

VARIJACIJA FENOTIPSKIH MARKERA PRINOSA PŠENICE NA ALKALIZOVANOM ZEMLJIŠTU

Miodrag Dimitrijević^{1*}, Sofija Petrović¹, Borislav Banjac¹

Izvod

Uspostavljanje kriterijuma u oplemenjivanju pšenice na povećanu tolerantnost na abiotičke stresne uslove halomornih zemljišta (solonjec), koja će da da ekonomski isplativ prinos, može da se postigne postavljanjem paralelnih ogleda u normalnim i uslovima abiotičkog stresa. Ovakvim ogledima, ispitivanje roditeljskih genotipova hlebne pšenice i njihovih F₂ potomstava pomaže da se sagleda u kojoj meri stresni uslovi utiču na komponente prinosa i prinos zrna pšenice, ali i da se utvrdi iskoristiva genetička varijabilnosti. Višegodišnjim poređenjem varijabilnosti genotipova pšenice na lokalitetu Kumane (stresni uslovi solonjeca) i Rimski šančevi (normalni uslovi černoze), pokazali su da u uslovima stresa visina biljke, broj i masa zrna po klasu imaju oko 30% niže vrednosti od onih na černoze. U F₂ potomstvima ukrštanja odabranih roditeljskih sorti uočena je i izdvojena ona nova genetička varijabilnost koja u uslovima solonjeca dostiže nivo ideotipa biljke na černoze, koji daje najbolje rezultate.

Ključne reči: pšenica, abiotički stres, solonjec, oplemenjivanje

Uvod

Gajenje hlebne pšenice u velikoj meri je uslovljeno delovanjem faktora spoljne sredine, koji mogu da budu ograničavajući činilac u postizanju ekonomski isplativog i stabilnog prinosa. Uticaj ovih faktora je vrlo složen i teško je da se utvrdi efekat svakog pojedinačno. Posebno je značajno da se sagleda u kojoj meri sadejstvo abiotičkog stresa na

nekom lokalitetu ograničava rast i razvoj pšenice i kako se izražava kroz prinos. Pored suše, povećan sadržaj soli natrijuma u zemljištu je jedan od najčešćih oblika abiotičkog stresa kojima su biljke izložene (Munns and Tester, 2008). Sagledavanje problema gajenje hlebne pšenice u takvim uslovima, doprinosi da se iz postojeće genetičke varijabilnosti izabere ona koja će da bude tolerantnija na lošije uslove

¹ Originalni naučni rad (Original scientific paper)

Dimitrijević M^{*}, Petrović S, Banjac B, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad Srbija

*e-mail: mishad@polj.uns.ac.rs

sredine, ali i da se bolje prouče abiotički stresovi, kako bi se preduzele odgovarajuće mere za njihovo ublažavanje. Solonjec je halomorfno alkalno zemljište koje se odlikuje niskom produktivnošću, jer B horizont, zbog visokog sadržaja gline, ograničava rast i razvoj korenovog sistema, a nepovoljne vodno-fizičke i hemijske osobine imaju štetan uticaj na većinu poljoprivrednih biljaka. U Vojvodini se nalazi oko 80000 hektara ovog tipa zemljišta, najviše u Banatu (Belić *et al.*, 2012). Zbog loših osobina, njegovo korišćenje je moguće uz primenu mera popravke, koje mogu da podignu upotrebnu vrednost ovog zemljišta. Solonjec je često podvrgnut hemijskim i fizičkim merama popravke, od kojih se često koristi primena fosfogipsa u cilju zamene štetnih jona natrijuma, jonima kalcijuma i dreniranje u svrhu ispiranja štetnih soli. Pšenica je umereno tolerantna na alkalizovana zemljišta, a u isto vreme je veoma raširena žitarica koja ne zahteva velika ulaganja u proizvodnju. Zato može da se uzme kao dobar model za proučavanje tolerantnosti žita na stresne uslove povećane koncentracije soli u zemljištu (Shelden and Roessner, 2013). Pošto je prinosa zrna pšenice vrlo kompleksno svojstvo, zavisno od drugih komponenti, kriterijumi izbora u ranim generacijskim fazama ukrštanja upravo se postavljaju na osnovu komponenti prinosa (Dashti *et al.*, 2010). Posebna pažnja treba da se usmeri na posmatranje onih osobina biljke koje će da daju novi genotip, sa poželjnim odnosom vegetativnog i generativnog dela. Zato analiza visine biljke, broja i mase zrna po klasu može da pomogne u postizanju cilja oplemenjivanja *in situ* za dobijanje genotipova za specijalne uslove gajenja. Proces dobijanja željene genetičke varijabilnosti se najčešće zasniva na odabiru roditeljskih parova, koji su se u višegodišnjim ogledima na solonjecu istakli kao upotrebljivi za gajenje

u uslovima abiotičkog stresa. Kriterijumi selekcije se uspostavljaju na bazi utvrđivanja razlike u fenotipskoj varijabilnosti koje su odabrani roditeljski genotipovi ostvarili u programu oplemenjivanja *in situ*, u odnosu na normalne intenzivne uslove gajenja. Ovako uspostavljenim selekcionim kriterijumima može da se postigne cilj da se *in situ* oplemenjivanjem kreira genetička varijabilnost, koja će da nadoknadi ustanovljenu razliku u razvoju biljaka na solonjecu, u odnosu na gajenje u normalnim agroekološkim uslovima. Pri odabiru metoda selekcije treba da se ima u vidu u vidu poligena priroda tolerisanja alkalnosti zemljišta (Flowers, 2004). Pri tome, odabrani metod selekcije treba da bude u skladu sa uslovima abiotičkog stresa koji vlada na području za koji se kreira novi genotip. Za navedeni pristup je neophodno paralelno postavljanje ogleada u normalnim uslovima (černozem), kako bi se upoređivanjem vrednosti osobina, što preciznije ocenio uticaj abiotičkog stresa.

Cilj ovog rada je da se izvrši analiza komponenti prinosa odabranih roditeljskih genotipova i F_2 potomstava njihovih ukrštanja na solonjecu i černozemu, kako bi se utvrdili kriterijumi za selekciju poželjne genetičke varijabilnosti koja se javlja u dobijenim potomstvima.

Materijal i metod

Ogled je postavljen na dva lokaliteta, koji se razlikuju u agroekološkim uslovima, pre svega u uslovima zemljišta. Na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada, lokalitet Rimski šančevi (45,322° severno i 19,839° istočno) genotipovi su gajeni na zemljištu tipa černozem (kontrolni uslovi). Drugi lokalitet je u Banatu u selu Kumane (45,539° severno i 20,228° istočno), gde pored zemljišta tipa solonjec mogu da se izdvoje i

drugi uslovi abiotičkog stresa (jaki vetrovi, temperaturni ekstremi, zadržavanje vode na površini). Ogljed na solonjecu je postavljen uz primenu fosfogipsa za hemijsku popravku zemljišta u količini 25 t·ha⁻¹ i dreniranje u razmaku od 20 cm. Tokom vegetacionih sezona 2009/2010 i 2010/2011. ispitivano je pet sorti pšenice (Pobeda, Renesansa, Sara, Partizanka i Pesma) koje su poslužile kao roditelji i 7 kombinacija njihovih ukrštanja (F₂ generacija): Pobeda x Sara, Pobeda x Pesma, Renesansa x Sara, Renesansa x Pesma, Sara x Partizanka, Sara x Pesma i Partizanka x Pesma. Na oba lokaliteta setva oglednog materijala je obavljena u redove dužine 1 m i razmakom između redova 20 cm. Svaki roditeljski genotip je posejan u šest redova sa 10 zrna po redu, dok je svako ukrštanje sejano u 12 redova sa 10 zrna u redu. Analizirana je visina biljke (cm), broj zrna po klasu i masa zrna po klasu (g). Izračunate su vrednosti aritmetičkih sredina. Značajnosti razlika aritmetičkih sredina procenjena je t-testom, a zatim su utvrđeni načini nasleđivanja u F₂ potomstvima ukrštanja, koji su prikazani u vidu grafika.

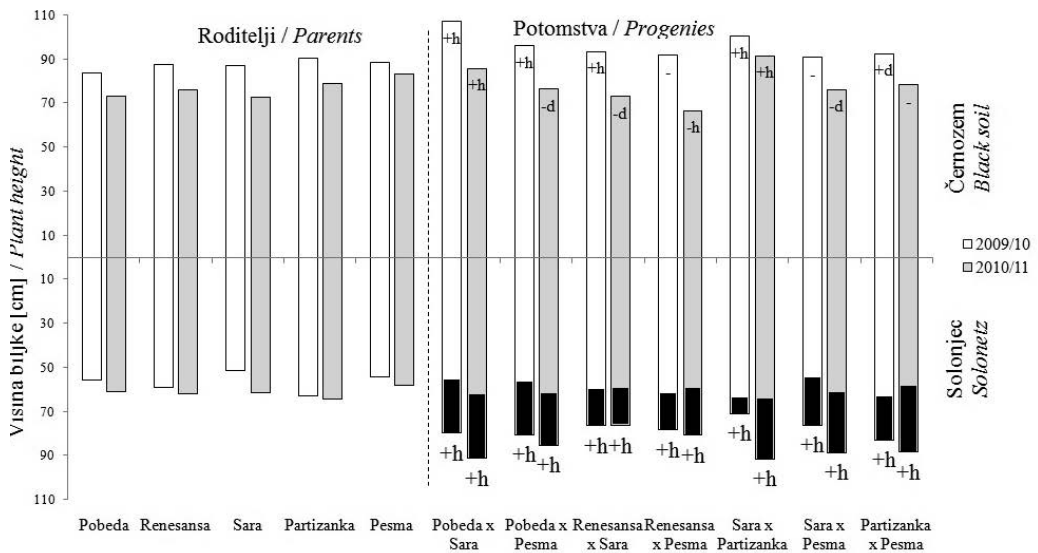
Rezultati i diskusija

Stvaranje genotipova pšenice koji će da se gaji na solonjecu zahteva utvrđivanje selekcionih kriterijuma, koji se zasnivaju na posmatranju različitih osobina biljke i njihovih reakcija na uslove solonjeca. To je posebno važno jer u stresnim uslovima individualne osobine biljaka dobijaju na značaju u formiranju prinosa zrna (Denčić *et al.*, 2000). Za prikazivanje u ovom radu odabrane su tri važne fenotipske osobine i komponente prinosa pšenice: visina biljke, broj zrna po klasu i masa zrna po klasu. Visina biljke je odabrana kao važan fenotipski marker za genotipove koji se gaje u uslovima zemljišta koja imaju povećan sadržaj jona natrijuma, kao što je

solonjec. Smanjenje visine biljke u takvim uslovima u odnosu na povoljnije (černoze), pokazuje u kojoj meri dolazi do smanjenja vegetativne mase i fotosintetičke površine ispitivanih genotipova, što direktno smanjuje generativnu produktivnost klasa, menjajući odnos generativnog dela i izvora asimilativa, što u konačnom ishodu utiče na prinos. Međutim, glavni selekcionni kriterijum kada je ova komponenta prinosa pšenice u pitanju, ne bi trebalo da bude stvaranje genotipa koji će da bude viši u odnosu na odgovarajući genotip na černoze. Viša biljka ne znači direktno i viši prinos, posebno ne u uslovima kakvi vladaju u selu Kumane, gde jaki vetrovi dovode do poleganja useva. Stvaranje genotipa visine do 80 cm obezbedilo bi dovoljno asimilativa za obrazovanje klasa koji ima dobar potencijal za prinos i istovremeno biljke sa kraćim internodijama, koje garantuju veću otpornost na poleganje. Broj i masa zrna po klasu se ubrajaju u važne selekzione kriterijume u oplemenjivanju pšenice kada je glavni cilj selekcije dobar prinos. Broj zrna po klasu visoko je zavisano od genetičke konstitucije sorte, ali i od faktora spoljne sredine. Povećanje genetičkog potencijala za prinos zrna moguće je ostvariti kroz povećanje veličine i kapaciteta klasa. Dug i plodan klas predstavlja jedan od najvažnijih pravaca u poboljšanju prinosa zrna pšenice. Međutim, kako bi se povećala masa zrna po klasu, neophodno je sagledati celu morfološku i anatomsku strukturu biljke i njenih organa pojedinačno (Zečević *et al.*, 2010). Masa zrna po klasu posebno je značajna u uslovima abiotičkog stresa, jer u normalnim uslovima ona slabo koreliše sa prinostom, ali u stresnim uslovima korelacija postaje izraženija (Denčić *et al.*, 2000). Broj i masa zrna po klasu u uslovima abiotičkog stresa u uzajamnoj interakciji doprinose tolerantnosti biljke (Roy *et al.*, 2011).

Visina biljke. Analiza visine biljke odabranih roditelja pokazala je da su, očekivano, viši proseci ove osobine ostvareni na zemljištu tipa černoze, nego na solonjecu. Pri tome, sadejstvo abiotičkog stresa na lokalitetu Kumane veći uticaj je imalo na smanjenje visine biljke u prvoj vegetacionoj sezoni (oko 35%), nego u drugoj (oko 20%). To ukazuje da su tokom vegetacione sezone 2010/2011. vladali nešto povoljniji uslovi za obrazovanje vegetativne mase biljaka na tom lokalitetu. Pojedinačno posmatrano prosečna vrednost visine biljke na solonjecu bila je najniža, u odnosu na odgovarajući prosek na černoze, kod genotipova Sara i Pesma, tokom vegetacione sezone 2009/2010, odnosno kod genotipova Pesma, Renesansa i Partizanka, u sezoni 2010/2011, graf. 1.

Prosečna visina biljke svih populacija potomstava, na solonjecu tokom posmatranih vegetacionih sezona, iznosi oko 82 cm. To daje posebnu prednost, s obzirom da bi to bila visina biljke ideotipa za uslove gajenja na solonjecu. Rezultati oglada na černoze pokazali su da je ispoljavanje visine biljke pod većim uticajem spoljašnje sredine. Kod potomstava Pobeda x Sara i Sara x Partizanka, u obe godine istraživanja, ispoljen je pozitivan heterozis (+h), što ukazuje na efekat superdominacije, odnosno epistatično delovanja gena. Kod ostalih kombinacija potomstava način nasleđivanja se razlikovao u zavisnosti od uslova godine, graf. 1. Iako je visina biljke kvantitativna osobina, genetski sistem za nasleđivanje ovog svojstva pšenice pored minor gena uključuje i major *Rht*



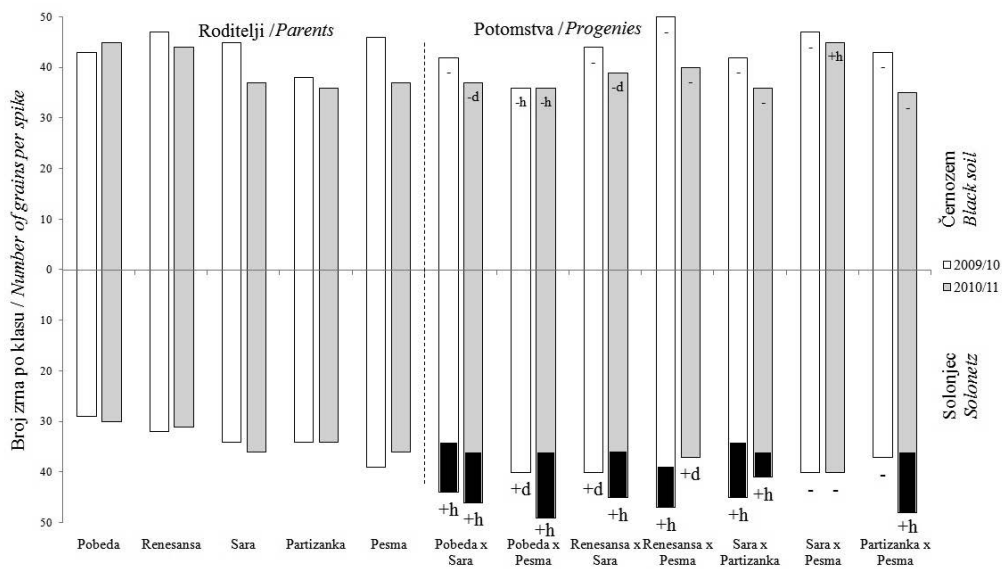
Grafikon 1. Prosečne vrednosti visine biljke (cm) na černoze i solonjecu tokom dve vegetacione sezone gajenja pšenice, gde je: h-heterozis, d-dominacija, - nije bilo moguće utvrditi način nasleđivanja

Graph 1. Mean values of plant height (cm) on black soil and solonchak, over two growing seasons for wheat, where: h-heterosis, d-domination, - it is not possible to determine mode of inheritance

gene (Dimitrijević i sar., 2006). Nepovoljni uslovi solonjeca redukuju prosečne vrednosti visine biljke roditeljskih genotipova pšenice u odnosu na vrednosti na černozeu. To pruža mogućnost da se u heterogenoj F_2 generaciji izdvoje kombinacije koje su visinom biljke dostigli vrednost roditelja određenu *Rht* genima, ili da njihove vrednosti budu više od vrednosti roditelja. To će da rezultira ispoljavanjem pozitivnog heterozisa. Na černozeu, u povoljnijim uslovima životne sredine, to je manje izraženo, s obzirom da biljka već dostiže svoj genetički maksimum za određenu osobinu, pa ne ostaje dovoljno prostora da se u F_2 generaciji, u svim kombinacijama, ispolji pozitivan heterosis.

Broj zrna po klasu. Stresni uslovi zemljišta

su najviše uticali na prosečne vrednosti posmatranog svojstva kod sorti Pobeda i Renesansa. Alkalno zemljište i opšti uslovi za gajenje koje takvo zemljište donosi su doveli do smanjenja broja zrna po klasu za 30-34% u poređenju sa vrednostima ovog svojstva u paralelnim ogledima na černozeu u obe vegetacione sezone. Upoređivanjem varijacije ovog svojstva u zavisnosti od lokaliteta primećuje se da je uticaj godine znatnije ispoljen na prosečnu vrednost, dok su uslovi zemljišta manje uticali na variranje svojstva. Tako je u vegetacionoj 2009/2010 broj zrna po klasu za sorte Sara, Partizanka i Pesma bio 13-24% niži na solonjecu nego na černozeu, dok u 2010/2011 ovih razlika skoro da nije ni bilo, graf. 2.



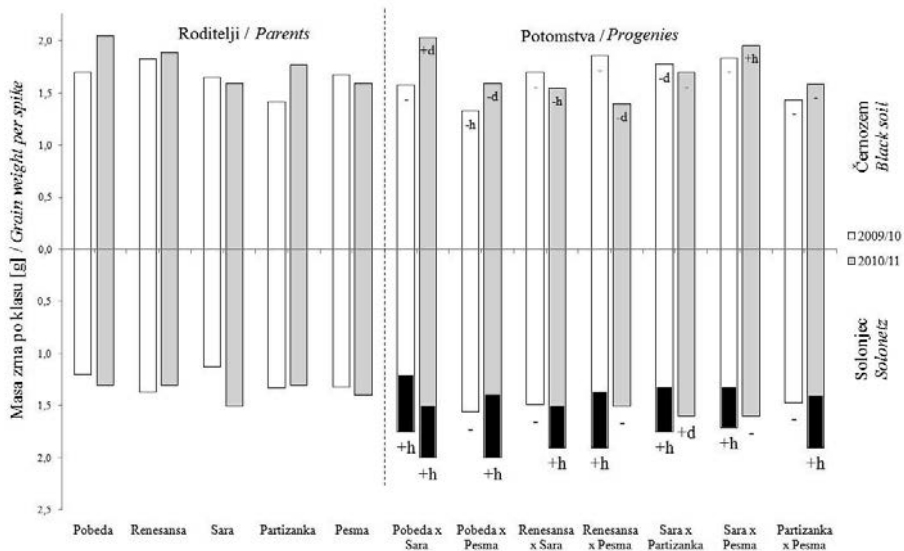
Grafikon 2. Prosečne vrednosti broja zrna po klasu na černozeu i solonjecu tokom dve vegetacione sezone gajenja pšenice, gde je: h-heterozis, d-dominacija, - nije bilo moguće utvrditi način nasleđivanja

Graph 2. Mean values of number of grains per spike on black soil and solonchak over two growing seasons for wheat, where: h-heterosis, d-domination, - it is not possible to determine mode of inheritance

U skladu sa vrednostima roditelja u F_2 potomstvima ukrštanja, kriterijum za poželjnu genetičku varijabilnost bi bio naknaditi oko 30 % odabirom onih genotipova iz F_2 potomstava koji ostvaruju proseke broja zrna po klasu u nivou onih na černozeu, ili većih. Kombinacijom roditelja različite reakcije na abiotičke stresne uslove u F_2 potomstvima je u oba vegetaciona perioda utvrđena pozitivna dominacija ili heterozis, što omogućava dovoljan prostor za selekciju i dalje oplemenjivanje genotipova sa vrednostima broja zrna po klasu na solonjecu, istoj i boljoj od one na černozeu (graf. 2).

Masa zrna po klasu. Na nivou opšteg proseka svih posmatranih roditeljskih sorti pšenice uslovi solonjeca su uticili na smanjenje

mase zrna po klasu oko 24%. Uticaj godine na prinos klasa na solonjecu je bio najviše izražen kod sorti Sara i Partizanka. Pri tome, masa zrna po klasu kod sorte Sara više se razlikovala od uslova godine na solonjecu, dok je kod sorte Partizanka razlika bila izraženija na černozeu. Uslovi vegetacionih sezona imali su umeren uticaj na sortu Pesma i mali uticaj na ekspresiju ove komponente prinosa kod sorti Pobjeda i Renesansa. Slično broju zrna po klasu, za F_2 potomstva je utvrđeno da način nasleđivanja mase zrna po klasu ide u pravcu pozitivne dominacije i superdominacije, što rezultira ispoljavanjem pozitivnog heterozisa. pozitivnog heterozisa na solonjecu. Na černozeu su ustanovljene razlike u načinima nasleđivanja u zavisnosti od posmatrane vegetacione sezone (graf. 3).



Grafikon 3. Prosečne vrednosti mase zrna po klasu (g) na černozeu i solonjecu tokom dve vegetacione sezone gajenja pšenice, gde je: h-heterozis, d-dominacija, - nije bilo moguće utvrditi način nasleđivanja

Graph 3. Mean values of grain weight per spike (g) on black soil and solonetz over two growing seasons for wheat, where: h-heterosis, d-domination, - it is not possible to determine mode of inheritance

Zaključak

Analizom odabranih komponenti prinosa roditeljskih genotipova pšenice i njihovih potomstava, u dva vegetaciona perioda utvrđeno je da uslovi solonjeca smanjuju prosečnu vrednost posmatranih svojstava za 20-30%. Ukrštanje roditelja koji su ispoljili različitu reakciju na stresne uslove solonjeca dalo je F_2 potomstvo, koje je u posmatranim vegetacionim sezonama ispoljilo pozitivnu superdominaciju u nasleđivanju visine biljke. To ukazuje da selekciona populacija može da bude iskoristiva u procesu *in situ* oplemenjivanja pšenice. Takođe, na osnovu ispoljene genetičke varijabilnosti u F_2 potomstvima, za broj i masu zrna po klasu, zaključuje se da je moguće odabrati genotipove koji imaju veće prosečne vrednosti ovih osobina na solonjecu, nego na černozeu. Primenjujući istraživanja ovog tipa na druge komponente prinosa pšenice, povećava se mogućnost za stvaranje ideotipa biljke adaptiranog na kompleksno sadejstvo abiotičkog stresa. Osim toga, daje se doprinos povećanju upotrebne vrednosti halomorfni, pre svega zemljišta tipa solonjec.

Literatura

- Araus JL, Slafer GA, Roza C, Serret MD(2008): Breeding for Yield Potential and Stress Adaptation in Cereals. Critical reviews in plant sciences, Vol 27 (6): 377-412.
- Belić M, Nešić Lj, Dimitrijević M, Petrović S, Ćirić V, Pekeć S, Vasin J (2012): Impact of reclamation practices on the content and qualitative composition of exchangeable base cations of the solonetz soil. Austral. J. Crop Sci. Vol 6 (10): 1471-1480
- Dashti H, Naghavi MR, Tajabadipour A (2010): Genetic Analysis of Salinity Tolerance in a Bread Wheat Cross. J. Agr. Sci. Tech. 12: 347-356.
- Denčić S, Kastori R, Kobiljski B, Duggan B (2000): Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. Euphytica, Vol 113 (1): 43-52.
- Dimitrijević M, Petrović S, Belić M (2006): Modeli za procenu interakcije genotip /spoljna sredina na halomorfnom zemljištu. Selekcija i semenarstvo. Vol 12 (1-2): 7-14
- Dimitrijević M, Petrović S, Belić M, Banjac B, Petrović M (2011): Oplemenjivanje krušne pšenice na tolerantnost na stresne uslove halomorfnih tala. U: Zbornik radova. 46. Hrvatski i 6. Međunarodni simpozij agronoma. 14–18 Februar, Opatija, Hrvatska, 408-412.
- Dimitrijević M, Petrović S, Belić M, Banjac B, Vukosavljev M, Hristov N (2011a): The influence of solonetz soil limited growth conditions on bread wheat. Journal of Agricultural Science and Technology (USA- David publishing), Vol 5 (2) ser. 33: 194-201.
- Flowers TJ (2004): Improving crop salt tolerance. J. Exp. Bot. 55: 307–319.
- Munns R and Tester M (2008): Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.
- Petrović S, Dimitrijević M, Belić M, Banjac B, Bošković J, Zečević V, Pejić B (2010): The variation of yield components in wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to stressful growing conditions of alkaline soil. Genetika Vol 42 (3): 545-555.

-
- Petrović S, Dimitrijević M, Banjac B, Belić M, Vukosavljev M (2010a): Varijacija komponenti prinosa krušne pšenice u stresnim uslovima uzgoja na alkalnom tlu. U: Zbornik radova. 45. Hrvatski i 5. Međunarodni simpozij agronoma. 15–19. Februar, Opatija, Hrvatska, 475-479.
- Roy JS, Tucker JE, Tester M (2011): Genetic analysis of abiotic stress tolerance in crops. *Current Opinion in Plant Biology*, 14: 1–8.
- Shelden MC and Roessner U (2013): Advances in functional genomics for investigating salinity stress tolerance mechanisms in cereals. *Front. Plant Sci.* 4:123. doi: [10.3389/fpls.2013.00123](https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00123)
- Sabir P and Ashraf M, (2008): Inter-cultivar Variation for Salt Tolerance in Proso Millet (*Panicum Millaceum* L.) at the Germination Stage. *Pak. J. Bot.* Vol 40 (2): 677-682.
- Zečević, Veselinka, Bošković, Jelena, Dimitrijević, M., Petrović, Sofija (2010): Genetic and phenotypic variability of yield components in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Bulg. J. Agric. Sci.*, 16: 422-428
- Zheng Y, Zhenlin W, Xuezheng S, Aijun J, Gaoming J, Zengjia L (2008): Higher salinity tolerance cultivars of winter wheat relieved senescence at reproductive stage. *Environmental and Experimental Botany*, 62: 129–138.

VARIATION OF PHENOTYPIC MARKERS OF WHEAT YIELD ON HALOMORPHIC SOIL

Miodrag Dimitrijević, Sofija Petrović, Borislav Banjac

Summary

Establishing criteria in wheat breeding for increased tolerance to abiotic stress conditions of halomorphic soils (solonetz), that will give economically profitable yields, requires sets of parallel trials in normal and abiotic stress conditions. Such trials, testing parental bread wheat genotypes and their F_2 progenies helps to examine the extent to which stress conditions affect yield components and grain yield of wheat, but also to determine the usable genetic variability. The multiyear results of variability of winter wheat genotypes, comparing by the location Kumane (solonetz stress conditions) and Rimski Šančevi (normal conditions on chernozem), have shown that under conditions of stress plant height, number and weight of grains per spike have about 30% lower values than those on black soils. The F_2 progenies of crosses of selected parental cultivars was observed and separated that new genetic variability in terms of solonetz reach the level ideotype plants on soils, which gives the best results.

Keywords: wheat, abiotic stress, solonetz, breeding

Primljeno: 27. 06. 2013.

Prihvaćeno: 9. 09. 2013.