosu na kontrolu je utvrđena za osetljive sorte, zatim za srednje tolerantne, dok tolerantni genotipovi na tretmanima imaju 1,7% veću masu klijanaca nego na kontroli (Tab. 1). Sadržaj bora u klijanacima je na tretmanima u odnosu na kontrolu najveći kod osetljivih sorti, a najmanji kod tolerantnih (Tab. 3).

Unutar sve tri grupe su utvrđene visoko značajne razlike između genotipova u pogledu svih ispitivanih svojstava, osim za svojstvo sadržaj bora u klijanacima osetljivih sorti, gde su razlike između genotipova bile značajne na nivou verovatnoće od 0,05 (Tab. 2).

U grupi sa korenovim sistemom osetljivim na bor je najveća redukcija mase suvih klijanaca (za prosek svih tretmana) utvrđena za sortu Rusija, a najmanja za Renesansu, kod

koje je istovremeno zabeležen i najniži sadržaj bora u proseku tretmana u odnosu na kontrolu. Najviši sadržaj bora u proseku tretmana u odnosu na kontrolu je od svih ispitivanih genotipova imala osetljiva sorta Arija (Tab. 1., Tab. 3.).

Tabela 1. Masa suvih klijanaca NS sorti pšenice na kontroli (M – mg) i na tretmanima bora u odnosu na kontrolu (RM 50, RM 100, RM 150 –%)

Table 1. Dry weight of NS wheat cultivars seedlings on control (W – mg) and on boron treatments in relation to control (RW 50, RW 100, RW 150 –%)

sorta <i>cultivar</i>		M <i>W</i>	RM 50 <i>RW 50</i>	RM 100 <i>RW 100</i>	RM 150 <i>RW 150</i>	prosek* <i>average*</i>
Renesansa	O / S	10,6	92,4	80,0	77,0	83,1
Rusija	O / S	8,9	86,2	74,6	69,4	76,7
Arija	O / S	10,5	85,3	86,1	71,2	80,8
prosek/ <i>average</i>		10,0	88,0	80,2	72,5	80,2
Cipovka	ST / MT	9,5	90,6	94,6	99,9	95,0
Pobeda	ST / MT	11,2	78,5	79,2	74,0	77,2
Evropa 90	ST / MT	7,9	106,3	96,7	92,7	98,6
Astra	ST / MT	9,1	106,1	98,2	95,2	99,9
Vila	ST / MT	13,1	107,5	80,1	89,7	92,4
Oda	ST / MT	11,8	88,2	88,9	86,5	87,9
prosek/ <i>average</i>		10,4	96,2	89,6	89,7	91,8
Diva	T / T	11,1	90,6	99,5	115,0	101,7
Ljiljana	T / T	8,7	105,9	107,3	106,9	106,7
Simfonija	T / T	14,6	93,6	91,6	78,2	87,8
Dragana	T / T	9,9	113,5	89,1	98,9	100,5
Mina	T / T	11,3	106,6	123,0	105,2	111,6
prosek/ <i>average</i>		11,1	102,0	102,1	100,8	101,7

O, ST, T – osetljiv, srednje tolerantan i tolerantan korenov sistem, S, MT, T – susceptible, medium tolerant and tolerant roots, * – za tretmane, for treatments

Tabela 2. F – vrednosti iz analize varijanse za masu suvih klijanaca i sadržaj bora u klijancima NS sorti pšenice

Table 2. F – values from analysis of variance for dry weight and boron content of NS wheat cultivars seedlings

svojstvo / trait								
	M	RM50	RM100	RM150	SB	SB50	SB100	SB150
	W	RW50	RW100	RW150	BC	BC50	BC100	BC150
između grupa / between groups								
	1,3 ns	6,2**	15,6**	23,6**	7,4**	10,0**	11,5**	8,4**
unutar grupa / inside groups								
O / S	273,0**	18,5**	50,3**	19,4**	8,0*	29,6**	18,2**	44,0**
ST/MT	1118,0**	143,0**	95,2**	84,5**	75,2**	146,0**	107,2**	294,3**
T / T	1461,6**	420,5**	372,6**	393,8**	74,2**	27,9**	22,3**	25,9**

M – masa suvih klijanaca na kontroli i na tretmanima bora u odnosu na kontrolu (RM50, RM100, RM150), SB – sadržaj bora u klijancima na kontroli i na tretmanima bora u odnosu na kontrolu (SB50, SB100, SB150)

O, ST, T – osjetljiv, srednje tolerantan i tolerantan korenov sistem

ns – nije značajno, *, ** – značajno na nivoima verovatnoće 0,05 i 0,01, respektive

W – seedlings dry weight on control and on boron treatments in relation to control (RW50, RW100, RW150),

BC – boron content in seedlings on control and on boron treatments in relation to control (BC50, BC100, BC150)

BC150)

S, MT, T – susceptible, medium tolerant and tolerant roots

ns – insignificant, *, ** – significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively

Tabela 3. Sadržaj bora u klijancima NS sorti pšenice na kontroli (SB – mg/kg suve materije) i na tretmanima bora u odnosu na kontrolu (SB 50, SB 100, SB 150 – transformisani podaci)

Table 3. Boron content of NS wheat cultivars seedlings on control (BC – mg/kg dry matter) and on boron treatments in relation to control (BC 50, BC 100, BC 150 – transformed data)

sorta <i>cultivar</i>		SB BC	SB 50 BC 50	SB 100 BC 100	SB 150 BC 150	prosek* <i>average*</i>
Renesansa	O / S	13,1	6,4	13,0	21,5	13,6
Rusija	O / S	10,6	8,7	15,6	21,4	15,2
Arija	O / S	3,4	28,1	42,9	82,2	51,1
prosek/ <i>average</i>		9,0	14,4	23,8	41,7	26,6
Cipovka	ST / MT	18,2	4,4	8,8	14,1	9,1
Pobeda	ST / MT	11,4	6,5	13,3	21,5	13,7
Evropa 90	ST / MT	9,7	9,3	17,1	29,6	18,7
Astra	ST / MT	16,0	4,8	7,9	9,6	7,4
Vila	ST / MT	16,0	5,4	9,2	18,6	11,1
Oda	ST / MT	14,3	5,4	10,2	18,9	11,5
prosek/ <i>average</i>		14,3	6,0	11,1	18,7	11,9
Diva	T / T	23,4	2,3	4,1	7,1	4,5
Ljiljana	T / T	17,0	4,9	9,0	12,1	8,7
Simfonija	T / T	16,9	5,2	8,7	12,3	8,7
Dragana	T / T	16,4	4,6	10,3	13,5	9,5
Mina	T / T	7,2	12,4	19,7	39,8	24,0
prosek/ <i>average</i>		16,2	5,9	10,4	17,0	11,1

O, ST, T – osjetljiv, srednje tolerantan i tolerantan korenov sistem, S, MT, T – susceptible, medium tolerant and tolerant roots, * – za tretmane, for treatments

Najmanja redukcija mase suvih klijanaca i najniži sadržaj bora na proseku tretmana u odnosu na kontrolu su u okviru grupe srednje tolerantnih genotipova zabeleženi za sortu Astra. Pobeda je imala najveću redukciju mase suvih klijanaca, a Evropa 90 najviši sadržaj bora (Tab. 1., Tab. 3.).

Kod tolerantnih sorti je jedino za Simfoniju zabeležena redukcija mase suvih klijanaca, dok su ostali genotipovi imali veću masu suvih klijanaca na tretmanima nego na kontroli. Najviši sadržaj bora na tretmanima u odnosu na kontrolu je uočen za sortu Mina, a najniži za Divu (Tab. 1., Tab. 3.).

Tabela 4. Spirmanovi koeficijenti korelacije ranga (r) za dužinu korenovog sistema (DK), masu suvih klijanaca (M) i sadržaj bora u klijanacima (SB) NS sorti pšenice (prosek tretmana)
Table 4. Spearman's coefficients of rang correlation (r) for roots length (RL), dry weight (W) and boron content in seedlings (BC) in NS wheat cultivars (average of treatments)

par svojstava / pair of traits	r
DK – M / RL – W	0,7275 **
DK – SB / RL – BC	0,3495 ns
M – SB / W – BC	0,4154 ns

ns – nije značajno, ** – značajno na nivou verovatnoće 0,01
*ns – insignificant, ** – significant at 0.01 level of probability*

Spirmanovim koeficijentom korelacije je visoko značajan stepen saglasnosti ranga genotipova (na proseku tretmana u odnosu na kontrolu) utvrđen jedino za par svojstava dužina korenovog sistema – masa suvih klijanaca (Tab. 4.).

DISKUSIJA

Visoko značajne razlike koje su se između ispitivanih grupa genotipova pojavile u pogledu mase suvih klijanaca na tretmanima u odnosu na kontrolu su očekivane, pošto su slabiji vigor i usporen razvoj biljaka simptomi negativnog efekta bora na pšenicu (Paull 1990), a kao osnov za grupisanje (osetljivi, srednje tolerantni i tolerantni) je poslužila već poznata reakcija korenovog sistema na bor, mada ona predstavlja samo jedan od aspekata tolerancije. Ovo potvrđuje i nepostojanje značajnih razlika između grupa u pogledu mase suvih klijanaca na kontroli. Sadržaj bora u klijanacima je u proseku na kontroli veći kod tolerantnih sorti, dok je na tretmanima obrnuto – osetljive sorte u odnosu na kontrolu usvajaju veću količinu bora od tolerantnih.

Međutim, u pogledu svih ispitivanih svojstava postoje značajne razlike između genotipova unutar grupa. Tako npr. klijaneci tolerantne sorte Mine na kontroli imaju oko 3 puta manji sadržaj bora od klijanaca sorte Diva, dok na proseku tretmana u odnosu na kontrolu Mina ima oko 5 puta veći sadržaj bora od Dive. Ovo je verovatno povezano sa različitim mehanizmima tolerancije pšenice na bor. Utvrđeno je (Jefferies et al. 2000) da je svojstvo tolerancije na visoke koncentracije bora kod pšenice kontrolisano sa najmanje 3 major gena koji se nalaze na hromozomima 7 B i 7 D i moguće je da su različite kombinacije alela koji se nalaze u ovim lokusima uzrok pomenutim varijacijama.

Visoko značajno saglasan rang ispitivanih genotipova u pogledu stepena redukcije rasta korena i mase suvih klijanaca na tretmanima bora upućuje na zaključak da u daljim istraživanjima za utvrđivanje stepena tolerancije pšenice na bor ne bi bilo neophodno analizirati i redukciju rasta korena i masu suvih klijanaca. Da bi se ovo potvrdilo potrebno je ispitati veći broj genotipova i rezultate uporediti sa rezultatima poljskog ogleđa u kojem bi se sagledao uticaj visokih koncentracija bora u zemljištu na prinos pšenice.

ZAKLJUČAK

U pogledu ispitivanih svojstava su između genotipova pšenice unutar grupa (osetljivi, srednje tolerantni i tolerantni na bor) zabeležene visoko značajne razlike, što je vero-

vatno povezano sa različitim mehanizmima tolerancije na bor. Spirmanovi koeficijenti korelacije su pokazali visoko značajno saglasan rang tretiranih genotipova jedino u pogledu stepena redukcije rasta korena i mase suvih klijanaca, što upućuje na zaključak da u daljim istraživanjima ne bi bilo neophodno analizirati i redukciju rasta korena i masu suvih klijanaca.

LITERATURA

- BRDAR, M., KRALJEVIĆ-BALALIĆ, M., KOBILJSKI, B., MAKSIMOVIĆ, I.: Boron tolerance in wheat roots. *Journal of Scientific Agricultural Research* (in press), 2006.
- CHANTACHUME, Y., SMITH, D., HOLLAMBY, G. J., PAULL, J. G., RATHJEN, A. J.: Screening for boron tolerance in wheat (*T. aestivum*) by solution culture in filter paper. *Plant Soil*, 177: 249–254, 1995.
- DORDAS, C., CHRISPEELS, M. J., BROWN, P.: Permeability and channel – mediated transport of boric acid across membrane vesicles isolated from squash roots. *Plant Physiol.*, 124: 1349–1361, 2000.
- HADŽIVUKOVIĆ, S.: Statistički metodi s primenom u poljoprivrednim i biološkim istraživanjima. Drugo prošireno izdanje. Poljoprivredni fakultet, Institut za ekonomiku poljoprivrede i sociologiju sela, Novi Sad, 1991.
- HUANG, C., GRAHAM R. D.: Resistance of wheat genotypes to boron toxicity is expressed at the cellular level. *Plant Soil*, 126: 295–300, 1990.
- JEFFERIES, S. P., PALLOTTA, M. A., PAULL, J. G., KARAKOUSIS, A., KRETSCHMER, J. M., MANNING, S., ISLAM, A. K. M. R., LANGRIDGE, P., CHALMERS, K. J.: Mapping and validation of chromosome regions conferring boron toxicity tolerance in wheat (*Triticum aestivum*). *Theor. Appl. Genet.*, 101: 767–777, 2000.
- KRALJEVIĆ-BALALIĆ, M., KASTORI, R., KOBILJSKI, B.: Variability and gene effects for boron concentration in wheat leaves. *Proceedings of the 17th EUCARPIA General Congress, Genetic Variation for Plant Breeding*: 31–34, 2004.
- LAING, G. D., TACK, F. M. G., VERLOO, M. G.: Performance of selected destruction methods for the determination of heavy metals in reed plants (*Phragmites australis*). *Analytica Chimica Acta*, 497: 191–198, 2003.
- MILJKOVIĆ, N.: Karakteristike vojvodanskih slatina i problem bora u njima. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom sadu, Poljoprivredni fakultet, 1960.
- NABLE, R. O., BAÑUELOS, G. S., PAULL, J. G.: Boron toxicity. *Plant Soil*, 193: 181–198, 1997.
- PAULL, J. G.: Genetic studies on the tolerance of wheat to high concentrations of boron. Ph.D. Thesis, Adelaide University, Australia, 1990.

BORON TOLERANCE PARAMETERS IN WHEAT SEEDLINGS

MILKA BRDAR, BORISLAV KOBILJSKI,
MARIJA KRALJEVIĆ-BALALIĆ, IVANA MAKSIMOVIĆ

Summary

The aim of the study was to analyze the variability of dry weight and boron content in seedlings of 14 NS wheat cultivars treated with boric acid. The level of boron tolerance of studied cultivars was known from previous research. Significant differences between genotypes in groups (susceptible, medium tolerant, tolerant) were found regarding both analyzed traits and they are probably caused by different boron tolerance mechanisms. Rang of treated genotypes with respect to root growth reduction corresponded well with their rang with respect to dry weight reduction. These results suggest that in further research it might be sufficient to analyze one of those parameters.

Key words: wheat, boron tolerance