

**UNIVERZITET U BEOGRADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET**

**Vesna G. Kandić**

**OCENA GENOTIPOVA JEČMA NA OTPORNOST  
PREMA SUŠI U FAZI NALIVANJA ZRNA**

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

**Beograd, 2015**

**UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF AGRICULTURE**

**Vesna G. Kandić**

**EVALUATION OF BARLEY GENOTYPES FOR  
DROUGHT TOLERANCE DURING GRAIN FILLING  
STAGE**

**DOCTORAL DISSERTATION**

**Belgrade, 2015**

UNIVERZITET U BEOGRADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

MENTOR: **dr Gordana Šurlan Momirović, redovni profesor u penziji**  
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu (uža  
naučna oblast genetika)

ČLANOVI KOMISIJE: **dr Dejan Dodig, naučni savetnik**  
Institut za kukuruz Zemun Polje, (uža naučna oblast  
genetika i oplemenjivanje biljaka)

**dr Dragan Perović, viši naučni saradnik**  
Institut Julius Kuen (JKI) Federal Research Center for  
Cultivated Plants, Institute for Resistance research and  
Stress Tolerance, Quedlinburg, Nemačka, (uža naučna  
oblast genetika i oplemenjivanje biljaka)

**dr Slaven Prodanović, redovni profesor**  
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, (uža  
naučna oblast oplemenjivanje biljaka)

**dr Gordana Branković, docent**  
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, (uža  
naučna oblast genetika)

## ZAHVALNICA

*Hvala Institutu za kukuruz „Zemun Polje“, na tome što mi je omogućio izradu ove doktorske disertacije.*

*Zahvaljujem se mentoru prof. dr Gordani Šurlan Momirović na savetima i uputstvima pri izradi ovog rada.*

*Veliku zahvalnost dugujem dr Dejanu Dodigu, mom mentoru u Institutu, čija pomoć je bila dragocena svih ovih godina, od osmišljavanja teme disertacije, saveta pri izvođenju ogleđa i sugestija pri interpretaciji dobijenih rezultata.*

*Na dugogodišnjoj saradnji i podršci tokom doktorskih studija zahvaljujem se prof. dr Slavenu Prodanoviću, dr Draganu Peroviću i dr Gordani Branković.*

*Želim da se zahvalim dr Ani Nikolić, na kolegijalnosti i značajnim sugestijama prilikom pisanja ovog rada, naročito u delu koji se tiče molekularne analize.*

*Hvala dr Miroslavu Zoriću na pomoći oko statističke obrade podataka.*

*Zahvaljujem se svim kolegama u Institutu za kukuruz koji su na bilo koji način pomogli pri izradi disertacije. Pre svega mojim saradnicima u grupi Jeleni i Marku, ali i dragim pomagačima van Instituta Urošu, Tamari i Gagi, ruke Vam se pozlatile.*

*Posebno se zahvaljujem svojim kolegama i prijateljima dr Sofiji Božinović, dipl. inž. Marijani Janković, dr Zoranu Čamdžiji, dipl. inž. Nikoli Grčiću, dipl. inž. Milošu Crevaru, dr Jovanu Pavlovu i dr Milanu Stevanoviću na savetima i moralnoj podršci.*

*Veliku podršku i podstrek pružali su porodica i prijatelji.*

*I na kraju, najveću zahvalnost dugujem mojim roditeljima Nadeždi i Goranu, kao i sestri Kaći, oni su aktivno učestvovali u izradi ove teze, pružali podršku, bili strpljivi i verovali.*

*Autor*

# OCENA GENOTIPOVA JEČMA NA OTPORNOST PREMA SUŠI U FAZI NALIVANJA ZRNA

Vesna Kandić, dipl. inž.

## REZIME

Nakon formiranja broja zrna po klasu u toku vegetativne faze, masa zrna zavisi od intenziteta i dužine nalivanja zrna. Međutim, u većini regiona u svetu u kojima se gaji ječam, pa i u Srbiji, česta je pojava suše i visokih temperatura tokom nalivanja zrna. Cilj ovog istraživanja je bio da se identifikuju genotipovi dvoredog i šestoredog ječma koji mogu da postignu relativno visoke prinose u uslovima terminalne suše, kao i utvrđivanje korelacionih veza između ispitivanih osobina radi utvrđivanja kriterijuma za indirektnu selekciju na otpornost na sušu u periodu nakon cvetanja.

Genetički materijal korišćen u ovom istraživanju činilo je 15 genotipova dvoredog i 10 genotipova šestoredog ječma. Ogled je postavljen po potpuno slučajnom blok sistemu, na lokalitetima Zemun Polje i Školsko dobro, u dva ponavljanja, dva tretmana i dve godine (2010/2011 i 2011/2012). Jedan tretman je bio kontrolni, dok je u drugom izvršena mehanička defolijacija listova sedmog dana nakon cvetanja svakog genotipa. Na taj način su putem inhibicije tekuće fotosinteze simulirani uslovi suše u periodu nalivanja zrna. Uzorci klasova su uzimani na svakih pet dana, od momenta defolijacije do pune zrelosti.

Defolijacija je uticala da se kod većine osobina srednje vrednosti značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u odnosu na kontrolu, a do najvećeg smanjenja je došlo kod ukupnog prinosa zrna za 33%, ukupne biomase za 31%, prinosa po klasu za 14% i intenziteta nalivanja za 12%. Analiza varijanse je pokazala da je u uslovima stresa, u proseku za sve osobine, uticaj faktora genotip na variranje osobina nešto veći u odnosu na kontrolne uslove (36,5% prema 34,2%), dok je uticaj faktora sredine veći u kontrolnim u odnosu na uslove defolijacije (41,4% prema 34%).

Ostvareni prosečni prinosi su su bili značajno niži u uslovima defolijacije u odnosu na kontrolu, kod dvoredih formi je smanjenje iznosilo 28,8%, a kod šestoredih 37,6%. U proseku za obe godine, i oba tretmana dvoredi genotipovi su ostvarili značajno veći prinos od šestoredih, za 18,9%.

U uslovima suše najveći prosečni prinos su ostvarili dvoredi genotipovi: Maksa (6555,7 kg/ha), NS 565 (6461,8 kg/ha), Boreale (5750,1 kg/ha), Bingo (5647,9 kg/ha) i Kristal (5585,2 kg/ha). Parametri koji kvantifikuju otpornost na sušu, su pokazali da dvorede forme imaju i bolju otpornost u odnosu na šestorede, a kao najotpornija se izdvojila sorta Maksa. Multivarijacionom analizom dvoredi genotipovi su se pokazali i kao stabilniji.

Dvorede forme su u uslovima defolijacije imale ujednačenije, ali niže vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja, u odnosu na kontrolu. Maksimalne vrednosti prosečnog intenziteta nalivanja dostigle su nešto ranije nego u kontrolnim uslovima, i to zajedno sa kraćim periodom nalivanja može biti mehanizam kojim su biljke pokušale da izbegnu negativne posledice stresa. Kod šestoredih formi u uslovima stresa, najprinosniji genotipovi su imali ili sporije nalivanje zrna sa nešto dužim trajanjem, ili su visok prinos postigle na račun veoma visokih intenziteta nalivanja u početnim fazama.

U tretmanu sa defolijacijom, genotipovi koji su ostvarili najveći prosečni prinos, imali su i najveće vrednosti relativnog intenziteta nalivanja, dok u kontrolnim uslovima najprinosniji nisu imali i najveće vrednosni relativnog intenziteta nalivanja.

Ocena vrednosti neke osobine kao selekcionog kriterijuma u oplemenjivanju ječma za sušne uslove utvrđena je preko komponenti fenotipske varijabilnosti, koeficijenta heritabilnosti, fenotipskih korelacija, GT i faktorske analize.

Kod dvoredih formi u uslovima terminalne suše, prinos je bio u najjačoj korelaciji sa žetvenim indeksom (0,778\*\*\*), a kod šestoredih sa ukupnom biomasom (0,883\*\*\*). U uslovima suše, visoko značajni koeficijent korelacije dobijen je između maksimalne mase pojedinačnog zrna i prosečnog intenziteta nalivanja (0,973\*\*\*), dok je dužina nalivanja bila u negativnoj ali ne značajnoj

korelaciji sa ovim parametrom (-0,16). GT analiza je pokazala da je u uslovima suše, prosečni prinos bio u srednje jakoj pozitivnoj korelaciji sa dužinom nalivanja zrna i masom 1000 zrna, dok je sa masom pojedinačnog zrna, maksimalnim i prosečnim apsolutniom intenzitetom nalivanja korelacija bila dosta slaba.

Kako bi se na molekularnom nivou ispitala genetička divergentnost 25 genotipova ječma, korišćeno je 15 SSR markera, ravnomerno raspoređenih po genomu. Detektovano je ukupno 15 lokusa, sa 45 alelnih formi, u proseku 2,8 alela po lokusu. Analizom marker - osobina utvrđena je visoko značajna veza između prinosa u uslovima stresa i markera GBM1516 na hromozomu 7H, dok je veoma značajna veza između prinosa u kontrolnim uslovima i markera GBM1031 na hromozomu 3H.

**Ključne reči:** dvoredi i šestoredi ječam, otpornost na sušu, nalivanje zrna, prinos, stabilnost, korelacije, indeksi stresa, analiza marker - osobina

**Naučna oblast:** BIOTEHNIČKE NAUKE

**Uža naučna oblast:** RATARSTVO I POVRTARSTVO

**UDK:** 633.16:631.527:632.112(043.3)

# EVALUATION OF BARLEY GENOTYPES FOR DROUGHT TOLERANCE DURING GRAIN FILLING STAGE

Vesna Kandić, BSc

## SUMMARY

After the kernel number per spike has been formed during the vegetative stage, grain weight depends on the rate and duration of grain filling. However, drought and high temperatures during the grain filling stage frequently occurs in the majority of barley growing regions world wide, and Serbia too.

The aim of this study was to identify two- and six- rowed barley genotypes with capacity to have comparatively high yields in terminal drought conditions, and to determine correlations among investigated traits in order to define criteria for indirect selection for resistance to drought in the period after flowering.

The genetic material used in this study encompassed 15 and 10 genotypes of two-rowed and six-rowed barley, respectively. Genotypes were grown in a randomised complete block design trial with two replications, two treatments at two locations (Zemun Polje and Školsko dobro) in the period 2010-2011 and again in 2011-2012. One treatment was control, while in the other treatment mechanical defoliation was performed, 7 days after flowering of each genotype. Through the inhibition of current photosynthesis (as result of defoliation), the treatment simulated drought conditions during grain filling. Spike sampling was initiated at the moment of defoliation, and continued at 5 day interval until full maturity.

Defoliation resulted in significant ( $P < 0.05$ ) difference in mean values in the majority of traits in comparison with the control, and the largest reduction was recorded in the total grain yield (33%), the total biomass (31%), the yield per spike (14%) and the grain filling rate (12%).

The analysis of variance showed that under conditions of stress, on average for all traits, effects of genotypes on variation in traits were somewhat higher than in the control (36.5% vs. 34.2%).



The average obtained yields were significantly lower in the treatment with defoliation in comparison with the control. This reduction amounted to 28,8% and 37,6% in two- rowed and six-rowed genotypes, respectively. In average for both years and both treatments two-rowed genotypes achieved yields significantly higher (by 18,9%) than six- rowed genotypes.

Under drought conditions the following two- rowed genotypes were record yielders: Maksa (6555,7 kg/ha), NS 565 (6461,8 kg/ha), Boreale (5750,1 kg/ha), Bingo (5647,9 kg/ha) and Kristal (5585,2 kg/ha). The parameters that quantify drought resistance, showed that two-rowed genotypes have better tolerance compared to six-rowed, and that the most resistant cultivar was Maksa. The multivariate analysis emphasised two-rowed genotypes as more stable.

In 2- rowed genotypes under stress conditions, values of absolute grain filling rates were lower, but more uniform than in the control. These genotypes reached the maximum values of the average grain filling rate earlier than under control conditions. Moreover, their filling period was shorter and this may be a mechanism by which plants attempted to avoid the negative consequences of stress. Among six-rowed genotypes under stress conditions, the highest yielding genotypes had either slower grain filling with a slightly longer duration, or had very high grain filling rates at the initial stages.

In the treatment with defoliation, genotypes that achieved the highest average yield, also had the highest values of relative grain filling rate, while under control conditions, the highest yielding genotypes did not achieve the greatest values of this parameter.

The evaluation of the individual trait value as a selection criterion for barley breeding under drought conditions was done by analyzing components of phenotypic variability, coefficient of heritability, phenotypic correlations, genotype x trait and factor analysis.

The strongest correlation in two- and six-rowed genotypes under conditions of terminal drought was recorded between the yield and the harvest index (0.778<sup>\*\*\*</sup>) and the yield and biomass (0.883<sup>\*\*\*</sup>), respectively. Correlation

coefficients were used to determine the grain filling parameter with the greatest influence on final grain dry weight. Under drought conditions, highly significant correlation coefficients were obtained between the maximum weight of the individual grains and the average grain filling rate (0.973 \*\*\*), while the grain filling duration was negatively and insignificantly correlated with this parameter (-0.16). The genotype x trait analysis showed that under drought conditions, the average yield was moderately strongly positively correlated with the duration of grain filling and 1000 seed weight, while the correlation with individual grain weight, maximum and average absolute grain filling rate was quite weak.

Molecular diversity of 25 barley genotypes was assessed by 15 single sequence repeats SSR markers. In total, 15 loci and 45 alleles were detected, with an average of 2,8 alleles per locus. The marker-trait analysis revealed a high significant relationship between the yield under stress conditions and the marker GBM1516 on the chromosome 7H, and a very significant relationship between yields under control conditions and the GBM1031 marker on the chromosome 3H.

**Key words:** two-rowed and 6-rowed barley, drought tolerance, grain filling, yield, stability, correlations, stress indices, marker- trait analysis

**Scientific field:** BIOTECHNICAL SCIENCES

**Specific scientific filed:** FIELD AND VEGETABLE CROPS

**UDK:** 633.16:631.527:632.112(043.3)

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	4
2.1. Vreme pojave suše- faza razvoja biljke ječma .....	7
2.2. Genetička kontrola tolerantnosti na sušu .....	8
2.3. Nalivanje zrna ječma u uslovima suše .....	10
2.4. Remobilizacija asimilativa iz stabla u zrno .....	13
2.5. Pokazatelji tolerantnosti na sušu .....	15
2.6. Dvoredne i šestoredne forme ječma u uslovima suše .....	16
3. NAUČNI CILJ ISTRAŽIVANJA .....	19
3.1. Ciljevi istraživanja.....	19
3.2. Osnovne hipoteze .....	20
4. MATERIJAL I METOD RADA .....	21
4.1. Biljni material.....	21
4.2. Poljski ogled i metode rada.....	22
4.3. Ispitivane osobine genotipova ječma.....	25
4.4. Molekularna analiza.....	28
4.5. Statistička analiza dobijenih podataka.....	29
5. REZULTATI I DISKUSIJA .....	36
5.1. Deskriptivni statistički parametri ispitivanih osobina ječma .....	36
5.2. Analiza varijanse ispitivanih osobina ječma .....	46
5.2.1. Trofaktorijalan analiza varijanse .....	46
5.2.2. Dvofaktorijalna analiza varijanse .....	48
5.3. Koeficijenti varijacije i heritabilnost ispitivanih osobina ječma .....	54
5.4. Prosečne vrednosti ispitivanih agronomskih osobina dvorednih i šestorednih genotipova ječma .....	58

5.5. Prinos i komponente prinosa ječma .....	64
5.5.1. Prinos i komponente prinosa dvoredih i šestoredih genotipova ječma .....	64
5.5.2. Prinos i komponente prinosa ječma po genotipovima .....	68
5.6. Parametri dinamike nalivanja zrna ječma .....	74
5.6.1. Apsolutni intenzitet nalivanja zrna ječma .....	74
5.6.2. Relativni intenzitet nalivanja zrna ječma .....	82
5.6.3. Koeficijenti korelacije parametra nalivanja zrna sa pinosom ječma .....	88
5.7. Ocena stabilnosti prinosa ječma .....	91
5.8. Koeficijenti korelacije agronomskih osobina sa pinosom ječma .....	98
5.9. Multivarijaciona (GT analiza) genotipova ječma.....	104
5.10. Indeksi stresa .....	110
5.11. Koeficijenti korelacije pokazatelja indeksa stresa sa pinosom ječma ..	114
5.12. Međuzavisnost indeksa stresa i parametara nalivanja zrna ječma .....	116
5.13. Molekularna analiza genotipova ječma .....	119
5.13.1. Veza markera sa osobinom .....	120
5.13.2. Klaster analiza genotipova ječma .....	124
6. ZAKLJUČAK.....	127
7. PREGLED LITERATURE.....	133

## 1. UVOD

Ječam (*Hordeum vulgare* L.) je jedna od najvažnijih biljnih vrsta u svetu zbog svoje široke upotrebe, kako u ljudskoj i životinjskoj ishrani, tako i industriji. U periodu od 2008. do 2012. godine, ječam je po prosečnoj površini na kojoj se gaji u svetu (50.941.297 ha) na petom mestu, iza pšenice, kukuruza, riže i soje (FAO, 2013). Istu poziciju zauzima i po prosečnoj površini na kojoj se u tom periodu gaji u Srbiji (85.383 ha), (FAO, 2013).

Jedna je od žitarica najšire adaptiranih na različite uslove gajenja, sa dobrom tolerantnošću na sušu, hladnoću i zaslanjenost zemljišta. Proizvodnja ječma moguća je i na većim geografskim širinama i visinama, i najdublje se proteže u pustinjama u odnosu na druge vrste strnih žita. Ipak, obično se gaji u umerenim (jesenja i prolećna setva) i semiaridnim subtropskim (zimsko setva) klimatima (Ullrich, 2011).

U studiji Zajedničkog istraživačkog centra Evropske Unije i nemačkog Univerziteta u Kaselu, navodi se da će zbog klimatskih promena, suša na području Evrope u 21. veku biti sve izraženija, a ukupna šteta koju je već izazvala u proteklih 30 godina dostiže cifru od 136 milijardi dolara. U jugoistočnoj Evropi, koja potpada pod uticaj Mediterana, postoji tendencija povećanja temperature vazduha u mesecima kritičnim za razvoj ozime pšenice i ječma (april-jun), uz istovremeno smanjenje količine padavina (Morgounov i sar., 2013), pa će visoke temperature i suša biti dva najznačajnija faktora spoljne sredine koja će uticati na prinos u periodu kada ječam ulazi u fazu nalivanja zrna. Döll i Flörke (2005); Dubrovsky i sar. (2008); Trnka i sar. (2011) očekuju da će suša i visoke temperature u vreme oprašivanja i nalivanja zrna biti sve učestalije, i da će predstavljati limitirajući faktor u proizvodnji naročito u sušnim, poljoprivrednim oblastima južne i centralne Evrope.

S obzirom da je samo mali procenat obradivih površina u svetu (15-20%) i u Srbiji (oko 5%), opremljen tehnologijom za navodnjavanje, a dalje proširenje navodnjavanih površina otežano je brojnim ekonomskim, ekološkim i

institucionalnim ograničenjima, jedan od načina da se održi ili čak poveća proizvodnja ječma u takvim uslovima je stvaranje sorti veće tolerantnosti na sušu. Kao što ističu Fleury i sar. (2010), cilj oplemenjivanja nije da gajenu biljku, u ovom slučaju ječam, pretvorimo u kaktus, nego da joj omogućimo da se razvija i daje prinos u uslovima kada na raspolaganju imamo ograničene količine vode.

Šta je otpornost na sušu? Definisana je kao sposobnost biljke da živi, da raste i da se reprodukuje u uslovima ograničene snabdevenosti vodom ili u uslovima kada se javlja stalni ili povremeni vodni deficit (Turner, 1979). U Srbiji ne postoji strategija oplemenjivanja pšenice i ječma na otpornost prema suši, već je rad usmeren ka stvaranju genotipova, visokoprinosa u optimalnim uslovima, koji se zatim pokazuju kao pogodni i za gajenje u uslovima suše (Dodig, 2004). Quarrie i sar. (1999), naglašavaju da se uspeh u oplemenjivanju na otpornost prema suši može postići kroz selekciju na specifična svojstva koja poboljšavaju snabdevenost biljke vodom, a time i efikasnost njenog iskorišćavanja i žetveni indeks.

Oplemenjivanje na otpornost na sušu komplikuje činjenica da se istovremeno mogu javiti nekoliko tipova abiotičkog stresa: visoke temperature, pojačano zračenje, nedostatak vode i hranjivih materija. Pored svih ovih faktora spoljne sredine, kod oplemenjivanja na sušu treba obratiti pažnju i na fenologiju biljke. To je naročito važno u uslovima kada se javlja terminalna suša, jer biljke sa bržim fenološkim razvojem i bržom remobilizacijom asimilata nakupljenih do cvetanja u zrno, mogu svoj životni ciklus završiti pre nastupanja ozbiljne suše. Zato buduća istraživanja treba usmeriti na optimizaciju vegetativnog razvoja kako bi se stvorila biomasa i osigurala remobilizacija asimilata pre nego što dođe do nedostatka vode. Strategija oplemenjivanja za područja gde se suša javlja, treba da uzme u obzir vreme i intenzitet pojave suše, koji značajno variraju iz godine u godinu (Haddadin i sar., 2013)

Značaj istraživanja koje će biti predstavljeno u ovom radu je da se na osnovu rezultata izdvoje genotipovi ječma tolerantni na sušu. Takvi genotipovi,

kao donori poželjih gena mogli bi poslužiti za dalja ukrštanja sa sortama visokog genetičkog potencijala rodnosti. Stvaranjem rodnih sorti ječma, otpornih na sušu povećali bi se prinosi po jedinici površine u sušnim godinama, i stabilizovala bi se proizvodnja, u smislu manjih variranja prinosa tokom godina.

## 2. PREGLED LITERATURE

Ječam (*Hordeum vulgare L.*) je jedna od najstarijih domestifikovanih žitarica, a na osnovu arheoloških podataka utvrđeno je da se gajio i koristio u ishrani ljudi i životinja još pre 17.000 godina (Zohary i Hopf, 2000). Poreklom je sa Bliskog Istoka, i prvobitno se koristio u ljudskoj ishrani, sirov ili za proizvodnju kaša i hleba, a potom, i u ishrani životinja, proizvodnji slada, piva i različitih destilata zrna. Vremenom, ječam je evoluirao pa je nastalo nekoliko morfoloških i komercijalnih formi koje uključuju ozime, jare, dvorede, šestorede, sa osjem, bez osja, sa plevama i golozrne, kao i one za pivsku industriju, proizvodnju stočne hrane i ishranu ljudi.

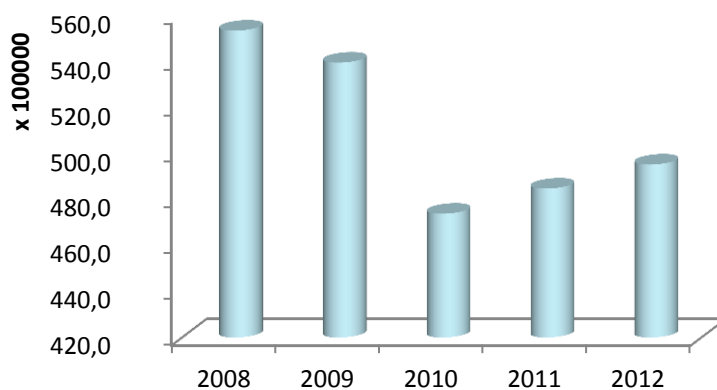
Od ukupne proizvodnje ječma u svetu 55%- 60% se koristi za proizvodnju stočne hrane, 30%- 40% za proizvodnju slada, 2%- 3% za ishranu ljudi i oko 5% odlazi na semenarstvo (Ullrich, 2011). U Srbiji, u poslednjih pet godina oko 50% proizvodnje koristilo se za proizvodnju stočne hrane, a 50% u pivarskoj industriji. Međutim, zbog niske profitabilnosti proizvodnje stočne hrane, a sve veće potražnje pivara, površine pod pivskim ječmom su u ekspanziji (Agrochart, 2013).

U razvijenim zemljama vlada pojačano interesovanje za ponovno uključivanje ječma u ljudsku ishranu, jer se sve više insistira na korišćenju integralnih žitarica i proizvodnji funkcionalne hrane. Američka Uprava za hranu i lekove, je 2006. godine izdala odobrenje u kom se ističe prednost hrane koja sadrži ječam, prvenstveno zbog njegovih rastvorljivih vlakana ( $\beta$ -glukana), za koje je dokazano da snižavaju nivo holesterola u krvi i povoljno utiču na zdravlje srca. Pored toga, ječam utiče i na snižavanje nivoa glukoze u krvi (glikemijski indeks), što je veoma bitno kod osoba koje pate od dijabetesa (Grando i Macpherson, 2005; Newman i Newman, 2008).

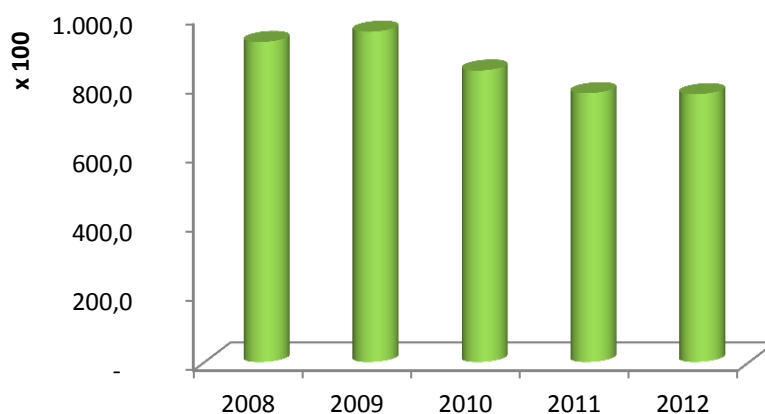
U periodu 2008- 2012. godine, došlo je do smanjenja površina pod ječmom, kako u svetu (Grafik 1.) tako i u Srbiji (Grafik 2.), i u proseku su iznosile 50.941.297 ha, odnosno 85.383,4 ha. U istom periodu, ostvarena prosečna



proizvodnja u svetu iznosila je 139.220.659 t, dok se u Srbiji kretala oko 287.305 t (FAO 2013; Grafik 3.). Slabija konkurentna pozicija ječma, smanjenje stočarske proizvodnje i skromna proizvodnja za izvoz, osnovni su razlozi smanjenja površina pod ječmom u Srbiji (Pržulj i sar., 2010).

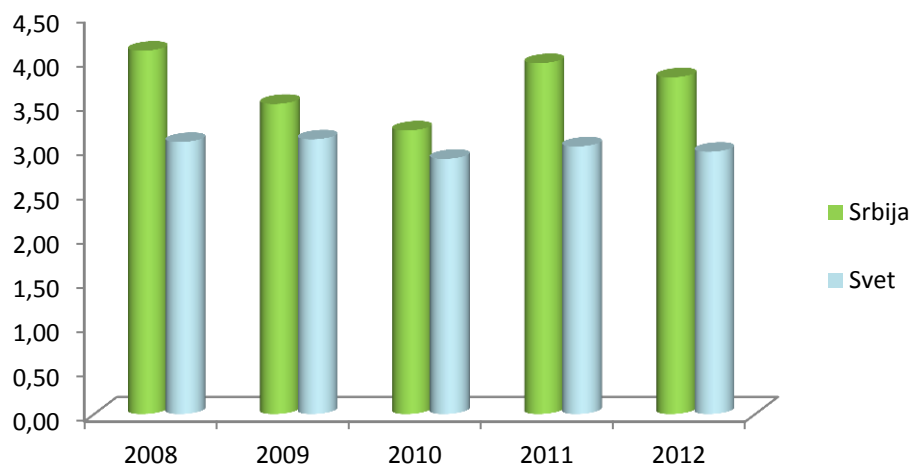


Grafik 1. Površine pod ječmom u svetu u periodu 2008-2012 godine



Grafik 2. Površine pod ječmom u Srbiji u periodu 2008- 2012 godine

Što se tiče ostvarenog prosečnog prinosa po jedinici površine, u posmatranom periodu, u Srbiji je on iznosio 3,71 t/ha, a u svetu 3,01 t/ha.



Grafik 3. Ostvareni prosečni prinosi ječma u Srbiji i u svetu u periodu 2008-2012 godine

Ječam je biljna vrsta koja se gaji u mnogim severnim zemljama, blizu polarnog kruga ali i na obodima pustinja gde je prosečna godišnja količina padavina ispod 200 mm. Tako široka rasprostranjenost, uprkos različitim klimatskim uslovima ukazuje da je *genetski pool* ječma bogat osobinama (genima) koje omogućavaju široku adaptaciju uslovima spoljašnje sredine i dobru otpornost na stres (Stanca i sar., 2003). A glavnim limitirajućim faktorom spoljne sredine koji utiče na produktivnost useva, uključujući i ječma smatra se suša (Jana i Wilen, 2005). U poslednje dve decenije, ekonomske štete izazvane sušom u Evropi su u drastičnom porastu, dostižu čak 6,2 milijarde evra u poslednjih par godina (EEA, 2010). Ozbiljna suša koja je pogodila južnu i centralnu Evropu 2003. godine, sa ekonomskom štetom od 8,7 milijardi evra (EEA, 2010) pokazuje kakve bi posledice mogli da očekujemo ukoliko bi klimatske promene vodile učestalijoj i intenzivnijoj pojavi suše širom Evrope (Schär i sar., 2004). Jovanović i sar. (1996) su uočili da se ozbiljna suša u Srbiji, nakon 1980. javljala čak i u regionima gde to ranije nije bio slučaj. Stoga je, suša kao rezultat male količine padavina ili visokih temperatura, jedan od glavnih problema koji leže u osnovi moderne poljoprivrede širom sveta, i jedan je od

najvažnijih faktora životne sredine koji utiču na rast, razvoj i proizvodnju biljaka (Hasanuzzaman i sar., 2012; Hossain i sar., 2012).

Osamdesetih i devedesetih godina prošlog veka, iako je prinos ostao glavni cilj kod stvaranja novih sorti ječma, započeto i sa oplemenjivanjem na druga svojstva, naročito kvalitet i otpornost na abiotički i biotički stres (Knežević i sar., 2007). U 21. veku oplemenjivanje će i dalje imati ključnu ulogu u koordinisanim naporima da se poveća proizvodnja hrane. Imajući u vidu trendove koji se tiču prinosa, predviđenog rasta populacije i pritiska spoljne sredine, primat u oplemenjivanju imaće svojstva povezana sa stabilnošću prinosa i održivošću. Ova svojstva uključuju trajnu otpornost na bolesti, otpornost na abiotički stres i efikasnije korišćenje vode i hraniva (Mackill i sar., 1999; Slafer i sar., 2005; Trethowan i sar., 2005). Pored toga, biće potrebno stvarati sorte za gajenje u marginalnim područjima, naročito u zemljama u razvoju, uz davanje većeg značaja unapređenju manje zastupljenih vrsta (Naylor i sar., 2004). Postoje dva pristupa u oplemenjivanju kojima se teži postizanje otpornosti na sušu. Jedan je stvaranje genotipova sa visokim potencijalom rodnosti u optimalnim uslovima, pošto se smatra da oni genotipovi koji imaju visok potencijal rodnosti u optimalnim, imaju visok potencijal rodnosti i u stresnim uslovima (van Ginkel i sar., 1998; Evans i sar., 1999), a drugi potencira selekciju onih genotipova koji ostvaruju najmanji gubitak prinosa u stresnim u odnosu na optimalne uslove (Ceccarelli i sar., 1992; van Oosterom i sar., 1993)

## **2.1. Vreme pojave suše - faza razvoja biljke ječma**

U većini regiona u svetu u kojima se gaji ječam, naročito na području Mediterana, pa i u Srbiji, česta je pojava suše i visokih temperatura u periodu nalivanja zrna. Suša je jedan od najznačajnijih stresova životne sredine koji redukuju prinos ječma (van Oosterom i sar., 1993; Forster, 2004), u zavisnosti ne samo od dužine trajanja i intenziteta stresa, nego i od faze razvoja biljke u

momentu kada se stres javlja (Szira i sar., 2008). Pinheiro i Chaves (2011) ističu da vreme javljanja suše u toku sezone ima mnogo veći uticaj na prinos nego intenzitet suše *per se*. Meteorološki uslovi na području Vojvodine su 2003. godine bili izrazito nepovoljni za razvoj ječma. Tokom većeg dela generativne faze razvoja (maj- jun), ukupna količina padavina bila je tri puta niža od višegodišnjeg proseka (1998. - 2004.), dok su temperature od faze klijanja do cvetanja bile ispod proseka, a veoma visoke tokom faze nalivanja zrna (od faze cvetanja do pune zrelosti). Pržulj i Momčilović (2012) navode da je te vegetacione sezone prinos svih genotipova ječma bio 41% niži u odnosu na prosečni prinos iz sedam sezona. I drugi autori ističu da je pod uticajem suše dolazilo do smanjenja prinosa ječma: Zare i sar. (2011) za 35,39%, a Samarah i sar. (2009) za 73–87%. Pržulj i Momčilović (2012) su temperature tokom nalivanja zrna definisali kao: umereno visoke, kada je srednja temperatura između 15°C i 25-30°C, sa maksimalnih 32°C, i veoma visoke, tj toplotni stres kada su maksimalne dnevne temperature između 35°C i 40°C, i traju bar nekoliko dana.

## **2.2. Genetička kontrola tolerantnosti na sušu**

Ponašanje biljke u uslovima suše je kompleksan fenomen zbog nepredvidivog uticaja spolje sredine, kao i interakcije sa drugim abiotičkim i biotičkim faktorma (Reynolds i sar., 2006).

Tolerantnost na sušu je kvantitativno svojstvo, ali pojedinačni geni poput onih koji kontrolišu ranostasnost, visinu biljke, tip klasa ili osmoregulaciju (adaptivni mehanizam baziran na održavanju ćelijskog turgora regulacijom osmotskog pritiska ćelije), mogu imati bitnu ulogu kod adaptacije sušnim uslovima (Cattivelli i sar., 2011).

Israživanja su pokazala da ekspresija gena odgovornih za toleranciju na abiotički stres ne zavisi samo od tipa stresa, nego u različitim fazama razvoja biljke, različiti geni mogu imati ulogu u izbegavanju šteta koje stres izaziva

(Foolad, 1999; Bálint i sar., 2008; De Leonardis i sar., 2007). U radovima brojnih autora (Mano i sar., 1996; Zhu i sar., 2005; De Leonardis i sar., 2007; Szira i sar., 2008) se čak navodi, da je tolerantnost na sušu u jednoj fazi slabo povezana sa tolerantnošću u nekoj drugoj fazi razvoja. Zbog toga što je opornost na sušu *stage-specific* svojstvo koje se menja u zavisnosti od faze razvoja (Haddadin i sar., 2013), primenom molekularnih markera za identifikaciju QTL-ova i *Marker asistirane selekcije* (MAS) u uslovima suše potrebno je identifikovati gene/QTL-ove koji utiču na tolerantnost u više različitih faza (Bálint i sar., 2008). Szira i sar. (2006) navode da su najefikasniji QTL-ovi za tolerantnost na sušu za tri različite faze razvoja biljke ječma različiti, ali da se zajednički QTL-ovi sa malim efektom u sve tri faze nalazi na kratkom kraku 1(7H) hromozoma.

Rezultati prethodnih istraživanja na ječmu, koja se bave mapiranjem QTL-ova povezanih sa otpornošću na sušu pokazuju da postoji dosta problema kod identifikacije zajedničkih regiona odgovornih za adaptaciju na sušu (Teulat i sar., 1998, 2003; Diab i sar., 2004; Chen i sar., 2010), pre svega zbog ispitivanja različitih genotipova u različitim uslovima spolje sredine i kontrolisane suše, ili su pak za fenotipizaciju korišćeni različiti indikatori tolerantnosti na sušu (Wójcik-Jagła i sar., 2013). Zato je pravi izazov kod fenotipizacije na otpornost na sušu, izabrati one parametre kojim će se identifikovati genotipovi bolje adaptirani uslovima suše u određenoj sredini, pa na osnovu njih kreirati model fenotipskog opažanja koji će tu osobinu opisati na najbolji način (Tuberosa, 2010; Mir i sar., 2012)

Diab i sar. (2004) su u populaciji ječma poreklom sa Mediterana odredili nekoliko QTL-ova za osmoregulaciju, relativni sadržaj vode i osmotski potencijal lista, koji su bili raspoređeni na svim hromozomima, ali najviše na 3H i 5H. Na istoj mapirajućoj populaciji Teulat i sar. (1998) su QTL-ove koji objašnjavaju najveći deo varijabilnosti osobina koje se tiču vodnog statusa biljke locirali na hromozomu 6H. Wójcik-Jagła i sar. (2013) su na 2H, 4H i 6H hromozomu našli QTL-ove zajedničke za populacije pivskog i stočnog ječma, pri čemu je ipak najveći broj njih bio na 4H i to za fotohemijsku efikasnost

(fotosistema II). U brojnim istraživanjima različiti geni i QTL-ovi locirani su na istim hromozomskim regionima (2H, 4H, 5H, i 6H) što sugerira da su upravo oni povezani sa odgovorom ječma na uslove suše nezavisno od linije/sorte, porekla i uslova spoljne sredine (Wójcik-Jagła i sar., 2013).

Cattivelli i sar. (2011) ističu da *Marker asistirana selekcija* (MAS) za otpornost na sušu nije jednostavna, jer je identifikovano na desetine QTL-ova za osobine povezane sa stresom, i ključno je odabrati na koju osobinu/QTL treba usmeriti selekciju, ali bez ograničenja potencijala za prinos. Osobine povezane sa tolerantnošću na sušu, pre uključivanja u MAS treba testirati i u stresnim i u optimalnim uslovima, a QTL-ovi za osobine povezane sa stresom koje se preklapaju sa QTL-ovima za prinos treba da budu prioritetni cilj marker asistirane selekcije (Cattivelli i sar., 2011).

### **2.3. Nalivanje zrna ječma u uslovima suše**

Nalivanje zrna je krajnji stadijum rasta žitarica pri čemu se oplođena jajna ćelija razvija u kariopsis, a dužina trajanja i stopa nalivanja određuju krajnju masu zrna, ključnu komponentu ukupnog prinosa (Yang i Zhang, 2005). Nalivanje zrna je rezultat translokacije fotoasimilata iz listova u zrno, a intenzitet nalivanja zrna predstavlja brzinu nakupljanja suve materije u zrnu tokom perioda nalivanja (Pržulj i sar., 2001). Nalivanje zrna je period koji traje od cvetanja do fiziološke zrelosti.

Intenzitet suše od početka faze nalivanja do pune zrelosti može biti odlučujući za razvoj zrna (pojava abortivnih ili nenalivenih zrna) i ukupan prinos (Samarah, 2005). Gonzales i sar. (2010) su ustanovili da je prosečno smanjenje prinosa kod 12 sorti ječma u uslovima terminalne suše (u periodu nalivanja zrna) u proseku iznosilo 27%, dok Sanchez i sar. (2002) navode da je stopa nalivanja smanjena za 40%. S' druge strane, Samarah (2004) navodi da je suša u periodu nalivanja zrna uticala na skraćivanje nalivanja, ali nije imala uticaja na stopu nalivanja.

Uticaj visokih temperatura na prinos i kvalitet zavisi od momenta nastanka stresa, i najjače redukuje prinos ječma ako se desi na početku perioda nalivanja zrna, tj 10-14 dana nakon cvetanja (Savin i Nicolas, 1999). Umereno visoke temperature 20 dana posle cvetanja skraćuju period nalivanja zrna za oko 5 dana (van Oosterom i sar., 1993; Savin i Nicolas, 1999; Sanchez i sar., 2002), a smanjuju prinos do 8%. Poznato je da terminalna suša (tokom perioda nalivanja zrna) smanjuje masu pojedinačnog zrna (Lawlor i sar., 1981; Jamieson, 1995; Gonzales i sar., 1999; Voltas i sar., 1999b; Samarah i sar., 2009). Chmielewski i Kohn (2000) navode da je kod pojave terminalne suše apsolutna masa zrna najbitniji parameter prinosa, jer su tu promene najizraženije posle cvetanja, pa su tako Szira i sar. (2008) ustanovili da se apsolutna masa značajno smanjuje u odnosu na kontrolu kada se stres izazvan sušom javi u tom periodu. Nedostatak pristupačne vode u vreme nalivanja zrna smanjuje fotosintezu, što statistički nije veoma značajno, međutim može dovesti do ograničenja izvornih kapaciteta što rezultira u redukovanoj akumulaciji biomase, većim brojem abortivnih cvetova i zrna i smanjenjem mase pojedinačnih zrna (Rajala i sar., 2011).

Ukoliko se suša javi tokom ranih faza razvoja zrna, ograničava *sink* potencijal jer se formira manji broj ćelija endosprema i amiloplasta (Saini i Westgate, 2000), tako smanjuje masu zrna kao rezultat smanjene sposobnosti endosprema da akumulira skrob i u smislu stepena i u smislu trajanja akumulacije (Nicolas i sar., 1985). Saini i Westgate (2000) ističu da se period rane reprodukcije sastoji iz više faza od kojih je svaka osetljiva na nedostatak vode (mejoza, cvetanje, fertilnost polena, rani razvoj zigota), i njen nedostatak izaziva smanjenje broja zrna, dok nedostatak u kasnijim fazama utiče na smanjenje veličine zrna koja je velikim delom određena pristupačnim rezervama (fotosinteze) koje mogu da se transportuju u zrno.

Težina pojedinačnog zrna se može posmatrati kao rezultat dva parametra rasta: stepena nalivanja zrna (*Grain Filling Rate*) i dužine nalivanja zrna (*Grain Filling Days*) i sa fiziološkog stanovišta ova dva parametra objašnjavaju dva

različita fenomena (Voltas i sar., 1999b; Jenner i sar., 1991). GFR pokazuje stepen (dinamiku) biohemijskih procesa koji učestvuju u akumulaciji skroba i proteina, a GDF ukazuje na proces razvoja zrna. Smatra se da je stepen nalivanja pod genetičkom kontrolom aditivnih faktora (Katsantonis i sar., 1986), a da je dužina nalivanja pod uticajem spoljne sredine (Royo i sar., 2000), iako se u slučaju ječma, i kod nje javlja genetička varijabilnost (Rasmusson i sar., 1979).

Glavni efekat temperaturnog stresa i deficita vode je skraćivanje perioda nalivanja, dok je uticaj na intenzitet nalivanja manji (Pržulj, 2001). Intenzitet nalivanja zavisi od broja ćelija endosperma formiranih tokom prve dve nedelje nakon cvetanja (Broklehurst, 1977), dok temperature u tom peiodu ima znatno manji uticaj (Sofield i sar., 1977). Međutim, nakon toga, trajanje nalivanja je u jakoj negativnoj korelaciji sa temperaturom (Stapper i Fischer, 1990). Wiegand i Cuellar (1981) navode da svako povećanje srednjih dnevnih temperature od 1°C tokom nalivanja skraćuje period nalivanja za 3,1 dan, a masu zrna za 2,8mg.

Duže trajanje perioda nalivanja može se postići selekcijom genotipova koji imaju ranije cvetanje (Metzger i sar., 1984) ili genotipova koji su relativno neosetljivi na sušu i visoke temperature pa nastavljaju proces fotosinteze i u takvim uslovima (van Sanford, 1985). Duže trajanje stresnih uslova skraćuje dužinu perioda nalivanja u tom stepenu, da i povećanje intenziteta nalivanja ne može da spreči smanjenje prinosa (Wardlaw i sar., 1980).

Jedna od dobrih strategija kod oplemenjivanja na uslove suše je skraćenje perioda do klasanja (Alvaro i sar., 2008). Gajenjem ranostasnijih genotipova povećava se šansa da biljka završi svoj životni ciklus pre nego nastupi suša i tako izbegne negativne efekte koje terminalna suša ima na porast (Shakhatreh i sar., 2001). U periodu posle cvetanja dolazi i do intenzivnijeg širenja biljnih bolesti, što sve zajedno dovodi do ubrzanog gubitka zelene površine listova i smanjenja fotosinteze, a za konačnu posledicu ima redukciju prinosa.

Reakcija biljaka na uslove stresa se razlikuje ne samo između različitih vrsta, nego i između različitih sorti iste vrste. Zbog toga, izbor sorte ječma u proizvodnji trebalo bi prilagoditi postojećim ekološkim faktorima. U



područjima sa nepovoljnim ekološkim faktorima tokom generativne faze treba gajiti sorte sa visokom efikasnošću translokacije i korišćenja organske materije i azota, usvojenih do faze cvetanja. Prema Pržulj i sar. (2001) u oplemenjivanju ozimog ječma za agroekološke uslove Srbije treba stvarati sorte krupnijeg zrna, većeg intenziteta i umerene dužine nalivanja zrna. Tokom kasne i završne faze nalivanja, genotipovi sa dužim trajanjem nalivanja zrna mogu ući u period visokih temperature, što može redukovati prinos i kvalitet zrna. Između trajanja vegetativne i generativne faze treba da postoji skladan odnos, pošto genotipovi sa preranim ili prekasnim cvetanjem ne ostvaruju maksimalne prinose. Izbor genotipova visokog intenziteta nalivanja, čija dinamika razvoja odgovara datim uslovima spoljašnje sredine, predstavlja pouzdaniji put ka stvaranju stabilnih, adaptabilnih i visokoprinosnih sorti. Za razliku od pšenice, kod ječma još uvek ne postoji dovoljno literaturnih podataka o sortnim specifičnostima u vezi uloge asimilata stvorenih pre i posle cvetanja u formiranju prinosa zrna, kao i u pogledu dužine trajanja i intenziteta nalivanja zrna.

#### **2.4. Remobilizacija asimilativa iz stabla u zrno**

Izvori asimilata za zrno ječma obezbeđuju se fotosintezom tokom formiranja i nalivanja zrna, ali i remobilizacijom rezervnih materija iz vegetativnih delova biljke (pre svega stabla) asimilovanih do perioda cvetanja (van Sanford i MacKown, 1987). Nakupljanje rezervnih materija u vegetativnim delovima vrši se uglavnom u obliku niskomolekularnih ugljenih hidrata, fruktoze, saharoze, skroba i pre svega fruktana (Wardlaw i Willenbrink, 1994), a azota u obliku aminokiselina i proteina. Poboljšanje kapaciteta za nalivanje zrna iz rezervi stabla je važan cilj kod gajenja žitarica u uslovima biotičkog i abiotičkog stresa tokom perioda nalivanja zrna (Mohammadi i sar., 2009), jer u uslovima suše dolazi do smanjenja lisne površine ali i stope fotosinteze po jedinici lisne površine (McCree, 1986).

Usporen rast ili ubrzano žućenje listova mogu dovesti do inhibiranja procesa fotosinteze već postojećih listova (Boyer, 1976). Prvi znaci žućenja listova su opadanje sadržaja hlorofila i fotosintetske aktivnosti (Yang i sar., 2001; Gregersen i Holm, 2007), a generalno je prihvaćen stav da će veći prinos ostvariti genotipovi kod kojih list zastavičar duže vrši fotosintezu (Moradi, 2011). List zastavičar i klas su glavni fotosintetski organi koji obezbeđuju asimilate za nalivanje zrna naročito u sredinama gde se suša javlja na kraju životnog ciklusa biljke (gde se javlja terminalna suša) (Blum, 1985; Bort i sar., 1994; Sánchez i sar., 2002)

U uslovima suše dolazi do naglog opadanja fotosinteze posle cvetanja, usled smanjenja provodljivosti stoma i asimilacije CO<sub>2</sub>, što sve ograničava doprinos tekućih asimilata na prinos zrna (Moradi, 2011). Veći deo sušom izazvane redukcije u asimilaciji CO<sub>2</sub> nastaje zbog zatvorenosti stoma, a manji se pripisuje direktnom efektu koji nedostatak vode ima na fiksaciju CO<sub>2</sub> (Sharkey i Seemann, 1989). Benešova i sar. (2012) navode da negativni uticaj koji suša ima na zatvaranja stoma i stepen fotosinteze rezultiraju nižim kapacitetom porasta i manjom biomasom.

Zbog toga, rezerve asimilata u stablu nakupljene u periodu pre cvetanja, sve više se prepoznaju kao značajan izvor ugljenika za nalivanje zrna, kada je trenutna fotosinteza inhibirana stresom izazvanim sušom, visokim temperaturama ili bolestima u ovom periodu (Mohammadi i sar., 2009). Nalivanje zrna u uslovima suše je omogućeno remobilizacijom rezervi iz vegetativnog dela biljke (Rawson i sar., 1977).

Gallagher i sar. (1975) su utvrdili da u uslovima suše tokom perioda nalivanja zrna 75% prinosa ječma vodi poreklo od asimilata akumuliranih do cvetanja pa translociranih tokom nalivanja zrna, a Pržulj i Momčilović (2001) da se efikasnost translokacije asimilata kod 20 sorti jarog ječma, u zavisnosti od sorte i godine kretala od 3 do 16.4%.

Blum (1983a i b) predlaže hemijsku desikaciju nadzemnog dela biljke posle cvetanja kao sredstvo za inhibiciju fotosinteze jer se tako otkriva kapacitet

za nalivanje iz rezervi u stablu. Tretman ne simulira uslove suše, ali simulira efekte stresa inhibirajući tekuću asimilaciju. Dodig i sar. (2003 i 2011) su u oglecima sa pšenicom koristili alternativni način ovog metoda tako što su ručno radili defolijaciju (uklanjanje svih listova sa biljake) kako bi eliminisali uticaj vremenskih prilika na efikasnost hemijske desikacije.

## 2.5. Pokazatelji tolerantnosti na sušu

Kako bi se kvantifikovala otpornost na sušu definisano je nekoliko indeksa koji mogu poslužiti kao selekcionni kriterijum. Najviše se koriste SSI- indeks osetljivosti na sušu - *Stress Susceptibility Index* (Fischer i Maurer, 1978), bazira se na minimiziranju smanjenja prinosa u sušnim uslovima u poređenju sa povoljnim uslovima, STI - *Stress Tolerance Index* (Fernandez, 1992) i TOL- predstavlja apsolutnu razliku prinosa u optimalnim i uslovima suše (tolerantnost na stres) (Rosielle i Hamblin, 1981). Genotipovi sa nižim vrednostima SSI su otporniji na uslove suše jer kod njih dolazi do manjeg smanjenja prinosa u stresnim u odnosu na normalne uslove (Fayaz i Arzani, 2011). Međutim, ovaj indeks *per se* ima i ograničenja pošto se bazira na minimiziranju smanjenja prinosa u sušnim u odnosu na normalne uslove (Aboughadareh i sar., 2013), pa bi selekcija bazirana samo na nižim vrednostima SSI vodila smanjenu prinosa u normalnim uslovima (Denčić i sar., 2000). Pored niskih vrednosti SSI i niske vrednosti TOL indeksa su poželjne ali samo u sušnim uslovima, jer Golabadi i sar. (2006) ističu da bi na ovaj način izdvojili genotipove sa niskim prinosom u normalnim, a visokim prinosom u sušnim uslovima. Zbog toga Fernandez (1992) definiše novi indeks (STI) pomoću kojeg je lakše identifikovati genotipove koji imaju visok prinos u sušnim ali i normalnim uslovima. U istraživanjima o otpornosti ječma na sušu, autori (Ajalli i Salehi, 2012; Zare, 2012) su koristili i druge indekse kao što je prosečna produktivnost u povoljnim i stresnim uslovima (*MP- Mean Productivity*, Rosielle i Hamblin, 1981) ili geometrijska procena produktivnosti

(GMP- *Geometric Mean Productivity*, Fernandez i sar., 1992). Korišćenje najboljih pokazatelja je veoma važno jer oni mogu poslužiti kao indirektni kriterijumi u programima oplemenjivanja ječma na otpornost na sušu (Eivazi i sar., 2013).

## 2.6. Dvoredne i šestoredne forme ječma u uslovima suše

Gajeni ječam (*Hordeum sativum* L.), prema broju plodnih klasića na svakom članku vretena klasa deli se na: šestoredne (*ssp. hexastichum*), dvoredne (*ssp. distichum*) i forme prelaznog tipa (*ssp. intermedium*). Većina sorti koje se gaje kod nas i u svetu pripadaju tipu dvorednih i šestorednih ječmova. Kod svih ovih formi, centralni, fertilni klasić se razvija u zrno, s tom razlikom što su kod dvorednih formi dva bočna klasića sterilna, a kod šestorednih su i bočni klasići fertilni. Genetička istraživanja su pokazala da su divlji preci ječma bili dvoredni, a da su od njih nastale šestoredne forme (Harlan, 1973), što je i potvrđeno izolacijom gena *Vrs1*, kada je ustanovljeno da je u pitanju tačkasta mutacija (Komatsuda i sar., 2007). Divlje i dvoredne forme ječma imaju dominantan *Vrs1* alel, dok se kod šestorednih na dugom kraku hromozoma 2H javlja njegov recesivni oblik (von Bothmer i Komatsuda, 2011; Komatsuda i sar., 2007). Dominantna priroda *Vrs1* gena kod dvorednih formi, ukazuje da je on ustvari represor koji reguliše razvoj bočnih klasića (von Bothmer i Komatsuda, 2011).

Vremenom su se izdiferencirale značajne razlike između dvorednog i šestorednog ječma, od manjeg broja zrna po klasu (15-30) i krupnijih zrna kod dvorednog u odnosu na šestoredni (kod kojih se broj zrna kreće od 25 do preko 60), do izraženih razlika u kompleksnim osobinama kao što su prinos zrna i kvalitet zrna ječma. Pored toga, kod ove dve forme, razlikuju se i kritični periodi koji određuju prinos ječma (Arisnabarreta i Miralles, 2008a). Razlike koje se javljaju između različitih vrsta i genotipova ječma (dvorednih i šestorednih) su značajne tako da ova tema zahteva dodatna proučavanja (Bavei i sar., 2011).

Le Gouis i sar. (1999) su ustanovili da postoji značajna razlika između dvoredih i šestoredih linija ječma za broj izdanaka, koji je bio veći kod dvoredih i broj zrna po klasu koji je bio veći kod šestoredih linija. Kolodinska- Brantestam i sar. (2008) su kod dvoredih sorti u proseku dobili značajno veću masu 1000 zrna i hektolitarsku masu, a kasnije klasanje i sazrevanje nego kod šestoredih. Razlike u efikasnosti fotosinteze između dvoredih i šestoredih genotipova su prvenstveno vezane za razlike u površini klasa i dužini i brojnosti osja koje su veće kod šestoredih formi (Blum, 1985). Ova adaptivna svojstva, u semiaridnim uslovima daju prednost šestoredim u odnosu na dvorede ječmove, a Le Gouis (1993) veći prinos šestoredih ječmova u uslovima severne Francuske objašnjava boljom translokacijom asimilata prethodno akumuliranih u vegetativnim delovima biljke.

Ukrštanja između šestoredih i dvoredih linija ječma, obično se vrše sa ciljem da se poželjni geni prenesu iz jedne forme u drugu, ali u semiaridnim uslovima prednost bi imala selekcija šestoredih linija (Bensemene i sar., 2011).

PCA analiza (Bensemene i sar., 2011) je pokazala da su broj klasova, masa 1000 zrna, žetveni indeks i broj zrna po klasu pod velikim uticajem tipa klasa. Šestorede linije su u proseku dale veći prinos od dvoredih, što ukazuje da su one adaptiranije na manje povoljne sredine i da selekciju treba usmeriti u tom smeru. I Samarah i sar. (2009) su ustanovili da su veći prinos u uslovima suše ostvarili šestoredi ječmovi, a Bavei i sar. (2011) da su šanse za identifikaciju genotipova sa dobrim prinosom i u optimalnim i u stresnim uslovima, takođe, bolje među šestoredim ječmovima. Linije šestoredih ječmova ne samo da su dale najveći prinos u uslovima suše već su imale dobar potencijal rodnosti i u optimalnim uslovima, i ostvarile su najmanje razlike u prosečnom prinosu između dva tretmana (Vaezi i sar., 2010).

Međutim, na području Mediterana koje karakteriše pojava terminalne suše i dosta variranja u pojedinim godinama i lokalitetima dvoredi ječmovi su se pokazali kao bolje adaptirani variranju spoljašnje sredine, dok su šestoredi

ječmova imali stabilniji prinos (Garcia del Moral i sar., 2003a) i veći stepen nalivanja zrna (Le Gouis, 1993).

Ponašanje različitih formi ječma u uslovima stresa izazvanog visokim temperaturama u terminalnoj fazi razvoja, dosta su proučavali Bavei i sar. (2011). U njihovim istraživanjima, razlike u broju zrna po klasu u optimalnim i stresnim uslovima iznosile su 4.5% kod dvoredih i 12.07% kod šestoredih formi, pa zaključuju da je kod šestoredih upravo broj zrna po klasu osobina koja je najosetljivija na visoke temperature tokom cvetanja, i da je kod njih, kao komponenta, u uslovima stresa mnogo značajnija za ukupan prinos nego kod dvoredih formi. U takvim uslovima došlo je i do smanjenja visine biljke kod dvoredih za 8.4% a kod šestoredih za 11.6%, dok je težina zrna u poređenju sa optimalnim uslovima, kod dvoredih u proseku smanjena za 9.5% a kod šestoredih 7.9%. Pomenuti autori zaključuju da je uticaj visokih temperatura (u periodu pre i posle cvetanja), na težinu zrna delom i zbog indirektnog uticaja na izvor asimilata, koji je mnogo više pogođen kod dvoredih nego kod šestoredih formi. Kod dvoredih ječmova smanjenje prinosa vezano je uglavnom za nižu masu zrna (bez obzira na broj klasova), a neznatan uticaj ima broj zrna, dok je kod šestoredih smanjenje prinosa vezano sa brojem zrna.

### 3. NAUČNI CILJ ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Ciljevi istraživanja

- Utvrđivanje varijabilnosti i heritabilnosti 25 odabranih genotipova ječma za ispitivane agronomske osobine i prinos

- Da se ispita uticaj genotipa, godine i njihove interakcije na agronomske osobine i prinos, kao i na intenzitet i trajanje nalivanja zrna kod različitih genotipova ječma u uslovima simulirane terminalne suše

- Utvrđivanje korelacionih veza između ispitivanih osobina radi utvrđivanja kriterijuma za indirektnu selekciju na otpornost na sušu u periodu nakon cvetanja

- Da se ispita da li postoji razlika između genotipova dvoredog i šestoredog ječma u tolerantnosti na sušu u fazi nalivanja zrna

- Ocena stabilnosti ispitivanih genotipova ječma

- Kvantifikacija tolerantnosti na sušu analiziranih genotipova ječma

- Utvrđivanje genetičke distance između ispitivanih genotipova ječma pomoću molekularnih makera (mikrosatelita) i potencijalne veze marker - osobina

- Da se na bazi dobijenih rezultata izdvoje i preporuče najbolji genotipovi za širenje u proizvodnji ili korišćenje u procesu hibridizacije

### 3.2. Osnovne hipoteze

Sorte i linije ječma odabrane iz divergentnih oplemenjivačkih programa pored evidentnih razlika u agronomskim karakteristikama verovatno se razlikuju i u dužini i intenzitetu nalivanja zrna. Na osnovu ovoga se očekuje da će se genotipovi razlikovati po tolerantnosti na sušu u fazi nalivanja zrna. Ova istraživanja će kvantifikovati varijacije u potencijalu za prinos u uslovima terminalne suše različitih genotipova ječma, i utvrditi u kojoj meri ispitivani genotipovi mogu kroz korisne varijacije doprineti otpornosti na sušu i stabilnosti prinosa.



## 4. MATERIJAL I METOD RADA

### 4.1. Biljni material

Prilikom izbora materijala za ispitivanje vodilo se računa o njegovoj divergentnosti u pogledu fenotipskih karakteristika, oplemenjivačkog programa i geografskog porekla. Odabrano je 15 ozimih sorti i linija dvoredog i 10 ozimih sorti i linija šestoredog ječma, različitog porekla, dužine vegetacije, agronomskih i tehnoloških karakteristika (tabela 1).

Tabela 1. Genotipovi ječma korišćeni u istraživanju

R.broj	Genotip	Status	Tip	Poreklo	Ranostasnost
1	NS 565	S	2- redi	IRPNS, RS	srednje rana
2	Rekord	S	2- redi	CSŽ, RS	kasna
3	NS 519	S	2- redi	IRPNS, RS	rana
4	Bingo	S	2- redi	PIO, HR	rana
5	Nectaria	S	2- redi	SECR, FR	kasna
6	Maksa	S	2- redi	CSŽ, RS	srednje rana
7	ZP 12/I	L	2- redi	ZP, RS	srednje rana
8	Boreale	S	2- redi	SECR, FR	kasna
9	Nektar	S	2- redi	ZP, RS	kasna
10	Vanessa	S	2- redi	SJB, DE	kasna
11	PKB Pivan	S	2- redi	PKB, RS	kasna
12	IBSP/04-22	L	2- redi	ICARDA, SY	kasna
13	Jagodinac	S	2- redi	CSŽ, RS	kasna
14	Kristal	S	2- redi	CPTI, RS	srednje rana
15	NS 525	S	2- redi	IRPNS, RS	srednje rana
16	ZP 34/II	L	6- redi	ZP, RS	rana
17	Leotar	S	6- redi	IRPNS, RS	kasna
18	Sremac	S	6- redi	IRPNS, RS	kasna

Tabela 1 (nastavak)

R.broj	Genotip	Status	Tip	Poreklo	Ranostasnost
19	ZP 33/II	L	6- redi	ZP, RS	srednje rana
20	Grand	S	6- redi	CSŽ, RS	rana
21	ZP 154/II	L	6- redi	ZP,RS	srednje rana
22	NS 313	S	6- redi	IRPNS, RS	kasna
23	Nonius	S	6- redi	IRPNS, RS	srednje rana
24	Ozren	S	6- redi	IRPNS, RS	rana
25	Atlas	S	6- redi	IRPNS, RS	rana

*S- sorta; L- linija; ZP- Institut za kukuruz „Zemun Polje“; IRPNS- Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad; PKB- Poljoprivredna korporacija Beograd a.d., Beograd; CSŽ- Centar za strna žita, Kragujevac; CPTI- Centar za poljoprivredna i tehnološka istraživanja, Zaječar; PIO- Poljoprivredni institut Osijek; SECR- SECOBRA Recherches, Centre de Bois-Henry, Maule; SJB- Saatzucht Josef Breun GmbH & Co, Herzogenaurach, ICARDA- The International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Aleppo Sirija.*

#### 4.2. Poljski ogled i metode rada

Ogled je postavljen na dve lokacije u Zemun Polju, Institut- selekciono polje (ZP) i Institut- Školsko dobro (ŠD), u trajanju od dve sezone 2010/2011 i 2011/2012, u dva ponavljanja i dva tretmana.



Slika 1. Lokalitet Školsko dobro 2012 godine, 25 genotipova ječma u dva tretmana (levo- kontrola, desno- defolijacija) u fazi klasanje/cvetanje

Jedan tretman podrazumevao je mehaničku defolijaciju listova 7. dana nakon cvetanja svakog genotipa, čime su putem inhibicije tekuće fotosinteze simulirani uslovi suše u periodu nalivanja zrna. U takvim uslovima nalivanje zrna će većim delom zavisiti od remobilizacije rezervnih asimilata stvorenih u stablu pre cvetanja. Drugi tretman bez defolijacije je kontrolni gde biljke nalivaju zrno u prirodnim uslovima. Upoređivanjem ova dva tretmana doćiće se do odgovora koji genotipovi imaju veću sposobnost nalivanja zrna u uslovima terminalne suše.



Slika 2. Ručno zakidanje listova na tretmanu sa defolijacijom, 7 dana nakon cvetanja svakog genotipa ječma



Slika 3. Levo kontrolni tretman, desno tretman nakon defolijacije, početak simulacije uslova suše

Setva oglada obavljena je ručno, 28. oktobra 2010. godine na lokalitetu Institut Školsko dobro (ŠD), i 4. novembra 2010. godine na lokalitetu Institut-selekciono polje (ZP), odnosno, 24. oktobra 2011. godine na lokalitetu Institut-Školsko dobro (ŠD) i 25. oktobra 2011. godine na lokalitetu Institut-selekciono polje (ZP). Na oba lokaliteta zemljište je tipa degradirani černoziem, a primenjena je uobičajena agrotehnika kada je u pitanju osnovna obrada, predsetvena priprema, đubrenje i zaštita od bolesti i štetočina. Parcele su održavane čiste od korova njihovim ručnim uklanjanjem.

Vrednosti klimatskih parametara su merene u blizini lokaliteta gde su izvođeni ogladi (meteorološka stanica Surčin) i dobijene su ljubaznošću Republičkog Hidrometeorološkog zavoda Srbije (tabela 2.). Faza intenzivnog stvaranja vegetativne mase i cvetanja, tokom aprila meseca, odvijala se obe vegetacione sezone u sličnim temperaturnim uslovima, pri čemu je količina padavina bila veća 2011- 2012.

Tabela 2. Meteorološki podaci za dve vegetacione sezone 2010-2011. i 2011-2012. godine, meteorološka stanica Surčin

Sezona	Mesec	Temperatura (°C)			Br. dana > 30°C	Padavine (mm)	Relativa vlažnost (%)
		Prosek	Max	Min			
2010-2011	Nov.-Feb.	4,8	7,5	0,9	0	190,4	80,5
	Mart	8,0	11,9	2,2	0	18,6	70,2
	April	14,4	19,1	7,6	0	14,1	58,5
	Maj	17,5	22,6	11,2	0	94,8	68,5
	Jun	22,2	27,3	15,4	7	23,0	63,3
Suma/Prosek (Mar.-Jun)		15,5	20,2	9,1	7,0	150,5	65,1
2011-2012	Nov.-Feb.	2,2	5,2	-0,7	0	168,2	79,5
	Mart	8,9	15,3	1,7	0	2,5	55,3
	April	13,5	19,3	7,7	0	73,3	65,2
	Maj	17,3	22,7	11,5	1	81,8	70,6
	Jun	24,3	29,9	16,4	14	16,1	56,4
Suma/prosek (Mar.-Jun)		15,9	21,8	9,3	15,0	173,3	61,9

Maj mesec kada se odvija oplodnja i započinje proces nalivanja zrna, takođe karakterišu slični vremenski uslovi u obe sezone gajenja. Međutim, u

junu mesecu, kada se odvija intenzivno nalivanje zrna, 2011- 2012 godine, prosečna temperatura je bila viša sa većim brojem vreljih dana (temperatura iznad 30°C) i manjom količinom padavina. Na osnovu toga, vegetaciona sezona 2011-2012 se može okarakterisati kao toplija i sušnija, naročito u periodu intenzivnog nalivanja zrna.

Ogled je postavljen po slučajnom blok sistemu u dva ponavljanja. Raspored genotipova u okviru bloka je bio delom uslovljen njihovom visinom, kako bi se minimizirao efekat susednog reda odnosno genotipa zbog različitih visina.

Osnovnu parcelicu od (1 m<sup>2</sup>) činilo je 5 redova dužine jednog metra i međurednog razmaka od 20 cm. Broj posejanih zrna u redu za svaki genotip iznosio je 70. Počev od 7. dana kada je izvršena defolijacija biljaka pojedinog genotipa, na svakih 5 dana do pune zrelosti uzimani su uzorci od po 6 klasova (iz tri unutrašnja reda) iz svakog ponavljanja u oba tretmana. Klasovi su zatim stavljeni u sušaru na 24h i 105°C. Nakon sušenja, merena je suva masa 15 zrna iz centralnog dela klasa kod dvoredih, i 20 zrna iz centralnog dela klasa kod šestoredih genotipova. Na taj način praćena je dinamika i intenzitet nalivanja zrna.

### **4.3. Ispitivane osobine genotipova ječma**

U eksperimentu je meren i proučavan veći broj osobina kod ispitivanih genotipova od kojih će one koje su se pokazale kao najznačajnije za prinos, kao i sam prinos biti šire komentarisane u radu:

- nakon punog nicanja utvrđen je broj niklih biljaka po parcelici
- dužina vegetacionog perioda izražena je brojem dana od 1. januara do datuma cvetanja odnosno pune zrelosti. Momenat cvetanja je određen kada su se na 50% klasova u okviru ponavljanja pojavile antere iz centralnih klasića, a momenat pune zrelosti kada je klas na glavnom stablu potpuno izgubio hlorofil tj. požuteo

- površina lista zastavičara ( $\text{cm}^2$ ) određena je kao dužina lista zastavičara x širina lista (u najširem delu) x korekcionni faktor 0,69 za ječam (Fowler i Rasmusson, 1969). Merenje dužine i širine lista zastavičara obavljeno je kada su listovi dostigli potpunu veličinu na 10 biljaka po ponavljanju u kontrolnom tretmanu.

- sadržaj hlorofila u listu zastavičaru određen je u prvoj nedelji juna pomoću samokalibrirajućeg hlorofil metra (SPAD 502, Konica-Minolta, Japan). Merenje je obavljeno na 10 listova zastavičara, po ponavljanju u kontrolnom tretmanu.

- visina biljaka, od osnove stabla do vrha klasa bez osja (cm), određena je u fazi pune zrelosti, na 20 biljaka po ponavljanju u oba tretmana.

- dužina vršne internodije (cm), izloženost vršne internodije izvan lista zastavičara (cm), dužina klasa (cm), masa klasa (g), dužina osja (cm), broj zrna po klasu i broj sterilnih klasića određeni su nakon žetve, na osnovu 50 biljaka uzetih iz svakog ponavljanja u oba tretmana

- žetva svakog genotipa obavljena je u punoj zrelosti, krajem juna. Prinos je utvrđen na osnovu težine zrna sa požnjevene parcelice, a potom preračunato na  $\text{kg/ha}$ .

- na osnovu izmerene težine zrna sa parcelice i broja klasova sa te parcelice utvrđena je prosečna produkcija po klasu (g).

- žetveni indeks je izračunat iz odnosa težine ovršenog zrna i celokupne nadzemene mase biljaka

- ukupna biomasa predstavlja masu nadzemnog dela svih biljaka sa parcelice površine  $1\text{m}^2$

- indeks klasa je izračunat iz mase zrna po klasu i mase celog klasa

- masa 1000 zrna (g) je utvrđena standarnom metodom iz mase požnjevenog zrna po tretmanu i ponavljanju

- hektolitarska masa ( $\text{kg/ha}$ ) određena je pomoću Šoperove vage iz mase požnjevenog zrna po tretmanu i ponavljanju, preračunata na 13% vlage



- sadržaj proteina u zrnu određen je Infraneo analizatorom N.I.R/T., (CHOPIN TECHNOLOGIES, France).

Izračunati su i sledeći parametri nalivanja zrna:

- prosečni intenzitet nalivanja zrna (PIN) je izračunat iz odnosa konačne suve mase zrna i dužine trajanja nalivanja zrna (izraženog preko sume aktivnih temperature)

- dužina nalivanja zrna je umesto vremenskih jedinica izražena je preko sume aktivnih temperatura od faze cvetanja. Suma aktivnih temperatura (SAT) je suma temperatura većih od 0°C u periodu od faze cvetanja do fiziološke zrelosti za svaki genotip, a određena je preko formule:

$$SAT = [(T_{max} + T_{min})/2] - T_b, \text{ gde su}$$

$T_{max}$  i  $T_{min}$ - maksimalne i minimalne dnevne temperature,

$T_b$ - bazna temperatura (0°C) - ispod koje biljka ne može da se razvija (Duguid i Brule- Babel, 1994). Kao kraj perioda nalivanja uzima se momenat kada zrno dostiže maksimalnu težinu (Le Gouis, 1993).

- masa pojedinačnog zrna (MZ) - ocenjena krajnja masa zrna (Brdar i sar., 2004)

- apsolutni intenzitet nalivanja zrna (Radford, 1967):

$$AIN (mg \text{ dan}^{-1}) = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1}$$

$W_2 - W_1$  - razlika u masi pojedinačnog zrna u dva susedna termina uzorkovanja

$T_2 - T_1$  - broj dana između dva uzorkovanja

- na osnovu apsolutnog intenziteta nalivanja ocenjen je maksimalni apsolutni intenzitet (MAI) nalivanja zrna za svaki genotip

- relativni intenzitet nalivanja zrna (Hunt, 1978):

$$RIN (mg \text{ mg}^{-1} \text{ dan}^{-1}) = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{T_2 - T_1}$$

Ocena tolerantnosti na sušu utvrđena je na osnovu nekoliko pokazatelja:

- indeks osetljivosti na sušu SSI (*stress susseptibility index*), (Fischer i Maurer, 1978), izračinat je za svaki genotip na osnovu sledeće formule:

$$SSI = [1 - (Ps)/(Pn)] / (1 - Xs/Xn) \text{ gde su:}$$

Ps- prinos u sušnim uslovima

Pn- prinos u kontrolnim uslovima

Xs- prosečan prinos svih genotipova u sušnim uslovima

Xn- prosečan prinos svih genotipova u kontrolnim uslovima

- indeks tolerantnosti na sušu STI (*stress tolerance index*), (Fernandez, 1992) izračunat je za svaki genotip na osnovu sledeće formule:

$$STI = (Pn \times Ps) / (Xn)^2$$

- apsolutna razlika prinosa u optimalnim i uslovima suše TOL (*stress tolerance*), (Rosielle i Hamblin, 1981).

$$TOL = Pn - Ps$$

#### 4.4. Molekularna analiza

Genomska DNK-a je izolovana iz listova biljaka starih 14 dana (Stein i sar., 2001), a kvalitet i kvantitet DNK određeni su korišćenjem NanoDrop ND-100 spektrofotometra (PeQLab, Erlangen, Germany) i gel elektroforeze. Za PCR reakciju je korišćena DNK koncentracije 20 ng/ $\mu$ l. PCR smeša zapremine 10  $\mu$ l sadržala je 1 $\mu$ l 10x pufera, 1  $\mu$ l 25 mM MgCl<sub>2</sub>, 0.2  $\mu$ l od svakog 10 mM dNTPs, *forward* rajmera (1.0 pmol/ $\mu$ l) i *reverse* prajmera (10.0 pmol/ $\mu$ l), 0.08  $\mu$ l 5U Hot FIREPol®DNA polymerase (Solis BioDyne, Tartu, Estonia), 6.12  $\mu$ l vode (HPLC gradient grade water, Carl Roth, Karlsruhe, Germany) i 1 $\mu$ l DNK. Za SSR amplifikaciju, korišćeni su *M13 tailed forward* prajmeri, tako što je 0.1  $\mu$ l 'M13'



prajmera (10.0 pmol/ $\mu$ l) označeno 5' fluorescentnom bojom i dodato reakcionoj smeši. Amplifikacija DNK je izvedena pomoću Gene Amp® PCR System 9700 (Applied Biosystems, Darmstadt, Germany). PCR reakcija je izvedena u sledećim uslovima: inicijalna denaturacija na 94°C/5 min, zatim 12 ciklusa denaturacije na 94°C/30 sek, vezivanje prajmera za ciljne sekvence 62°C/30 sek i elongacija na 72°C/30 sek; potom još 35 ciklusa na 94°C/30 sek, 56°C/30 sek, 72°C/30 sek, i finalna elongacija na 72°C/10 min.

Detekcija veličine alela SSR markera izvršena je korišćenjem kapilarne elektroforeze ABI PRISM® 3100 genetskim analizatorom (Applied Biosystems, Darmstadt, Germany). Rezultat sekvencioniranja je analiziran pomoću Genescan softvera (PE Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) kako bi se izmerila molekularna veličina svakog SSR alela. Set od 15 SSR markera, sa 2-3 SSR markera po hromozomu, i 1 do 5 alela po lokusu je korišćen za utvrđivanje genetičke divergentnosti 25 genotipova ječma.

Diverzitet mikrosatelitskih markera određen je *Genetic Data Analysis* (GDA) analizom (Lewis i Zaykin, 2001) i PopGene softverom (Yeh i Boyle, 1997). Nepristrasna ocena diverziteta gena ili bogatstvo alela određeno je pomoću FSTAT (Goudet, 2002) softvera. Microsat softver (Minch i sar., 1997) je korišćen za matrice genetičkih distanci ( $D_{SA}$ ) između parova genotipova ječma na bazi udela zajedničkih alela (Bowcock i sar., 1994). *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* (UPGMA) klaster konstruisan je pomoću MEGA softvera (Tamura i sar., 2007), na osnovu matrice distance zajedničkih alela ( $D_{SA}$ ) genotipova.

#### **4.5. Statistička analiza dobijenih podataka**

Za proučavane osobine utvrđeni su osnovni deskriptivni parametri, srednja vrednost ( $\bar{X}$ ), minimalna (min) i maksimalna (max) vrednost, standardna devijacija ( $\sigma$ ) i koeficijent varijacije (Cv%).

Prosečna vrednost osobine izvedena je iz obrasca:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad i=1,2,3,\dots,n$$

Standardna devijacija, odnosno standardno odstupanje od tog proseka izračunato je preko formule:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Koeficijent varijacije, preko formule:

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Testiranje razlika za proseke ispitivanih osobina izvršeno je t- testom i Tuckey testom. Deskriptivni statistički parametri, t- test, Tuckey test i obrada rezultata ispitivanih genotipova metodom analize varijanse urađeni su u statističkom programu MINITAB (Portable v16.1). Korišćene su dvofaktorijalna i trofaktorijalna analiza varijanse, potpuno slučajan blok sistem.

Dvofaktorijalna analiza varijanse urađena je posebno za svaki tretman (kontrolni i defolijaciju) po modelu:

$$X_{ijk} = \mu + \eta_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{(ij)k}; \quad i=1,2,\dots,r; \quad j=1,2,\dots,s; \quad k=1,2,\dots,n$$

pri čemu je sredinu predstavljala kombinacija lokacija x godina pa je u svakom tretmanu bilo četiri sredine: Zemun Polje 2011, Školsko dobro 2011, Zemun Polje 2012 i Školsko dobro 2012 (tabela 3.).

Tabela 3. Model dvofaktorijalne analize varijanse

Izvor varijacije	SS	Stepeni slobode	MS	F	Očekivana vrednost sred. kvadrata
Ponavljanje	$SS_P$	$n-1$	$MS_P = \frac{SS_P}{n-1}$	$F_P = \frac{MS_P}{MS_E}$	$\sigma_E^2 + r \cdot s \cdot \sigma_E^2$
Sredina	$SS_S$	$r-1$	$MS_S = \frac{SS_S}{r-1}$	$F_S = \frac{MS_S}{MS_E}$	$\sigma_E^2 + n \cdot s \cdot \sigma_S^2$
Genotip	$SS_G$	$s-1$	$MS_G = \frac{SS_G}{s-1}$	$F_G = \frac{MS_G}{MS_E}$	$\sigma_E^2 + n \cdot r \cdot \sigma_G^2$
Interakcija SxG	$SS_{SG}$	$(r-1)(s-1)$	$MS_{SG} = \frac{SS_{SG}}{(s-1)(r-1)}$	$F_{SG} = \frac{MS_{SG}}{MS_E}$	$\sigma_E^2 + n \cdot \sigma_{SG}^2$
Greška	$SS_E$	$(rs-1)(n-1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{(rs-1)(n-1)}$		$\sigma_E^2$
Ukupno	$SS_U$	$rsn-1$			

Za osobine koje su merene pre defolijacije listova i stvaranja uslova stresa dvofaktorijalna analiza varijanse je urađena samo za kontrolni tretman. Iz modela su prema Falconer (1981) izračunate vrednosti komponenta varijanse, tj procenat ukupne varijanse koji predstavlja genetske razlike između sorti, procenat koji predstavlja uticaj spoljašnje sredine i deo koji je određen interakcijom sredine i genotipa. Ostatak nastaje usled slučajnih razlika.

$$V_G = \frac{MS_G - MS_{SG}}{nr}$$

$$V_S = \frac{MS_S - MS_{SG}}{ns}$$

$$V_{SG} = \frac{MS_{SG} - MS_E}{n}$$

$$V_E = MS_E$$

Za ovaj model fenotipska varijansa se izračunava preko formule:

$$V_F = V_G + V_{SG}/r + V_E/nr$$

Trofaktorijalna analiza varijanse, zajedno za oba tretmana i četiri sredine urađena je po modelu prikazanom u tabeli 4.

$$X_{ijkl} = \mu + \eta_l + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl};$$

$$i = 1, 2, \dots, r; j = 1, 2, \dots, s; k = 1, 2, \dots, t; l = 1, 2, \dots, n$$

Tabela 4. Model trofaktorijalne analize varijanse

Izvor varijacije	SS	Stepeni slobode	MS	F	Očekivana vrednost sred. kvadrata
Ponavljanje	$SS_P$	$n-1$	$MS_P = \frac{SS_P}{n-1}$	$F_P = \frac{MS_P}{MS_E}$	$\sigma_E^2 + rst\sigma_E^2$
Sredina	$SS_S$	$r-1$	$MS_S = \frac{SS_S}{r-1}$	$F_S = \frac{MS_S}{MS_E}$	$\sigma_E^2 + nst\sigma_S^2$
Genotip	$SS_G$	$s-1$	$MS_G = \frac{SS_G}{s-1}$	$F_G = \frac{MS_G}{MS_E}$	$\sigma_E^2 + nrt\sigma_G^2$
Tretman	$SS_T$	$t-1$	$MS_T = \frac{SS_T}{t-1}$	$F_T = \frac{MS_T}{MS_E}$	$\sigma_E^2 + nrs\sigma_T^2$
S x G	$SS_{SG}$	$(r-1)(s-1)$	$MS_{SG} = \frac{SS_{SG}}{(r-1)(s-1)}$	$F_{SG} = \frac{MS_{SG}}{MS_E}$	$\sigma_E^2 + nt\sigma_{SG}^2$
S x T	$SS_{ST}$	$(r-1)(t-1)$	$MS_{ST} = \frac{SS_{ST}}{(r-1)(t-1)}$	$F_{ST} = \frac{MS_{ST}}{MS_E}$	$\sigma_E^2 + ns\sigma_{ST}^2$
G x T	$SS_{GT}$	$(s-1)(t-1)$	$MS_{GT} = \frac{SS_{GT}}{(s-1)(t-1)}$	$F_{GT} = \frac{MS_{GT}}{MS_E}$	$\sigma_E^2 + nr\sigma_{GT}^2$
S x G x T	$SS_{SGT}$	$(r-1)(s-1)(t-1)$	$MS_{SGT} = \frac{SS_{SGT}}{(r-1)(s-1)(t-1)}$	$F_{SGT} = \frac{MS_{SGT}}{MS_E}$	$\sigma_E^2 + n\sigma_{SGT}^2$
Greška	$SS_E$	$(rst-1)(n-1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{rst(n-1)}$		$\sigma_E^2$
Ukupno	$SS_U$	$rsn-1$			

Komponente varijanse izračunate su iz formula očekivanih vrednosti sredina kvadrata:

$$V_S = \frac{MS_G + MS_{SGT} - MS_{SG} - MS_{ST}}{nts}$$

$$V_G = \frac{MS_S + MS_{SGT} - MS_{SG} - MS_{GT}}{ntr}$$

$$V_T = \frac{MS_G + MS_{SGT} - MS_{TG} + MS_{ST}}{nrs}$$

$$V_{SG} = \frac{MS_{SG} - MS_{SGT}}{nt}$$

$$V_{ST} = \frac{MS_{ST} - MS_{SGT}}{ns}$$

$$V_{GT} = \frac{MS_{GT} - MS_{SGT}}{nr}$$

$$V_{SGT} = \frac{MS_{SGT} - MS_E}{n}$$

$$V_E = MS_E$$

Značajnost razlika prosečnih vrednosti za ispitivane osobine pojedinačnih genotipova i sredina izračunata je primenom Tukey testa.

Heritabilnost u širem smislu ( $h^2$ ) izražena je kao:

$$h^2 = \frac{V_G}{V_F} \times 100$$

Koeficijenti genetičke i fenotipske varijacije izračunati su po formulama:

$$CV_G = \frac{\sqrt{\sigma_G^2}}{\bar{X}} \times 100 \quad CV_F = \frac{\sqrt{\sigma_F^2}}{\bar{X}} \times 100$$

$\sigma_G^2$  - genetička varijansa;  $\sigma_F^2$  - fenotipska varijansa;  $\bar{X}$  - srednja vrednost

Radi ocene međuzavisnosti ispitivanih osobina u program EXCEL 2010 izračunati su Pearson-ovi koeficijenti korelacije.

Međuzavisnost prinosa u kontrolnim i uslovima defolijacije izračunata je preko Spearmanov-og koeficijenta korelacije ranga  $r_s$  (Hadživuković, 1973):

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum di^2}{n(n^2-1)}$$

$d_i$  – razlika između pojedinačnih rangova posmatranih promenljivih X i Y

$n$  – broj posmatranja

Značajnost vrednosti koeficijenta korelacije ranga izračunata je po sledećoj formuli:

$$t = \frac{r \sqrt{n-1}}{\sqrt{1-r^2}}$$

$r$  – vrednost koeficijenta korelacije ranga po Spearman-u

$n$  – broj ispitivanih genotipova

Za ocenu stabilnosti prosečnog prinosa ispitivanih genotipova ječma, koordiniranjem kroz prosečnu sredinu “average- environment coordination” (AEC), konstruisani su GGE biplotovi, po tretmanima i kombinovano. GGE biplot je nastao primenom procedure genotipski očuvane svojstvene vrednosti “genotype- metric preserving singular value” (SVR=1) (Yan, 2002) koja je prikladnija za procenu genotipova.

Biplot po osobinama “genotype by trait” (GT) predstavlja multivarijacionu analizu standardizovane matrice genotip x osobina i konstruisan je primenom modela (Yan i Rajcan, 2002).

$$\frac{T_{ij} - \bar{T}_j}{S_j} = \lambda_1 \zeta_{i1} \tau_{j1} + \lambda_2 \zeta_{i2} \tau_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

Gde je  $T_{ij}$  prosečna vrednost genotipa  $i$  za osobinu  $j$ ,  $\bar{T}_j$  je prosečna vrednost osobine  $j$  za sve genotipove,  $S_j$  je standardna devijacija za osobinu  $j$  za sve genotipske proseke,  $(\zeta_{i1})$  i  $(\zeta_{i2})$  su PC1 i PC2 ocene glavnih komponenti za genotip  $i$ ,  $(\tau_{j1})$  i  $(\tau_{j2})$  su PC1 i PC2 ocene glavnih komponenti za osobinu  $j$ ,  $(\varepsilon_{ij})$  je ostatak modela povezan sa genotipom  $i$  i osobinom  $j$ . GT biplot je konstruisan stavljanjem u odnos PC1 ocena naspram PC2 za svaki genotip i svaku osobinu. GT analiza je urađena u R 2.9.0 programu (R Development Core Team 2010).

Faktorska analiza, kao metod multivarijacione analize korišćena je za opis međusobne zavisnosti velikog broja promenljivih korišćenjem manjeg broja osnovnih, ali neopažljivih slučajnih promenljivih poznatih kao faktori. To je tehnika međuzavisnosti u kojoj se sve varijable istovremeno razmatraju, svaka je u vezi sa svim ostalima, a koristi se koncept varijante, linearnog kompozita varijabli. U faktorskoj analizi, varijante (faktori) se formiraju da maksimiraju svoje objašnjenje čitavog seta varijabli, a ne da predvide zavisnu varijablu. Analiza je urađena u statističkom programu MINITAB (Portable v16.1).

## 5. REZULTATI I DISKUSIJA

### 5.1. Deskriptivni statistički parametri ispitivanih osobina ječma

Za većinu proučavanih osobina dvoredih i šestoredih genotipova ječma deskriptivni statistički parametri izračunati su kao prosek za sve četiri sredine (Zemun Polje 2011, Školsko dobro 2011, Zemun Polje 2012 i Školsko dobro 2012) i za dva tretmana (kontrolni i tretman sa defolijacijom). Osobine: broj dana do cvetanja, sadržaj hlorofila u listu zastavičaru i površina lista zastavičara su merene pre samog procesa defolijacije pa im je prikazan samo kontrolni tretman (tabela 5.). Testiranje značajnosti razlika između kontrolnog i tretmana sa defolijacijom izvršeno je t- testom. Kao što je već navedeno, defolijacija listova u jednom tretmanu vršena je 7 dana nakon cvetanja, kako bi se simulirao stres kakav biljka trpi u uslovima suše tokom faze nalivanja zrna.

Datum cvetanja za svaki genotip izražen je brojem dana od 1. januara do dana kada su se na 50% klasova u okviru ponavljanja pojavile antere iz centralnih klasića, i kretao se od 113 dana do 131 dana, u proseku 122 dana, pri čemu je razlika između najranijih i najkasnijih dosta velika i iznosi 18 dana. Alvaro i sar. (2008) ističu da skraćanje perioda do cvetanja može biti dobra strategija kod oplemenivanja za uslove u kojima se javlja terminalni stres, a Brdar i sar. (2008) navode da ranije cvetanje pruža biljci više vremena za postepeno nalivanje zrna i omogućava joj da izbegne temperaturni stres. Međutim, Pržulj i sar. (2001) iz istraživanja na ječmu zaključuju da između trajanja vegetativne i generativne faze treba da postoji skladan odnos, jer maksimalne prinose ne ostvaruju ni genotipovi sa preranim, ali ni suviše kasnim cvetanjem.

Sadržaj hlorofila u listu zastavičaru kretao se od 14,7 do 57,5 SPAD jedinica sa prosečnom vrednošću 42,1 i koeficijentom varijacije 26,2%. Površina lista zastavičara kretala se u intervalu od 4,9 cm<sup>2</sup> do 16,4 cm<sup>2</sup>, prosečna vrednost iznosila je 9,6 cm<sup>2</sup> a koeficijent varijacije 26,4%. Po vrednostima koeficijenata



varijacije za ove dve osobine vidimo da je varijabilnost genotipova bila visoka, što je i očekivano jer se radi o materijalu koji čine dvorede i šestorede linije i sorte, kod kojih se i vizuelno lako uočava različita boja i morfologija listova odnosno biljke. Površina lista zastavičara se smatra bitnom morfološkom osobinom za tolerantnost na sušu i visoke temperature. U uslovima suše, što je veća površina lista, više vode se gubi transpiracijom tako da je poželjno da je ona manja, dok je za uslove visokih temperatura situacija obrnuta (Mohammed, 2004).

Rezultati pokazuju da je defolijacija tj stres izazvan uklanjanjem listova uticao da se kod većine osobina srednje vrednosti statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u odnosu na kontrolu. Efekat defolijacije pokazao se kao značajan za sledeće osobine: masa 1000 zrna, hektolitarska masa, biomasa, indeks klasa, prinos po klasu, ukupan prinos zrna, sadržaj proteina i intenzitet nalivanja zrna. Kod morfoloških osobina: dužina vršne internodije, izloženost vršne internodije, dužina klasa, dužina osja kao i kod broja zrna po klasu i broja sterilnih zrna po klasu, žetvenog indeksa i dužine nalivanja zrna efekat defolijacije nije bio značajan, jer su one verovatno determinisane pre momenta uklanjanja listova i na te osobine terminalana suša ne utiče.

Do najvećeg smanjenja vrednosti u relativnom smislu, usled defolijacije došlo je kod ukupnog prinosa zrna 33%, zatim, ukupne biomase 31%, prinosa po klasu 14%, intenziteta nalivanja 12%, sadržaja proteina 12% i mase 1000 zrna 11%.

Prinos zrna, kao najkompleksnija i najvažnija agronomska osobina pokazao je veliku varijabilnost u ova dva tretmana. U kontrolnom, vrednosti ostvarenog ukupnog prinosa su bile u intervalu od 1960 kg/ha do 11879 kg/ha, sa prosekom 6986 kg/ha i koeficijentom varijacije 28,3%, dok je u tretmanu sa defolijacijom prosečan prinos bio u intervalu od samo 700 kg/ha do 8987 kg/ha, sa prosečnom vrednošću 4749 kg/ha i koeficijentom varijacije 34,9%. Kao što je gore navedeno, u uslovima stresa do procentualno najvećeg smanjenja došlo je upravo kod prinosa zrna i to za 33%. Ovo je u saglasnosti sa

drugim autorima koji su u uslovima kada se suša javlja u fazi nalivanja zrna ječma dobili smanjenje prinosa i to za 27% Gonzalez i sar. (2010), 35,4% Zare i sar. (2011) i 24% Pureisa i sar. (2013).

Visina biljke u kontrolnom tretmanu kretala se u intervalu od 40,2 cm do 89,5 cm, prosečna visina iznosila je 63,5 cm, a koeficijent varijacije 19,4%. U tretmanu gde je izvršena defolijacija biljke su bile nešto niže, visina se kretala od 32,7 cm do 87,1 cm, u proseku 62,1 cm ali sa nešto većim koeficijentom varijacije od 21,9%. Na osnovu relativnog smanjenja visine za 3% u stresnim uslovima u odnosu na kontrolu, visinu biljke možemo svrstati u grupu osobina koje su slabo osetljive na sušni stres u fazi nalivanja zrna. Dužina vršne internodije u kontrolnom tretmanu kretala se od 14,5 cm do 33,6 cm, sa prosečnom vrednošću 24,08 cm i koeficijentom variranja 17,3%, a u tretmanu gde je izvršena defolijacija vrednosti su isle od 14,3 cm do 36,3 cm, prosečna dužina iznosila je 23,81 cm a koeficijent variranja 20,9%. Ispitujući genotipove dvoredog i šestoredog ječma, u uslovima terminalne suše Pureisa i sar. (2013) takođe nisu dobili statistički značajne razlike između dva tretmana kako za visinu biljke, tako i za dužinu vršne internodije. Rezerve stabla kao fiziološki izvor asimilativa su određene dužinom i specifičnom težinom stabla (Blum, 1998), a Daniels i sar. (1982) navode da su rezerve u većoj meri skoncentrisane u vršnim u odnosu na niže internodije. Dodig i sar. (2003) su ispitujući uticaj terminalne suše na proces nalivanja zrna kod pšenice i tritikalea, došli do zaljučka da je visina biljke veoma jako uticala na masu 1000 zrna i procentualno smanjenje mase 1000 zrna. U uslovima stresa proces nalivanja zrna je efikasniji kod viših biljaka, dok je ekikasnost mobilizacije asimilata u optimalnim uslovima bolja kod nižih genotipova (Dodig, 2010). Izloženost vršne internodije u kontrolnom tretmanu varirala je u intervalu od 0,3 cm do 14,1 cm, prosečna vrednost iznosila je 5,18 cm a koeficijent variranja 62,2%. U tretmanu sa defolijacijom vrednosti su se kretale od 0,1 cm do 16 cm, prosečna izloženost je bila 5,02, a koeficijent varijacije, veoma visokih 75%.

Tabela 5. Deskriptivni statistički parametri za proučavane osobine dvoredih i šestoredih genotipova ječma, prikazani kao dvogodišnji prosek za dva tretmana

Osobina	Tret.	Prosek $\pm$ st. greška	Min	Max	Cv%	$\sigma$	D/K
Prinos zrna (kg/ha)	K	6986 $\pm$ 140 <sup>a</sup>	1960	11879	28,3	1979	0,67
	D	4749 $\pm$ 117 <sup>b</sup>	700	8987	34,9	1659	
Visina biljke (cm)	K	63,46 $\pm$ 0,87 <sup>a</sup>	40,2	89,5	19,4	12,3	0,97
	D	62,13 $\pm$ 0,96 <sup>a</sup>	32,7	87,1	21,9	13,6	
Produkcija po klasu (g)	K	1,33 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	0,6	2,6	34,3	0,5	0,86
	D	1,15 $\pm$ 0,03 <sup>b</sup>	0,3	2,2	32,4	0,4	
Dužina klasa (cm)	K	8,05 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	4,3	10,8	21,1	1,7	0,99
	D	8,03 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	4,3	10,6	20,5	1,6	
Broj zrna po klasu	K	37,03 $\pm$ 1,02 <sup>a</sup>	21,2	70,9	39,0	14,5	0,99
	D	36,97 $\pm$ 1,00 <sup>a</sup>	21,6	71,9	38,3	14,2	
Broj sterilnih zrna po klasu	K	3,46 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	0,4	10,5	79,8	2,8	0,0
	D	3,95 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	0,4	11,8	81,6	3,2	
Dužina osja (cm)	K	12,02 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	9,3	14,2	8,4	1,0	0,99
	D	11,90 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	9,1	14,3	7,8	0,9	
Izloženost vršne internodije (cm)	K	5,18 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	0,3	14,1	62,2	3,2	0,99
	D	5,02 $\pm$ 0,27 <sup>a</sup>	0,1	16	75,0	3,8	
Dužina vršne internodije (cm)	K	24,08 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>	14,5	33,6	17,3	4,2	0,99
	D	23,81 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>	14,3	36,3	20,9	4,9	
†Biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	K	1682,2 $\pm$ 27,2 <sup>a</sup>	677,4	2784	22,9	384,5	0,69
	D	1158,8 $\pm$ 24,2 <sup>b</sup>	331	2181,5	29,5	342,4	
Masa 1000 zrna (g)	K	46,42 $\pm$ 0,48 <sup>a</sup>	29,8	59,2	14,5	6,7	0,89
	D	41,61 $\pm$ 0,43 <sup>b</sup>	27,5	53,4	14,5	6,0	
Hektolitarska masa (kg)	K	74,13 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	67,9	81,7	3,9	2,7	0,98
	D	72,94 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup>	64,4	78,5	3,1	2,3	

Tabela 5. (nastavak)

Osobina	Tret.	Prosek ± st. greška	Min	Max	Cv%	σ	D/K
Sadržaj proteina (%)	K	13,7± 0,13 <sup>a</sup>	9,6	18,6	14,1	1,9	0,88
	D	12,0± 0,11 <sup>b</sup>	8,6	16,8	13,7	1,6	
Žetveni indeks	K	0,41± 0,00 <sup>a</sup>	0,3	0,6	14,1	0,1	0,98
	D	0,40±0,01 <sup>a</sup>	0,2	0,6	19,0	0,1	
Indeks klasa	K	0,79± 0,01 <sup>a</sup>	0,5	0,9	10,2	0,10	0,97
	D	0,77± 0,01 <sup>b</sup>	0,4	1,0	12,9	0,10	
Dužina nalivanja zrna (°C)	K	844,9± 4,53 <sup>a</sup>	678,2	950,5	7,58	64,05	1,00
	D	846,3± 5,18 <sup>a</sup>	627,4	971,1	8,65	73,19	
Int. nalivanja zrna (mg 100 SAT dan <sup>-1</sup> )	K	6,03± 0,07 <sup>a</sup>	0,0358	0,0883	17,2	0,0104	0,88
	D	5,34 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,0323	0,0866	18,1	0,0097	
Datum cvetanja (u danim od 1. jan.)	K	121,5± 0,19	113	131	3,3	4,0	/
Sadržaj hlorofila (SPAD jedinice)	K	42,05± 0,89	14,7	57,5	26,2	11	/
Površina lista zastavičara (cm <sup>2</sup> )	K	9,6± 0,17	4,9	16,4	26,4	2,5	/

Srednje vrednosti osobina označene različitim slovom se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ). U kontroli (K) i defolijaciji (D); † t- test za biomasu nije relevantan jer je u jednom tretmanu potpuno uklonjeno lišće.

Dužina klasa je jedna od osobina koja je determinisana u periodu vlatanja, (Kirby, 2002) tj pre procesa defolijacije tako da su i vrednosti u oba tretmana bile približne. U kontrolnom dužina klasa kretala se od 4,3 cm do 10,8 cm, prosečna vrednost iznosila je 8,05 cm a koeficijent varijacije 21,1%. U tretmanu sa defolijacijom vrednosti su se kretale u intervalu od 4,3 cm do 10,6 cm, prosečna vrednost iznosila je 8,03 cm a standardna devijacija 20,5%. Dužina klasa je važna agronomska osobina, jer klas učestvuje u formiranju konačnog prinosa i predstavlja akceptor asimilativa. Svojim zelenim delovima učestvuje u procesu fotosinteze tako da predstavlja i izvor asimilativa, a Voltas i sar. (1998) tvrde da u semiaridnim ulovima upravo izvor i akceptor asimilativa

ograničavaju dalje povećanje prinosa. Tambussi i sar. (2007) ističu da je kod strnih žita fotosinteza klasa povezana sa visokom efikasnošću iskorišćenja vode, delimično zbog refleksije CO<sub>2</sub>, i da igra ključnu ulogu u nalivanju zrna u uslovima suše.

Pored listova i zelenog dela klasa, osje takođe predstavlja organ koji vrši fotosintezu i to je fotosintetski najaktivniji deo klasa (Hosseini i sar., 2012). U ispitivanjima na ječmu isti autori ističu da je ukupna fotosinteza osja i u normalnim i u uslovima suše bila veće nego fotosinteza lista zastavičara, ali da ipak prinos u uslovima terminalne suše nije bio u korelaciji sa fotosintezom osja. Dužina osja je takođe bila slična u oba tretmana, u kontrolnom se kretala u intervalu od 9,3 cm do 14,2 cm, prosečna vrednost iznosila je 12,02 cm a koeficijent varijacije 8,4%. U tretmanu sa defolijacijom od 9,1 cm do 14,3 cm, prosek je iznosio 11,9 cm, sa koeficijentom varijacije 7,8%.

Broj zrna po klasu je još jedna osobina koja se formira tokom vegetativne faze i zavisi od uslova spoljne sredine u kojima se odvija morfogeneza generativnih organa tokom procesa ontogeneze. Arisnabarreta i Miralles, (2008a) smatraju da je kritičan period za formiranje broja zrna kod šestoredih formi, 30 dana pre cvetanja, a na broj fertilnih klasića utiče količina asimilata dostupna klasu u ranim fazama njegovog razvoja Arisnabarreta i Miralles, (2008b). U ovom istraživanju sa uticajem stresa izazvanim defolijacijom započeto je 7. dana nakon cvetanja, kada je konačan broj zrna već bio determinisan, pa su i ovde dobijene slične vrednosti u oba tretmana. U kontrolnom tretmanu broj zrna po klasu kretao se u intervalu od 21,2 do 70,9, u proseku 37,0 a koeficijent varijacije je bio dosta visok, 39%. U tretmanu sa defolijacijom interval variranja je bio od 21,6 do 71,9 prosek je iznosio 36,9 sa takođe visokim koeficijentom varijacije od 38,3%. Clarke i sar. (1984) ističu da suša pre formiranja zrna ima uticaja na broj zrna, ali nakon toga utiče na težinu zrna. Broj sterilnih zrna po klasu u kontrolnom tretmanu kretao se od 0,4 do 10,5, prosek je iznosio 3,46 a koeficijent varijacije je bio izuzetno visok, čak 79,8%. U tretmanu sa defolijacijom broj sterilnih zrna se kretao od 0,4 do 11,8,

prosek je iznosio 3,95, dok je koeficijent varijacije bio najveći u odnosu na sve druge ispitivane osobine i iznosio je 81,6%. U relativnom smislu ovde nije došlo do promene u uslovima defolijacije u odnosu na kontrolu, pa se ova osobina može smatrati tolerantnom na pojavu terminalne suše.

Masa 1000 zrna, u kontrolnim uslovima varirala je u intervalu od 29,8 g do 59,2 g, u proseku je iznosila 46,42 g, a koeficijent varijacije je bio 14,5%. U tretmanu sa defolijacijom masa 1000 zrna kretala se od 27,5 g do 53,4 g, u proseku je iznosila 41,61 g, a koeficijent je bio isti kao u kontrolnom tretmanu tj 14,5%. U uslovima stresa došlo je do smanjenja masa 1000 zrna za 11%, što je u saglasnosti sa rezultatima drugih autora (22,1% Zare i sar. 2011, 8,20% Fard i sar. 2013). Najverovatnije je posledica skraćenja perioda nalivanja što vodi nižoj akumulaciji suve materije u zrnu (Sanchez i sar., 2002; Garcia del Moral i sar., 2003b), kao i smanjenog stepena asimilacije i translokacije fotoasimilata.

Hektolitarska masa zrna, predstavlja težinu jednog hektolitara zrna izraženo u kilogramima. Između ostalog zavisi od sorte, uslova spoljašnje sredine, čistoće uzorka, sadržaja vlage, oblika zrna, kao i prisustva osja i primesa. Dobro naliveno zrno i visok sadržaj endosperma presudno utiču na visinu hektolitarske mase zrna. Velika hektolitarska masa je genetski uslovljena osobina i može biti dosta pouzdan indikator biološke plastičnosti sorte i njene sposobnosti prilagođavanja različitim ekološkim uslovima, a posebno njene otpornosti prema vazdušnoj suši i visokim temperaturama vazduha u fazi nalivanja zrna (Mišić i sar., 1998). Hektolitarska masa varirala je u kontrolnom tretmanu u intervalu od 67,9 kg do 81,7 kg, prosečna vrednost iznosila je 74,13 kg, a koeficijent varijacije 3,9%. U uslovima defolijacije dobijene su nešto niže vrednosti te je interval variranja od 64,6 kg do 78,5 kg, ostvarena je prosečna vrednost 72,94 kg i najniži koeficijent varijacije u odnosu na druge ispitivane osobine 3,1%. U relativnom smislu, ovde je došlo do smanjenja prosečne vrednosti osobine za 2%, pa je i hektolitarska masa osobina koju možemo smatrati veoma slabo osetljivom na sušu.

Jedna od osobina na koju je defolijacija listova imala najveći uticaj je ukupna biomasa, pre svega zbog potpunog uklanjanja listova. U kontrolnom tretmanu vrednosti su se kretale od 677,4 g do 2784 g, prosečna vrednost iznosila je 1682,2 g a koeficijent varijacije 22,9%. U tretmanu gde je izvršena defolijacija, izmerene vrednosti su se kretale od samo 331 g do 2181,5 g, prosečna vrednost iznosila je 1158,8 g a koeficijent varijacije 29,5%.

Žetveni indeks, izračunat iz odnosa težine ovršenog zrna i celokupne nadzemene mase biljaka, takođe je imao slične vrednosti u oba tretmana. U kontrolnom, vrednosti su bile u intervalu od 0,3 do 0,6, u proseku 0,41, sa koeficijentom varijacije 14,1%, dok je u tretmanu sa defolijacijom žetveni indeks varirao u intervalu od 0,2 do 0,6, sa prosekom 0,4 i koeficijentom varijacije 19%. Indeks klasa izračunat iz mase zrna po klasu i mase celog klasa, pokazao je nešto veće variranje po tretmanima. U kontrolnom vrednosti su se kretale u intervalu od 0,5 do 0,9, prosečna vrednost iznosila je 0,79, sa dosta niskim koeficijentom varijacije od 10,2%, a u tretmanu sa defolijacijom vrednosti su se kretale od 0,4 do 1, prosečna vrednost indeksa iznosila je 0,77, a koeficijent varijacije takođe nizak 12,9%. U relativnom smislu smanjenje žetvenog indeksa i indeksa klasa iznosilo je 2% i 3%, međutim pošto se indeks klasa ipak statistički značajno razlikovao u dva tretmana možemo ga smatrati veoma slabo osteljivom osobinom na uslove suše, dok je žetveni indeks u ovom istraživanju parametar tolerantan na sušu.

Prinos po klasu se očekivano, razlikovao po tretmanima. U kontrolnom vrednosti su se kretale od 0,6 g do 2,6 g, prosek je iznosio 1,33 g, a koeficijent varijacije je bio dosta visok 34,3%. Ovako veliki raspon između minimalnih i maksimalnih vrednosti se javlja usled toga što šestorede forme imaju veći broj zrna po klasu u odnosu na dvorede. U tretmanu sa defolijacijom vrednosti su pak išle od 0,3 g do 2,2 g, u proseku je masa zrna po klasu iznosila 1,15 g a koeficijent varijacije je takođe bio visok i iznosio je 32,4%. U uslovima stresa, prinos po klasu smanjio se za 14%.

Sadržaj proteina u zrnu, u kontrolnom tretmanu kretao se u intervalu od 9,6 % do 18,6 %, prosečna vrednost iznosila je 13,7%, a koeficijent varijacije 14,1%. U tretmanu sa defolijacijom ostvarene su nešto niže vrednosti sadržaja proteina, u intervalu od 8,6% do 16,8%, sa prosečnom vrednošću 12,0% i koeficijentom varijacije 13,7%. U stresnim uslovima sadržaj proteina bio je niži za 12%, što je u skladu sa rezultatima (Salekjalali i sar., 2012), koji su u uslovima suše imali značajno smanjenje sadržaja proteina u odnosu na kontrolu.

Sume aktivnih temperatura kojim se izražava dužina nalivanja zrna, u kontrolnom tretmanu bile su u intervalu od 678,2 do 950,5, u proseku 844,9 i koeficijentom varijacije 7,58%. U tretmanu sa defolijacijom sume temperatura tokom nalivanja su se kretale od 627,4 do 971,1, u proseku 846,3 i koeficijentom varijacije 8,65%. Statistički nema značajne razlike između dva tretmana, pa se može reći da uslovi defolijacije nisu uticali na dužinu trajanja nalivanja zrna ukoliko se on posmatra kroz sumu aktivnih temperatura od perioda cvetanja do pune zrelosti klasa. Intenzitet nalivanja zrna je veoma bitna osobina u istraživanjima koja se bave dinamikom nalivanja zrna, i u kontrolnim uslovima kretala se od 0,0358 mg zrno/°C do 0,0883 mg zrno/°C, u proseku 0,0603 mg zrno/°C. U uslovima stresa, nalivanje zrna je išlo nešto sporije, u intervalu od 0,0323 mg zrno/°C do 0,0866 mg zrno/°C, u proseku 0,0534 mg zrno/°C. Za razliku od dužine nalivanja zrna, intenzitet nalivanje u uslovima terminalne suše je opao za 12%, i možemo smatrati da je to osobina srednje osetljiva na uslove suše. Samarah (2005) je ispitivao genotipove ječma u tri režima gajenja (jaka, umerena suša i normalni uslovi), pri čemu je došao do zaključka da je intenzitet nalivanja u uslovima jače suše veći nego u normalnim i uslovima umerenog stresa, dok su Gonzales i sar. (2008) ispitujući sorte ječma u uslovima navodnjavanja i stresa došli do zaključka da je intenzitet nalivanja, kao i prinos, manji u uslovima stresa. Samarah i sar. (2005) ističe da je stres izazvan sušom skratio dužinu nalivanja zrna, te da su veći intenzitet nalivanja a kraće trajanje nalivanja veoma bitna adaptacija biljke na uslove terminalnog stresa. Intenzitet nalivanja zrna zavisi od broja ćelija endosperma formiranih tokom prve dve



nedelje nakon cvetanja (Broklehurst, 1977), dok temperatura u tom periodu ima znatno manji uticaj (Sofield i sar., 1977), da bi nakon toga trajanje nalivanja bilo u jakoj negativnoj korelaciji sa temperaturom (Stapper i Fischer, 1990). Kada su u pitanju agroekološki uslovi Srbije, u oplemenjivanju treba stvarati sorte krupnog zrna, visokog intenziteta ali umrene dužine kako biljke ne bi ušle u period visokih temperatura, što svakako izaziva redukciju prinosa.

## 5.2. Analiza varijanse ispitivanih osobina ječma

### 5.2.1. Trofaktorijalna analiza varijanse

Primenom trofaktorijalne analize varijanse utvrđena je značajnost efekata genotipa, tretmana, sredine (kombinacija lokaliteta i godine) i njihovih interakcija za ispitivane osobine 25 genotipova ječma (tabela 6.). Genotipovi su ispitivani u četiri sredine: Zemun Polje 2011, Školsko dobro 2011, Zemun Polje 2012 i Školsko dobro 2012.

Trofaktorijalnom analizom varijanse utvrđene su veoma značajne vrednosti F-testa ( $P < 0,01$ ) za uticaj faktora genotip na sve proučavane osobine, osim na trajanje nalivanja zrna, gde je vrednost F- testa značajna ( $P < 0,05$ ). Uticaj faktora genotip je bio najveći na dužinu klasa, broj zrna po klasu, broj sterilnih zrna, dužinu osja, masu 1000 zrna, sadržaj proteina i intenzitet nalivanja zrna. Uticaj faktora tretman pokazao je veoma značajne vrednosti F-testa ( $P < 0,01$ ) za prinos zrna, produkciju po klasu, biomasu, masu 1000 zrna, hektolitarsku masu, sadržaj proteina, indeks klasa i intenzitet nalivanja zrna. Naghahi i Asgharipour (2011); Zare i sar. (2011); Noshadifard i Zare (2012) su takođe ustanovili da je faktor tretmana, odnosno stres izazvan sušom nakon cvetanja ječma, bio značajno uticao na prinos, masu 1000 zrna i produkciju po klasu. Kod prinosa je uticaj tretmana (terminalne suše) bio najveći u odnosu na sve druge faktore. Veoma veliki i veoma značajan ( $P < 0,01$ ) uticaj tretmana na biomasu ne može se uzeti kao relevantan jer prouzrokovan kompletnim uklanjanjem listova. Uticaj faktora sredina imao je statistički veoma značajne ( $P < 0,01$ ) vrednosti F- testa za sve osobine osim za dužinu klasa. U ovom radu sredinu predstavlja kombinacija lokaliteta i godine, pri čemu su se vremenski uslovim 2011 i 2012 bitno razlikovali. Naime, 2012. godina je u periodu nakon klasanja i cvetanja pa do pune zrelosti bila sušnija i toplija u odnosu na 2011. pa se može se okarakterisati kao nepovoljnija (tabela 2.) Faktor sredine imao je najveći uticaj na visinu biljke, prosečnu produkciju po klasu, izloženost vršne

internodije, dužinu vršne internodije, hektolitarsku masu, žetveni indeks, indeks klasa i datum cvetanja.

Tabela 6. Trofaktorijalna analiza varijanse 25 genotipova dvoredog i šestoredog ječma (2011- 2012)

Osobina		Genotip G	Tretman T	Sredina E	G x T	G x E	T x E	G x T x E
Prinos zrna	F-test	35,31**	1377,39**	421,13**	5,5**	11,45**	13,43**	4,33**
	$\sigma^2$ (%)	11,4	35,7	21,8	3,6	14,8	1,4	11,2
Visina biljke	F-test	16,84**	10,3	1389,58**	1,51	2,54**	7,68	1,2
	$\sigma^2$ (%)	6,0	0,4	83,6	0,4	2,3	0,8	0,6
Produkcija po klasu	F-test	29,73**	131,33**	242,94**	6,7**	10,4**	25,34**	2,08**
	$\sigma^2$ (%)	18,0	6,5	24,3	7,2	23,6	4,9	5,4
Dužina klasa	F-test	453,42**	0,61	1,41	1,19	2,67**	4,93**	0,65
	$\sigma^2$ (%)	95,5	0,0	0,0	0,1	1,4	0,3	0,6
Broj zrna po klasu	F-test	1314,0**	0,11	466,99**	0,82	5,82**	3,49*	1,03
	$\sigma^2$ (%)	92,5	0,0	5,2	0,0	1,4	0,1	0,0
Broj sterilnih zrna	F-test	208,18**	10,39	29,44**	3,07**	3,91**	7,06**	2,38**
	$\sigma^2$ (%)	79,8	1,2	1,8	1,6	4,5	0,7	4,2
Dužina osja	F-test	132,08**	8,76	217,46**	0,95	5,49**	7,86**	0,7
	$\sigma^2$ (%)	65,3	0,7	17,3	0,0	8,9	1,1	1,2
Izloženost internodije	F-test	75,71**	3,4	1350,84**	1,61*	7,99**	33,99**	1,0
	$\sigma^2$ (%)	21,6	0,1	62,3	0,4	8,1	3,0	0,0
Dužina vršne internodije	F-test	82,51**	0,8	2204,85**	1,73*	9,52**	50,54**	1,54**
	$\sigma^2$ (%)	16,1	0,1	69,6	0,3	6,7	3,1	0,9
†Biomasa	F-test	20,93**	1045,39**	187,59**	2,12**	6,47**	8,0**	2,65**
	$\sigma^2$ (%)	11,7	49,0	6,7	1,3	12,8	1,3	7,8
Masa 1000 zrna	F-test	178,92**	848,66**	347,2**	3,17**	2,78**	9,29**	1,01
	$\sigma^2$ (%)	53,7	20,5	16,7	1,3	2,1	0,8	0,0
Hektolitarska masa	F-test	12,12**	65,26**	99,48**	1,03	1,26	83,41**	1,17
	$\sigma^2$ (%)	14,5	6,7	20,5	0,1	1,4	34,3	1,7
Sadržaj proteina	F-test	3,6**	374,62**	413,1**	1,52	1,9**	11,55**	0,55
	$\sigma^2$ (%)	77,9	0,0	11,3	0,3	8,0	0,0	0,0
Žetveni indeks	F-test	11,02**	0,96	124,66**	2,86**	14,7**	4,1**	1,53*
	$\sigma^2$ (%)	14,1	0,3	27,9	5,3	17,5	6,2	6,0
Indeks klasa	F-test	10,05**	26,68**	261,6**	3,85**	7,66**	6,73**	1,7**
	$\sigma^2$ (%)	8,3	1,9	38,4	5,2	24,5	1,7	5,2
Dužina nalivanja zrna	F-test	1,66*	0,07	12,06**	2,15**	1,98**	12,51**	2,32**
	$\sigma^2$ (%)	1,7	0,0	4,6	5,9	10,1	9,5	27,2
Intenz. naliv. zrna	F-test	49,38**	242,25**	105,57**	2,12**	1,69**	4,92**	1,74**
	$\sigma^2$ (%)	43,0	17,1	14,9	2,0	2,5	1,1	5,3
Datum cvetanja	F-test	56,97**	1,7	1207,88**	1,61*	6,1**	5,04**	1,13
	$\sigma^2$ (%)	19,3	0,4	66,5	0,4	7,0	0,4	0,4
Prosek	$\sigma^2$ (%)	36,1	7,8	27,4	1,9	8,8	3,9	4,3

\* statistički značajno na nivou ( $P < 0.05$ ); \*\* statistički veoma značajno na nivou ( $P < 0.01$ ); † uticaj tretmana na biomasi nije relevantan zbog potpunog uklanjanja listova u tretmanu sa defolijacijom

U proseku, za sve osobine u tabeli 6. najveći uticaj na varijabilnost osobina imao je faktor genotip (36,1%), sredina (27,4%) i tretman (7,8%). Uticaj interakcija prvog ( $G \times T$ ,  $G \times E$  i  $E \times T$ ) i drugog reda ( $G \times T \times E$ ) u proseku za sve osobine bio je slabiji od uticaja glavnih faktora. To se može objasniti velikim razlikama između godina, genotipova i tretmana gajenja, što je uticalo na slab efekat interakcija. Sa gledišta selekcije najznačajniji su izvor genetičke varijanse i interakcije genotipa sa spoljnom sredinom. Genetička varijansa  $G$  i  $F$ -test su bili veći od interakcija prvog reda  $G \times T$  i  $G \times E$  za sve osobine osim za prosečnu produkciju po klasu, biomasu, žetveni indeks, indeks klasa i dužinu nalivanja zrna kod kojih je bila jača interakcija  $G \times E$ , što ukazuje da je kod većine genotipova bilo značajnih razlika u posmatranim osobinama.

Značajne interakcije  $G \times T$  za pojedine osobine govore da je među ispitivanim genotipovima bilo razlika u njihovom odgovoru na stres izazvan defolijacijom listova. Ipak, kod svih ispitivanih osobina interakcija  $G \times E$  je bila veća od interakcije  $G \times T$ . Royo i sar. (2006) su takođe u svom istraživanju dobili mnogo značajniji efekat interakcije genotip  $\times$  lokalitet i genotip  $\times$  godina, u odnosu na genotip  $\times$  tretman (pri čemu je tretman bio vodni režim).

Interakcije drugog reda  $G \times T \times E$  su najveći uticaj imale na dužinu nalivanja zrna.

Kako je  $F$  testom utvrđeno da je od interakcija najveći uticaj imala  $G \times E$  i da kod velikog broja osobina postoji vrlo značajna razlika između tretmana, dvofaktorijalnom analizom varijanse može se analizirati ponašanje osobina genotipova u okviru svakog od njih.

### **5.2.2. Dvofaktorijalna analiza varijanse**

Dvofaktorijalnom analizom varijanse po tretmanima gajenja su kod većine ispitivanih osobina utvrđene veoma značajne vrednosti  $F$ - testa za uticaj genotipa, sredine i interakcije genotip  $\times$  sredina (tabela 7.). Faktor genotip je bio veoma značajan ( $P < 0,01$ ) za sve osobine u oba tretmana osim, za dužinu nalivanja zrna u tretmanu sa defolijacijom gde je uticaj značajan ( $P < 0,05$ ).

Faktor sredina je bio veoma značajan ( $P < 0,01$ ) za sve osobine u oba tretmana osim za dužinu klasa u uslovima defolijacije, kada nema značajnosti. Interakcija genotip x sredina je bila veoma značajna za sve osobine u oba tretmana, osim za hektolitarsku masu, dužinu klasa i intenzitet nalivanja zrna u uslovima stresa kada nije bilo statističke značajnosti.

Faktor genotip je u obe varijante gajenja najveći uticaj imao na dužinu klasa 95,5% u kontroli, i 95,8% u uslovima defolijacije. Najmanji uticaj faktor genotip je imao na žetveni indeks u kontrolnim uslovima 1,2%, i dužinu nalivanja zrna u uslovima defolijacije 1,8%.

Faktor spoljašnje sredine najveći uticaj u kontroli imao je na žetveni indeks 90,3%, a u uslovima stresa na visinu biljke 88,3%. Najmanji uticaj faktor sredina je imao na dužinu klasa i u kontrolnim 0,2% i u uslovima defolijacije 0,0%.

Interakcija genotip x sredina ukazuje na različite odgovore genotipova na uslove spoljne sredine, odnosno sezonu i lokalitet gajenja. Ova interakcija je najveći uticaj u kontrolnim uslovima imala je na dužinu nalivanja zrna 41,5%, a najmanji na broj zrna po klasu 1,3% i hektalitarsku masu 3,1%. U uslovima stresa, interakcija genotip x sredina, najveći uticaj je imala na produkciju po klasu 47%, a najmanji na dužinu klasa 0,9%, intenzitet nalivanja zrna 2,5% i hektolitarsku masu 7,7%.

U proseku, kod svih analiziranih osobina u kontrolnim uslovima, uticaj faktora genotip na ukupno variranje osobina iznosilo je 34,2%, faktora sredine 41,4% a njihove interakcija 13,4%. U uslovima stresa faktor genotip je uticao na varijabilnost osobina sa 36,5%, faktor sredina 34%, a njihova interakcija 15,8%.

Intenzitet nalivanja zrna bio je pod najvećim uticajem faktora genotipa 52,3% (kontrola) i 59,3% (defolijacija), u proseku za oba tretmana 55,8%. Ovo je u suprotnosti sa rezultatima koje je ispitujući genotipove ječma u četvorogodišnjem ogledu dobio Pržulj (2001), gde je učešće genotipa u ukupnoj varijabilnosti 0%, a interakcije genotip x godina 31,1%.

Sa druge strane, na dužinu nalivanja zrna najveći uticaj je imala interakcija G x E 41,5% (kontrola) i 25,7% (defolijacija), u proseku za oba tretmana 33,6%.

Na osnovu toga vidimo da je uticaj genotipa na intenzitet nalivanja zrna jače ispoljen u kontrolnim nego u uslovima terminalne suše, ali i ukazuje na značaj uslova spoljne sredine, prvenstveno temperatura, u procesu nalivanja zrna. Ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Pržulj i sar. (2001) koji su za isti parametar dobili visoko učešće interakcije genotip x godina, pa ističu da je kod dužine nalivanja ipak veoma bitna specifična reakcija genotipa na agroekološke uslove proizvodnje. Drugi autori, Campbell i sar. (1990) i Hunt i sar. (1991) navode da sorta ima najveći uticaj na intenzitet nalivanja, a godina, odnosno ekološki uslovi proizvodnje na dužinu trajanja nalivanja zrna kod ječma.

Produkcija po klasu je u uslovima stresa u većoj meri bila uslovljena interakcijom G x E 47% uticajem spoljne sredine 30,8%, dok je uticaj genotipa 8,1%. U kontrolnim uslovima ova osobina u zavisi od spoljne sredine 35,1%, dok je uticaj genotipa 26,9%, a interakcije G x E 26,4%. Produkcija po klasu u najvećoj meri zavisi od broja zrna po klasu i mase 1000 zrna. Kod broja zrna najveći uticaj i u kontrolnim i u stresnim uslovima imao faktor genotip 92,8% i 91,8%, kao i kod mase 1000 zrna kod koje je takođe genetička strana genotipova imala najveći uticaj u oba tretmana 68,4% (kontrola) i 70,5% (defolijacija). Međutim, u područjima u kojima se suša javlja u periodu nalivanja zrna, izvor asimilativa koji stoje na raspolaganju u vreme cvetanja ima glavnu ulogu u formiranju konačnog broja zrna i njihove veličine. Iako bi se očekivalo da će u uslovima stresa broj sterilnih zrna u većoj meri zavisiti od sredine, ili interakcija G x E, u ovom istraživanju u oba tretmana vrijabilnost ove osobine je bila pod uticajem genetske osnove 81,4% (kontrola) i 86,7% (defolijacija). Hektolitarska masa je u kontrolnim uslovima bila pod velikim uticajem spoljašnje sredine 71,6%, a genotipa 10,3% i interakcije G x E samo, 3,1%. U uslovima defolijacije ova osobina je u najvećoj meri uslovljena potencijalom genotipa 35,9%, dok sredina sa 11,8% i interakcija G x E sa 7,7% imaju manji uticaj. Kılıç i sar. (2010) su ispitujući genotipove ječma u uslovima suše na području Turske takođe ustanovili da je hektolitarska masa pod značajnim uticajem genotipa, dok interakcija genotip x godina ne utiče značajno.

Tabela 7. Dvofaktorijalna analiza varijanse 25 genotipova dvoredog i šestoredog ječma (2011- 2012)

Osobina		Kontrola			Defolijacija		
		Genotip G	Sredina E	G x E	Genotip G	Sredina E	G x E
Prinos zrna	F-test	16,89**	222,15**	8,22**	34,8**	284,87**	10,2**
	$\sigma^2$ (%)	10,9	42,9	36,2	22,0	39,0	32,0
Visina biljke	F-test	15,45**	795,61**	2,37**	6,26**	742,04**	1,82**
	$\sigma^2$ (%)	8,5	82,7	3,6	3,3	88,3	2,4
Produkcija po klasu	F-test	21,28**	157,81**	5,58**	12,17**	116,12**	7,62**
	$\sigma^2$ (%)	26,9	35,1	26,4	8,1	30,8	47,0
Dužina klasa	F-test	301,44**	5,84**	2,39**	239,3**	1,96	1,58
	$\sigma^2$ (%)	95,5	0,2	1,8	95,8	0,0	0,9
Broj zrna po klasu	F-test	797,3**	266,99**	3,83**	712,19**	271,99**	4,02**
	$\sigma^2$ (%)	92,8	4,9	1,3	91,8	5,6	1,5
Broj sterilnih zrna	F-test	105,4**	27,82**	3,84**	110,92**	12,07**	2,78**
	$\sigma^2$ (%)	81,4	3,1	9,1	86,7	1,2	5,7
Dužina osja	F-test	91,52**	184,26**	4,37**	68,83**	91,96**	3,1**
	$\sigma^2$ (%)	63,4	20,9	9,8	68,2	14,8	8,7
Izloženost internodije	F-test	58,9**	674,97**	4,7**	24,17**	630,84**	3,92**
	$\sigma^2$ (%)	29,4	58,2	8,0	14,6	72,5	9,8
Dužina vršne internodije	F-test	54,44**	972,81**	5,15**	47,26**	1773,37**	8,3**
	$\sigma^2$ (%)	21,6	67,7	7,3	10,9	78,8	8,1
Biomasa	F-test	9,9**	76,34**	4,95**	16,54**	153,87**	4,75**
	$\sigma^2$ (%)	12,3	28,4	39,3	20,1	40,7	25,5
Masa 1000 zrna	F-test	132,26**	294,76**	2,31**	78,04**	127,01**	5,58**
	$\sigma^2$ (%)	68,4	24,6	2,7	70,5	18,5	3,5
Hektolitarska masa	F-test	6,91**	240,69**	1,42	7,79**	14,61**	1,35
	$\sigma^2$ (%)	10,3	71,6	3,1	35,9	11,8	7,7
Sadržaj proteina	F-test	3,34**	421,11**	1,97**	7,3**	390,82**	2,94**
	$\sigma^2$ (%)	1,7	83,5	4,8	5,5	79,4	15,0
Žetveni indeks	F-test	4,9**	101,19**	2,83**	9,99**	66,53**	3,5**
	$\sigma^2$ (%)	1,2	90,3	4,1	18,8	29,2	29,0
Indeks klasa	F-test	3,56**	135,46**	2,58**	11,27**	143,37**	7,38**
	$\sigma^2$ (%)	2,7	58,1	17,3	6,6	36,8	43,1
Suma aktivnih temperature	F-test	2,47**	13,27**	2,72**	1,57	11,62**	1,81**
	$\sigma^2$ (%)	1,5	10,3	41,5	1,8	12,5	25,7
Intenz. naliv. zrna	F-test	30**	72,96**	2,45**	24,68**	45,42**	1,25
	$\sigma^2$ (%)	52,3	21,4	11,0	59,3	17,9	2,5
Prosek	$\sigma^2$ (%)	34,2	41,4	13,4	36,5	34,0	15,8

Tabela 7. (nastavak)

		Osobine merene pre defolijacije - kontrola		
		Genotip G	Sredina E	G x E
Datum	F-test	56,96**	1201,93**	6,07**
cvetanja	$\sigma^2$ (%)	18,7	70,8	7,5
Površina lista	F-test	20,55**	96,23**	2,26**
zastavičara	$\sigma^2$ (%)	39,5	32,4	10,9
Sadržaj	F-test	58,67**	7039,28**	32,9
hlorofila	$\sigma^2$ (%)	2,6	83,7	6,0

\* statistički značajno na nivou ( $P < 0.05$ ); \*\* statistički veoma značajno na nivou ( $P < 0.01$ ); † ostatak objašnjene varijanse do 100% čini varijansa greške

Biomasa je u kontrolnim uslovima u najvećem procentu varirala pod uticajem interakcije G x E 39,3%, dok je u uslovima defolijacije, kada je mehanički uklonjeno lišće sa biljke bila pod najvećim uticajem faktora spoljne sredine 40,7%. Što se tiče žetvenog indeksa, uticaj spoljne sredine u kontrolnim uslovima je mnogo veći, i iznosi 90,3% u odnosu na uslove defolijacije 29,2%. U uslovima defolijacije veći je i uticaj genotipa 18,8%, u odnosu na 1,2% u kontrolnim, kao i interakcije G x E 29%, u odnosu 4,1% u kontroli. Kako žetveni indeks predstavlja odnos između celokupne nadzemne mase biljke i mase ovršenog zrna, manji uticaj faktora sredine u uslovima defolijacije je posledica uklanjanja listova nakon cvetanja. Na indeks klasa u kontrolnim uslovima najveći uticaj je imao faktor sredine 58,1%, a uticaj interakcije G x E je iznosio 17,3%. U uslovima defolijacije uticaj sredine je nešto niži 36,8%, dok uticaj interakcije G x E raste i iznosi 43,1%. Sadržaj proteina je u najvećoj meri bio uslovljen spoljnom sredinom, u kontroli (83,5%) a u uslovima stresa (79,4%). Johansson i sar. (2005; 2008) ističu da je specifična kompozicija proteina kod pšenice i ječma determinisana genotipom kao faktorom, ali da je količina tj procenat različitih proteinskih grupa, pored genetičkog pod velikim uticajem faktora spoljne sredine (pristupačnog azota, temperature itd.).

Što se tiče prinosa kao najvažnije agronomske osobine, varijabilnost je u oba tretmana gajenja uslovljena u najvećoj meri spoljašnjom sredinom 42,9% (kontrola) i 39% (defolijacija). Visoko učešće interakcije 36,2% (kontrola) i 32%



(defolijacija) samo potvrđuje već poznatu činjenicu da je prinos kompleksna osobina koja zavisi od mnogih drugih činilaca, između ostalog uslova spoljne sredine. Slične rezultate, tj da je varijabilnost genotipova ječma u najvećoj meri bila uslovljena faktorom sredine, uz značajno interakcije G x E dobili su i drugi autori, Pržulj (2001), Mamnouie i sar. (2006), Setotaw i sar. (2014). Uticaj genotipa u stresnim uslovima je nešto veći 22%, dok je u kontrolnim 10,9%, pa genetske razlike u potencijalu za prinos ispitivanih genotipova više dolaze do izražaja u uslovima stresa.

### 5.3. Koeficijenti varijacije i heritabilnost ispitivanih osobina ječma

Varijabilnost predstavlja osnovu oplemenjivanja biljaka, a podrazumeva razlike između individua, kako zbog različitih genetskih osnova tako i zbog različitih uslova u kojima se biljke gaje (Singh, 2000). Varijabilnost je značajna kako sa aspekta konzervacije biljnih resursa tako i kod procesa odabira roditelja za nova ukrštanja. Genetičku varijabilnost čini variranje koje nastaje pod uticajem nasledne osnove, a ekološka varijabilnost je rezultat uticaja spoljašnjih faktora. Genetička i ekološka varijabilnost zajedno čine fenotipsku varijabilnost, dok udeo genetičke varijabilnosti u fenotipskoj predstavlja meru naslednosti odnosno koeficijent heritabilnosti u širem smislu ( $h^2$ ). Kao komponenta ukupne fenotipske varijabilnosti interakcija  $G \times E$  utiče negativno na koeficijent heritabilnosti, i što je ova komponenta veća heritabilnost je niža a uspeh selekcije je limitiran (Annicchiarico, 2002). U tabeli 8. prikazani su koeficijenti genetičke ( $CV_g$ ) i fenotipske ( $CV_f$ ) varijacije i procena heritabilnosti u širem smislu ( $h^2$ ) za ispitivane osobine po tretmanima.

Vrednost koeficijenta genotipske varijacije u kontrolnim uslovima je bila najniža za hektolitarsku masu 1,4%, a u uslovima stresa za dužinu nalivanja zrna 1,2%, dok je najveća vrednost u oba tretmana bila za broj sterilnih zrna 72,4% kontrola, i 76,1% defolijacija. Koeficijent fenotipske varijabilnosti u kontrolnim uslovima imao je najniže vrednosti za hektolitarsku masu 1,5%, a u uslovima stresa za datum cvetanaja 1,6%. Najveća vrednost koeficijenta fenotipske varijabilnosti je bila u oba tretmana za broj sterilnih zrna, u kontroli 73,8% a u defolijaciji 73,1%. U proseku za sve ispitivane osobine, vrednosti koeficijenata genetičke i fenotipske varijabilnosti su bile nešto veće u uslovima stresa ( $CV_g$  14,9% i  $CV_f$  16,5%) u odnosu na kontrolne uslove ( $CV_g$  14,7% i  $CV_f$  15,8%). Koeficijenti fenotipske varijacije se nisu značajno razlikovali od odgovarajućih genotipskih u oba tretmana, ali su imali veće apsolutne vrednosti.

Tabela 8. Koeficijenti genetičke i fenotipske varijacije (u %) i heritabilnost (u%) u širem smislu za ispitivane osobine 25 genotipova ječma, u kontrolnim i uslovima defolijacije

Osobina	Kontrola			Defolijacija		
	CVg	CVf	h <sup>2</sup>	CVg	CVf	h <sup>2</sup>
Prinos zrna	9,8	13,7	51,3	17,2	20,4	71,2
Visina biljke	6,3	6,9	84,7	4,5	5,4	71,0
Produkcija po klasu	18,8	21,4	77,0	8,7	15,1	37,4
Dužina klasa	20,8	20,9	99,2	20,5	20,6	99,3
Broj zrna po klasu	38,5	38,6	99,5	35,6	37,7	99,4
Broj sterilnih zrna	72,4	73,8	96,4	76,1	77,1	97,5
Dužina osja	6,9	7,1	95,2	6,6	6,8	95,5
Izloženost intern.	36,1	37,7	92,0	31,8	34,7	83,8
Dužina vršne intern.	8,7	9,2	90,5	7,7	8,5	82,4
Biomasa	8,3	11,7	50,1	13,9	16,5	71,3
Masa 1000 zrna	12,5	12,5	98,3	12,6	12,7	97,5
Hektolitarska masa	1,4	1,5	79,5	1,9	2,0	82,7
Sadržaj proteina	2,1	3,2	41,1	3,4	4,4	59,7
Žetveni indeks	3,8	5,8	42,2	8,5	10,6	64,9
Indeks klasa	1,8	2,7	27,5	3,5	5,9	34,5
Suma aktivnih temp.	2,1	3,2	15,0	1,2	3,1	10,2
Intenz. naliv. zrna	12,9	13,5	91,8	14,4	14,7	94,9
Prosek %	14,7	15,8	73,4	14,9	16,5	74,4
Osobine merene pre defolijacije						
	CVg	CVf	h <sup>2</sup>			
Datum cvetanja	1,5	1,6	89,3			
Povr. lista zastav.	17,4	18,5	89,0			
Sadržaj hlorofila	4,9	6,9	51,1			

U proseku za sve osobine, koeficijent heritabilnosti je bio visok u oba tretmana, 73,4% u kontrolnom i 74,4% u defolijaciji. Najveći koeficijent heritabilnosti u oba tretmana bio je za broj zrna po klasu 99,5% u kontrolnom, odnosno 99,4% u uslovima stresa, a najniži za dužinu nalivanja zrna, 15% u kontrolnom i 10,2% u uslovima stresa

Veoma visoke vrednosti koeficijenta heritabilnosti (preko 90%) u oba tretmana dobijene su za dužinu klasa, broj zrna po klasu, broj sterilnih zrna, dužinu osja, masu 1000 zrna i intenzitet nalivanja zrna, te je zavisnost ovih osobina od uslova spoljne sredine bila mala. I drugi autori su dobili veoma

visoke koeficijente heritabilnosti za dužinu osja i dužinu vršne internodije (Singh, 2011), broj zrna po klasu (Singh, 2011; Muhammad i sar., 2012; Al Tabbal i Al Fraihat, 2012), dužinu klasa i masu 1000 zrna (Muhammad i sar., 2012; Al Tabbal i Al Fraihat, 2012). Visoke vrednosti koeficijenta heritabilnosti (70 do 90%) u oba tretmana dobijena su za visinu biljke, i hektolitarsku masu. Kod ječma koeficijent heritabilnosti za izloženost i dužinu vršne internodije je bio veoma visok u kontrolnim uslovima, a u uslovima stresa visok. Produkcija po klasu je u kontrolnim uslovima imala visok, a u defolijaciji nizak koeficijent heritabilnosti (ispod 40%). Ovo ukazuje da produkcija po klasu u uslovima stresa ne bi bila pouzdan selekcionni kriterijum za povećanje prinosa. U tom slučaju selekciju bi trebalo vršiti direktno na prinos (kod kog je koeficijent heritabilnosti 71,2%) i to povećanjem broja biljaka po m<sup>2</sup>. Što se tiče biomase i ukupnog prinosa, heritabilnost je u uslovima defolijacije bila visoka (71,3% i 71,2%), a u kontrolnim uslovima srednja (51,1% i 53,1%). Srednju vrednost heritabilnosti za biomasu (41,3%), a visoku za ukupan prinos (71,4%) dobili su i Verma i Verma (2011); Jalata i sar. (2011), dok je Dodig (2000) ispitujući prinos dvorednih i šestorednih ječmova dobio umereno visok koeficijent 65,9%. Ovi koeficijenti ukazuju da bi selekcija na prinos u uslovima suše bila efikasnija od selekcije u kontrolnim uslovima. Činjenicu da je prinos zrna veoma kompleksna osobina, na čije ispoljavanje utiče veći broj činilaca i njihove interakcije tokom vegetacionog i reproduktivnog perioda, potvrđuju i visoke vrednosti heritabilnosti za komponente prinosa koje su iznosile preko 90%. Zbog visokih vrednosti kako koeficijenta genetičke varijabilnosti tako i heritabilnosti, selekciju bi više trebalo usmeriti na ove sekundarne osobine nego na sam prinos, jer će njihova fenotipska ekspresija biti dobar indikator njihovog genetskog potencijala.

Srednja heritabilnost (40 do 60%) je dobijena za sadržaj proteina u oba, i žetveni indeks u kontrolnom tretmanu. Goblirsch i sar. (1996) su dobili koeficijent heritabilnosti za sadržaj proteina u tenu ječma od 26 do 41%, a Verma i Verma (2011) za žetveni indeks 64%. Niska heritabilnost (ispod 40%)

dobijena je za indeks klasa i dužinu nalivanja u oba tretmana, dok su Al Tabbal i Al Fraihat (2012) za dužinu nalivanja dobili visoku heritabilnost. Osobine kod kojih je heritabilnost bila niža ne mogu se uzeti kao pouzdan selekcion kriterijum zbog većeg uticaja spoljne sredine na njihovo ispoljavanje.

Što se tiče osobina koje su merene pre uklanjanja listova i simulacije suše, koeficijent heritabilnosti je bio visok za datum cvetanja i površinu lista zastavičara, što je u skladu sa rezultatima koje je dobio (Singh, 2011). Uslovi spoljne sredine imali su veći uticaj na sadržaj hlorofila kod kog je heritabilnost srednja. Slične rezultate je ispitujući genotipove ječma i tritikalea dobio i Mohammed (2012), kod kojih se koeficijent heritabilnosti u zavisnosti od lokaliteta kretao od 20,51% do 54,87%.

#### **5.4. Prosečne vrednosti ispitivanih agronomskih osobina dvoredih i šestoredih genotipova ječma**

U ovom poglavlju biće predstavljene ispitivane agronomske osobine, (osim prinosa i komponenti prinosa), kod kojih je postojala statistički značajna razlika ( $P < 0.05$ ) između dve forme ječma (tabela 9.). Kod dvoredih i šestoredih genotipova ječma t- testom nije utvrđena statistički značajna razlika ( $P < 0.05$ ) između kontrole i defolijacije, kao i za njihov prosek kod sledećih osobina: sadržaja hlorofila, visine biljke, dužine vršne internodije, izloženosti vršne internodije, dužine osja, žetvenog indeksa, sadržaja proteina i sume aktivnih temperatura kojima je izražena dužina perioda nalivanja zrna.

Statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) dobijena je između datuma cvetanja, kod dvoredih je iznosila 120,7 dana, a kod šestoredih genotipova 122,7 dana. Ovo je u skladu sa rezultatima koje su ispitujući šestorede i dvorede ječmove različite ranostasnosti dobili Dodig (2010) i Bavei i sar. (2011). Kod oba autora su ranostasniji genotipovi bili i prinosniji. Alvaro i sar. (2008) ističu da je skraćenje perioda do cvetanja dobra strategija kod oplemenjivanja za uslove kada se javlja terminalna suša. Ranostasnije sorte uspevaju da formiraju najveći deo prinosa pre pojave visokih temperatura i sušnih perioda, dok kod kasnostasnih dolazi do prinudnog sazrevanja i smanjenja prinosa (Pržulj i Momčilović, 1998). S druge strane Ceccarelli (2013) navodi da je na području Mediterana, koje karakterišu nedostatak padavina i visoke temperature tokom leta, ranostasnost, iako efikasan mehanizam za izbegavanje stresa, neophodna ali ne i dovoljna za postizanje maksimalne stabilnosti prinosa. Sadržaj hlorofila u listu zastavičaru, izražen u SPAD jedinicama bio je veći kod dvoredih (42,5) u odnosu na šestorede genotipove (41,3), što je u skladu s rezultatima koje su dobili Xue i sar. (2008). Za površinu lista zastavičara između dve forme ječma ustanovljena je statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ). Kod dvoredih iznosila je 8,7 cm<sup>2</sup>, a kod šestoredih genotipova 10,8 cm<sup>2</sup>. Ovo je u skladu sa rezultatima koje

je dobio Mohammed (2004), na biljkama dvoredog ječma gajenim u normalnim uslovima.

Prosečna dužina klasa kod dvoredih i šestoredih formi se statistički razlikovala i iznosila je 9,1 cm odnosno 6,4 cm, što je u skladu sa rezultatima Dodig (2000), Knežević (2014) i Bratković (2014). Šestoredi ječmovi po jedinici dužine klasa sadrže veći broj zrna u odnosu na dvorede ječmove, pa kod njih i malo povećanje dužine klasa prati značajnije povećanje broja zrna u klasu (Stojanović i sar., 1998). Između istih formi u tretmanu sa defolijacijom u odnosu na kontrolni nije bilo statistički značajne razlike.

Između formi ječma, u proseku za oba tretmana, ustanovljena je značajna razlika u dužini osja, kod dvoredih je iznosila 11,7 cm a kod šestoredih 12,3 cm. Kod šestoredih formi, značajno veća dužina osja dobijena je u kontrolnom u odnosu na tretman sa defolijacijom. Yazdchi i sar. (2008) su takođe dobili dužinu osja kod jarog ječma na nivou ovih rezultata, a i kod njih je u uslovima terminlane suše zabeleženo skraćanje dužine u odnosu na kontrolu.

Broj sterilnih zrna po klasu je važna agronomska osobina jer preko mase zrna po klasu utiče i na prinos. Lalić (1988) je u svojim ispitivanjima utvrdio veoma značajno veći broj sterilnih klasića kod populacija šestoredog ječma u odnosu na populacije dvoredog. Sterilnost klasića, a samim tim i zrna po klasu značajno utiče na veće variranje mase zrna po klasu odnosno prinosa zrna šestoredih ječmova u odnosu na dvorede, naročito u nepovoljnim godinama, kasnijim rokovima setve i na nepovoljnim zemljištima (Dodig, 2000). U ovom istraživanju, podaci su u skladu sa rezultatima (Dodig, 2000; Garcia del Moral i sar., 2003a), dobijena je statistički veoma značajna razlika u broju sterilnih zrna između dvoredih 1,5 i šestoredih formi 7,0. Pored toga, kod dvoredih nije bilo statistički značajnog povećanja broja sterilnih zrna u uslovima suše, dok je kod šestoredih ovo povećanje statistički značajno.

Pored uticaja na kvalitet zrna visoka hektolitarska masa zrna značajno utiče i na povećanje prinosa (Stojanović, 1993). Kod ispitivanih sorti ječma dobijena je statistički značajna razlika između prosečnih vrednosti kod

dvoredih (74 kg) i šestoredih formi (72,8 kg). Veće vrednosti hektolitarske mase kod dvoredih genotipova dobili su i (Schwarz i Horsley, 1995; Dodig, 2000; Brand i sar., 2003). U uslovima stresa došlo je do statistički značajnog smanjenja hektolitarske mase, kod dvoredih (1,3%) i kod šestoredih formi (2,3%).

Tabela 9. Prosečne vrednosti ispitivanih osobina dvoredih i šestoredih genotipova ječma, po tretmanima i ukupno (2011 i 2012)

Osobina	Tip klasa	Kontrola	Defolijacija	Prosek za oba tretmana
Visina biljke	2	65,5aA	62,6aA	63,9A
	6	63,3aA	59,5aA	61,2A
Produkcija po klasu	2	1,16aB	1,07bB	1,11B
	6	1,58aA	1,27bA	1,43A
Dužina klasa	2	9,2aA	9,1aA	9,1A
	6	6,4aB	6,4aB	6,4B
Broj sterilnih zrna po klasu	2	1,4aB	1,5aB	1,5B
	6	6,5aA	7,5bA	7,0A
Dužina osja	2	11,7aB	11,7aB	11,7B
	6	12,5aA	12,2bA	12,3A
Izloženost vršne internodije	2	5,0aA	4,9aA	4,9A
	6	5,4aA	5,2aA	5,3A
Dužina vršne internodije	2	24,2aA	24,1aA	24,2A
	6	23,8aA	23,4aA	23,6A
Biomasa	2	1792,7aA	1282,5bA	1537,6A
	6	1516,6aB	975,6bB	1246,1B
Hektolitarska masa	2	74,5aA	73,5bA	74,0A
	6	73,6aB	71,9bB	72,8B
Sadržaj proteina	2	13,8aA	12,1bA	12,9A
	6	13,5aA	11,9bA	12,7A
Žetveni indeks	2	0,41aA	0,41aA	0,41A
	6	0,41aA	0,39aA	0,40A
Indeks klasa	2	0,79aA	0,79aA	0,79A
	6	0,78aA	0,74aB	0,75B
Dužina nalivanja zrna	2	848,5aA	844,7aA	846,6A
	6	839,6aA	848,8aA	844,2A



Tabela 9. (nastavak)

Osobine merene pre defolijacije		
Osobina	Tip klasa	Kontrola
Datum cvetanja*	2	120,7B
	6	122,7A
Sadržaj hlorofila*	2	42,5A
	6	41,3A
Površina lista zastavičara*	2	8,7B
	6	10,8A

*Srednje vrednosti osobina označene različitim malim slovom u istom redu i tipu ječma se statistički značajno razlikuju po tretmanima ( $P < 0.05$ ); Srednje vrednosti osobina označene različitim velikim slovom u istoj koloni u okviru tretmana statistički se značajno razlikuju po tipu ( $P < 0.05$ ); \* osobine merene pre defolijacije*

Produkcija po klasu je komponenta prinosa koja zavisi od broja zrna, krupnoće i stepena nalivenosti samog zrna. Pokazuje visoku varijabilnost i može biti pod jakim uticajem spoljnih faktora, što je potvrđeno i u ovom radu. Koeficijent heritabilnosti za ovu osobinu u uslovima defolijacije je bio dosta nizak (37,4%). Značajno veća produkcija po klasu dobijena je kod šestoredih 1,43 g u odnosu na dvorede 1,11 g, forme ječma, što je u skladu s rezultatima drugih autora (Lalić, 1988; Stojanović i sar., 1998). U uslovima stresa kod dvoredih formi došlo je do statistički značajnog pada produkcije po klasu za 7,8%, a kod šestoredih za čak 19,6%.

Istaživanja su pokazala da je povećanje prinosa kod ječma u direktnoj vezi sa povećanjem žetvenog indeksa sa 30 na 55% (Cattivelli i sar., 1994; Slafer i sar., 1994) dok je tokom godina ukupna biomasa ostala skoro nepromenjena, zbog kodominantnog smanjenja visine biljke uvođenjem elitne germplazme sa genima za smanjenje visine biljke.

Između dve forme ječma dobijena je statistički značajna razlika za ukupnu biomasu po m<sup>2</sup>, kod dvoredih je u proseku za oba tretmana iznosila 1537,6 g/m<sup>2</sup> a kod šestoredih 1246,1 g/m<sup>2</sup>. Statistički je značajna razlika i između dve forme u okviru istog tretmana. Ovi podaci nisu u saglasnosti s rezultatima

Bensemene i sar. (2011) kod kojih su šestoredne forme imale veću biomasu od dvorednih. Kao što je i očekivano, u tretmanu gde je izvršena defolijacija, zbog zakidanja svih listova na stablu, kod obe forme, dobijene su značajno niže vrednosti nego u kontrolnom. Kod dvorednih ovo smanjenje iznosilo je 28,5%, odnosno sa 1792,7 g/m<sup>2</sup> na 1282,5 g/m<sup>2</sup>, a kod šestorednih 35,7%, sa 1516,6 g/m<sup>2</sup> na 975,6 g/m<sup>2</sup>. Zare i sar. (2011) su kod dvorednih genotipova ječma u uslovima terminalne suše dobili smanjenje biomase za 31,3%. Fekadu i sar. (2011) su u normalnim uslovima kod šestorednih formi ostavili prinos biomase od 1485,5 g/m<sup>2</sup>, a u sušnim uslovima 988,7 g/m<sup>2</sup>, što je smanjenje za 33,4%.

Indeks klasa je izvedena osobina, izračunata iz odnose mase zrna po klasu i mase celog klasa. Kod dvorednih formi iznosila je 0,79, a kod šestorednih 0,75, što je statistički značajna razlika. Kod dvorednih ječmova, poređenjem vrednosti u kontrolnom i tretmanu sa defolijacijom nije došlo do promene ove vrednosti. Međutim kod šestorednih, indeks klasa je u uslovima stresa iznosio 0,74 što je statistički značajno manje nego vrednost u kontroli 0,78. Ovo je posledica mnogo većeg smanjenja produkcije po klasu u uslovima stresa kod šestorednih u odnosu na dvoredne ječmove.

Sadržaj proteina kod ječma značajno utiče na kvalitet ali u zavisnosti od namene sorte. Ukoliko je namena, proizvodnja slada u pivarskoj industriji, potrebno je da sadržaj proteina bude od 8,5 do 12%, dok je kod onih namenjenih proizvodnji stočne hrane i industriji poželjan što veći sadržaj proteina. Što se tiče prosečnog sadržaja proteina između dvorednih (12,9%) i šestorednih (12,7%) genotipova ječma, nije bilo statistički značajne razlike. Kod dvorednih genotipova slične vrednosti za sadržaj proteina dobili su i Rajala i sar. (2007), Lalić i sar. (2009) i Pržulj i sar. (2014). Pessaraki i sar. (2005) u ulovima navodnjavanja 13,5%. Međutim, sadržaj proteina kod dvorednih u kontrolnim uslovima iznosio je 13,8%, a u stresnim 12,1%, kod šestorednih u kontrolnim 13,5% u stresnim 11,9%, što je u oba slučaja statistički značajna razlika. Ovi podaci nisu u saglasnosti sa generalnim stavom da je u sredinama sa manjom količinom padavina tokom proleća sadržaj proteina veći. Pržulj i sar. (2005), ovo

objašnjavaju činjenicom da u uslovima stresa zbog visokih temperatura i nedostatka vode tokom perioda nalivanja zrna dolazi do ranijeg gubitka hlorofila, slabije asimilacije i manjeg usvajanja azota, te u godinama sa nepovoljnim uslovima tokom generativnog perioda razvoja, ozimi ječam ima manji sadržaj proteina.

Što se tiče dužine trajanja nalivanja, između dve forme ječma nije bilo statistički značajnih razlika što je u skladu sa rezultatima koje je dobio Le Gouis (1993), ali je taj period ipak malo duži kod dvoredih ječmova. Ho i Jui (1989) su ispitujući genotipove jarih ječmova takođe došli do zaključka da je dužina nalivanja kod dvoredih nešto veća nego kod šestoredih formi.

## 5.5. Prinos i komponente prinosa ječma

Složenost prinosa kao osobine, poligeni način nasleđivanja i razne interakcije ukazuju daveliki napredak predstavljaju i manja povećanja prinosa i kvaliteta ječma (Pržulj i Momčilović, 1998). Vrlo često u formiranju krajnjeg prinosa dolazi do kompenzacijskih odnosa između komponenti prinosa tj. smanjenjem jedne komponente nadoknađuje se povećanjem druge (Jovanović i sar., 1992).

Za ispitivane genotipove ječma izračunat je Spearmanov koeficijent korelacije ranga ( $r_s$ ) za prinos u kontrolnim i uslovima defolijacije koji je iznosio (0,647\*\*). Visoko značajna veza između rangova genotipova u dva tretmana govori da su se oni ponašali slično, odnosno da se njihovi rangovi prinosa u dva tretmana nisu značajno menjali.

### 5.5.1. Prinos i komponente prinosa dvoredih i šestoredih genotipova ječma

Između dvoredih i šestoredih genotipova ječma, na osnovu t -testa utvrđeno je postojanje značajnih razlika za prinos i komponente prinosa i u kontrolnom i u tretmanu sa defolijacijom (tabela 10.).

Prosečni prinos dvoredih ječmova je bio veći za 14,6% u kontroli, i 25,1% u defolijaciji u odnosu na šestorede. U proseku prinos dvoredih je za 19% bio veći u odnosu na šestorede. Veći prinos dvoredih u odnosu na šestorede dobili su i (Schwarz i Harsley, 1995 i Bratković, 2014) u čijim istraživanjima su dvoredi ječmova bili prinosniji od šestoredih. Međutim, ovi rezultati nisu u saglasnosti sa drugim autorima (Jui i sar., 1997; Le Gouis i sar., 1999; Madre, 2004) koji su utvrdili značajno veće prinose šestoredih u odnosu na dvorede forme ječma.

Što se tiče poređenja značajnosti razlika između prinosa po tretmanima, utvrđeno je da su dvoredi genotipovi u kontrolnim uslovima imali prosečan prinos zrna 7419 kg/ha što je statistički veoma značajno više u odnosu na

ostvaren prosečni prinos u uslovima stresa 5279 kg/ha. Šestoredi genotipovi su u kontrolnim uslovima ostvarili statistički veoma značajno veći prosečni prinos 6337 kg/ha u odnosu na uslove stresa 3954 kg/ha. Generalno, smanjenje prinosa kod dvoredih genotipova u ulovima stresa u odnosu na kontrolne iznosilo je 28,8%, dok je kod šestoredih bilo nešto veće i iznosilo je 37,6%.

Tabela 10. Prinos i komponente prinosa za dvorede i šestorede genotipove ječma u proseku za sve četiri sredine (Zemun Polje 2011, Školsko dobro 2011, Zemun Polje 2012 i Školsko dobro 2012)

Osobina	Tip klasa	Kontrola	Defolijacija	Prosek za oba tretmana
Prinos (kg/ha)	2	7419aA	5279bA	6349A
	6	6337aB	3954bB	5145B
Masa 1000 zrna (g)	2	49,5aA	44,7bA	47,1A
	6	41,7aB	37,0bB	39,4B
Broj zrna	2	26,0aB	26,2aB	26,1B
	6	53,1aA	53,6aA	53,4A
Intenz. naliv. zrna mg zrna <sup>-1</sup> SAT <sup>-1</sup>	2	0,0642aA	0,0575bA	0,0609A
	6	0,0544aB	0,0470bB	0,0507B

*Srednje vrednosti osobina označene različitim malim slovom u istom redu i tipu ječma se statistički značajno razlikuju po tretmanima (P<0.05); Srednje vrednosti osobina označene različitim velikim slovom u istoj koloni u okviru tretmana statistički se značajno razlikuju po tipu (P<0.05)*

Kada se pogledaju komponente prinosa i tu ima značajnih razlika zavisno od tretmana i tipa klasa. U oba tretmana dvoredi ječam imao je veću masu 1000 zrna i veći intenzitet nalivanja zrna ali manji broj zrna po klasu u odnosu na šestorede genotipove, što je u saglasnosti sa rezultatima koje su dobili Garcia del Moral i sar. (2003a).

Masa 1000 zrna predstavlja direktnu komponentu prinosa zrna, koja se iako je sortna osobina, menja pod uticajem uslova spoljne sredine. Ukazuje na krupnoću i veličinu zrna i važan je kriterijum u oplemenjivanju ječma. Masa 1000 zrna međutim nije samo komponenta prinosa, već i veoma važna komponenta kvaliteta zrna pivarskog ječma (Ullrich, 2002), jer će teža zrna imati veći sadržaj skroba a niži sadržaj proteina (Schwarz i Li, 2011). Za razliku

od broja zrna po klasu, dvoredi ječmovi su po masi 1000 zrna dominantniju u odnosu na šestorede forme. To pokazuju i rezultati ovih istraživanja gde su dvorede forme imale masu 1000 zrna od 47,1 g, a šestorede 39,4 g što je statistički veoma značajna razlika. Ovo je u skladu sa rezultatima koje je objavio Ullrich (2002) da je kod dvoredih ječmova masa 1000 zrna u proseku 46 g, a kod šestoredih 39 g, kao i sa Kolodinska-Brantestam i sar. (2008), Zare i sar. (2011). U uslovima stresa, došlo je do smanjenja mase 1000 zrna kod dvoredih formi za 9,7%, a kod šestoredih za 11,3%, i u oba slučaja je smanjenje statistički značajno. Fard i sar. (2013) su u uslovima terminalne suše kod dvoredih formi zabeležili smanjenje od 8,2% a Zare i sar. (2011) od 22,1%. Kao i u ovom istraživanju, Samarah i sar. (2009) i Vaezi i sar. (2010) su u uslovima suše nakon cvetanja, kod šestoredih genotipova, dobili veće smanjenje mase 1000 zrna u odnosu na dvorede.

Broj zrna po klasu je direktna komponenta prinosa zrna. Pošto zavisi od broja klasića ali i uspeha oplodnje veoma je varijabilna. Kod dvoredih i šestoredih formi određen je brojem članaka na vretenu klasa, pri čemu su kod šestoredih sva tri klasića fertilna, a kod dvoredih samo centralni, pa samim tim je i broj zrna manji. Između dvoredih i šestoredih formi dobijena je statistički značajna razlika u prosečnom broju zrna po klasu 27,5 naspram 53,4 što je na nivou drugih autora (Pržulj i sar., 2001; Zare i sar., 2011; Pržulj i Momčilović, 2012). Kada se uporedi broj zrna po tretmanima, kod dvoredih formi u uslovima defolijacije dobijen je veći broj zrna u odnosu na kontrolu, dok je kod šestoredih došlo do smanjenja od 0,9% što statistički nije značajno. Ovi rezultati nisu u saglasnosti sa drugim autorima koji dobijaju manji broj zrna u uslovima stresa od 4,5% kod dvoredih do 12% kod šestoredih Bavei i sar. (2011); Zare i sar. (2011).

Između dvoredih i šestoredih formi ječma intenzitet nalivanja se statistički značajno razlikovao  $0,0609 \text{ mg zrna}^{-1} \text{ SAT}^{-1}$  prema  $0,0507 \text{ mg zrna}^{-1} \text{ SAT}^{-1}$ . Veći prosečni intenzitet nalivanja kod dvoredih u odnosu na šestorede genotipove dobio je i Le Gouis (1993). Pržulj (2001) je u četvorogodišnjim istraživanjima

kod dvoredih formi dobio intenzitet (izračunat preko sume aktivnih temperatura) u rasponu od 0,068 mg zrno<sup>-1</sup> SAT<sup>-1</sup> do 0,082 mg zrno<sup>-1</sup> SAT<sup>-1</sup>, sa prosečnim stepenom nalivanja 0,0737 mg zrno<sup>-1</sup> SAT<sup>-1</sup>, a kod šestoredih od 0,058 mg zrno<sup>-1</sup> SAT<sup>-1</sup> do 0,08 mg zrno<sup>-1</sup> SAT<sup>-1</sup>, sa prosekom 0,0717 mg zrno<sup>-1</sup> SAT<sup>-1</sup>. U uslovima stresa kod dvoredih formi, došlo je do značajnog smanjenja intenziteta nalivanja (za 10,4%), sa 0,0642 mg zrno<sup>-1</sup> SAT<sup>-1</sup> na 0,0575 mg zrno<sup>-1</sup> SAT<sup>-1</sup>, a kod šestoredih sa 0,0544 mg zrno<sup>-1</sup> SAT<sup>-1</sup> na 0,047 mg zrno<sup>-1</sup> SAT<sup>-1</sup>, odnosno 13,6%. Savin i sar. (1996) su gajenjem dvoredih sorti u uslovima stresa izazvanog samo sušom dobili smanjenje stepena nalivanja za 12%, a u uslovima i suše i visokih temperatura za 17,7%. Long i sar. (1998) su poređenjem vrednosti ovog parametra u sušnim i uslovima navodnjavanja dobili niži intenzitet u uslovima suše.

Nakon što je formiran ukupan broj klasova po m<sup>2</sup> i broj zrna po klasu, prinos kod strnih žita je proporcionalan težini zrna (Wiegand i Cuellar, 1981), koja je u funkciji intenziteta i trajanja nalivanja zrna. Pržulj (2001) smatra da intenzitet i dužina trajanja nalivanja zrna imaju suprotan efekat na prinos, a da samim tim što je intenzitet u pozitivnoj korelaciji više pažnje treba obratiti upravo na njega. Darroch i Baker (1990) ističu da je veća težina zrna povezana sa brzinom nalivanja (intenzitetom), jer genotipovi kod kojih nalivanje traje duže rizikuju da uđu u period visokih temperatura koje mogu značajno da redukuju prinos i kvalitet zrna (Pržulj i Momčilović, 1998). Acevedo i sar. (1991) navode da dvoredi genotipovi generalno imaju teža zrna od šestoredih, naročito u uslovima sa nedovoljno padavina. Voltas i sar. (1999a) ukazuju da su šestoredi ječmovi podložniji negativnom uticaju abiotičkog stresa (visokih temperatura i suše) u odnosu na dvorede. Pored toga, Velasco (1998) smatra da dvoredi ječmovi u stresnim uslovima bolje nalivaju zrna od šestoredih, a to delom objašnjava njihovim boljim odnosom između izvora i akceptora asimilata u periodu nakon cvetanja. I Ore (1991) ističe da je povećanje prinosa dvoredih genotipova nastalo uglavnom zbog nižeg stabla čime je omogućena bolja preraspodela asimilativa u klas, bolja ishrana cvetova, povećan procenat

oplodnje i povećana prosečna produkcija po klasu. Iako je opšte prihvaćeno da se prinos ječma nalazi u jačoj pozitivnoj korelaciji sa brojem nego sa krupnoćom zrna, Pržulj i sar. (2004) navode da to nije uvek slučaj u semiaridnim područjima gde su suša javlja u periodu nalivanja zrna, jer je izvor asimilativa koji biljka ima na raspolaganju pre cvetanja najbitniji u formiranju konačnog broja zrna i njihove veličine. Masa 1000 zrna kao direktna komponenta prinosa, je pokazatelj krupnoće odnosno veličine zrna, iako zavisi od ekoloških činilaca, pre svega je sortna osobina. Pored broja zrna po klasu najvažniji je kriterijum u oplemenjivanju ječma na povećanje prinosa (Dofing i Knight, 1994).

Jedan od pokazatelja uspešnog oplemenjivanja na uslove stresa je identifikacija takvog genotipa koji će dati dobre prinose u normalnim i maksimalne prinose u stresnim uslovima. Na osnovu rezultata ovog istraživanja, dvoredi ječmovi su generalno približniji ovom kriterijumu od šestoredih.

### **5.5.2. Prinos i komponente prinosa ječma po genotipovima**

Prinosi zrna 25 genotipova ječma, po tretmanima (kontrola i defolijacija), na osnovu proseka iz četiri sredine (Zemun Polje 2011, Školsko dobro 2011, Zemun Polje 2012 i Školsko dobro 2012), prikazani su u tabeli 11.

Prosečan dvogodišnji prinos svih genotipova u kontrolnim uslovima iznosio je 6986, kg/ha, a u uslovima defolijacije 4749,1 kg/ha iz čega vidimo da je prosečno smanjenje prinosa u uslovima suše u odnosu na kontrolne iznosilo 32%.

Najniži prosečni prinos u sve četiri sredine i oba tretmana, ostvarila je sorta šestoredog ječma Grand (20) 3923 kg/ha, a najviši sorta dvoredog ječma NS 565 (1) 7335 kg/ha. Tukey-ovim testom poređenja razlika uočeno je da je najprinosnija sorta NS 565 (1) imala statistički značajno veći prinos od svih genotipova osim dvorede sorte Maksa (6) 7306 kg/ha, dvorede linije IBSP/04-22 (12) 6924 kg/ha i šestorede linije ZP 34/II (16) 6706 kg/ha. U odnosu na



najmanje prinosnu sortu Grand (20) svi genotipovi imali značajno veći prinos osim šestorede sorte Atlas 4387 (25) kg/ha, linije ZP 154/II (21) 4393 kg/ha i sorte Nonius (23) 4434 kg/ha.

Tabela 11. Prinosa zrna (kg/ha), dvoredih (1-15) i šestoredih (16-25) genotipova ječma po tretmanima, u proseku za dve godine (2011 i 2012) i značajnost njihovih razlika ocenjena pomoću Tukey testa

Kontrola (K)		Defolijacija (D)		Prosek (K i D)	
Genotip	Prosečan prinos	Genotip	Prosečan prinos	Genotip	Prosečan prinos
12	8466 a	6	6556 a	1	7335 a
1	8208 ab	1	6462 ab	6	7306 ab
6	8057 abc	8	5750 abc	12	6924 abc
13	8043 abc	4	5648 bcd	16	6706 abcd
16	8017 abc	14	5585 bcd	13	6542 bcde
7	7766 abcd	9	5581 bcd	7	6419 cde
15	7724 abcde	16	5395 cde	9	6343 cdef
2	7641 abcde	12	5381 cde	14	6337 cdef
19	7457 abcdef	11	5159 cdef	2	6333 cdef
10	7229 abcdef	7	5071 cdef	8	6322 cdefg
9	7104 bcdefg	13	5041 cdefg	4	6236 cdefgh
14	7088 bcdefg	2	5026 cdefg	11	6106 defgh
11	7054 bcdefg	10	4848 defgh	10	6038 defgh
17	7054 bcdefg	17	4761 defgh	15	5922 defgh
24	6923 bcdefg	3	4560 efghi	17	5908 efgh
8	6893 bcdefg	5	4401 fghij	5	5595 fghi
4	6824 cdefg	18	4362 fghij	19	5592 fghi
5	6789 cdefg	24	4142 ghij	24	5532 ghi
18	6577 defgh	15	4119 hij	3	5480 hi
3	6399 efghi	22	4063 hij	8	5469 hi
22	6155 fghij	19	3727 ijk	22	5109 ij
25	5822 ghij	21	3667 ijk	23	4434 jk
23	5314 hij	23	3554 jk	21	4394 jk
21	5121 ij	25	2952 k	25	4387 jk
20	4927 j	20	2918 k	20	3923 k
Prosek	6986		4749		5868

*Srednje vrednosti genotipa označene različitim slovom u okviru kolona se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ); nazivi genotipova predstavljeni kodovima, dati su u materijalu i metodu*

Što se tiče prosečnog prinosa zrna u kontrolnom tretmanu, gde se smatra da su uslovi za razvoj biljaka bili povoljni, najmanji prosečni prinos ostvarila je sorta šestoredog ječma Grand (20) 4927 kg/ha, dok je najveći prosečni prinos imala dvoreda linija IBSP/04-22 (12) 8466 kg/ha.

Poređenjem značajnosti razlika Tukey testom, utvrđeno je da najviši prinos linije IBSP/04-22 (12) statistički nije bio značajan u odnosu na devet genotipova: NS 565 (1), Maksa (6), Jagodinac (13), ZP 34/II (16), ZP 12/I (7), NS 525 (15), Rekord (2) i ZP 33/II (13). Takođe, sorta Grand (20), imala je statistički značajno niži prinos od svih genotipova osim četiri šestoreda genotipa: ZP 154/II (21), Nonius (23), Atlas (25) i NS 313 (22).

Od 10 genotipova koji su u kontrolnim uslovima ostvarili prinos koji se statistički značajno ne razlikuje od najprinosnijeg IBSP/04-22 (12), pet je bilo među prvih 10 najprinosnijih i u uslovima defolijacije: Maksa (6), NS 565 (1), ZP 34/II (16), IBSP/04-22 (12) i ZP 12/I (7).

U tretmanu gde je izvršena defolijacija kako bi simulirali uslove stresa, najniži prosečni prinos opet je ostavila sorta šestoredog ječma Grand (20) 2918 kg/ha, dok je najviši prosečni prinos zrna imala sorta dvoredog ječma Maksa (6) 6556 kg/ha. Poređenjem značajnosti razlika utvrđeno je da Maksa (6) ima statistički značajno veći prinos u stresnim uslovima, od svih drugih genotipova osim dvoredih sorti NS 565 (1) 6462 kg/ha i Boreale (8) 5750 kg/ha, dok je Grand (20) kao najmanje prinosan imao statistički značajno niži prinos od svih osim četiri genotipa: Atlas (25), Nonius (23), ZP 154/II (21) i ZP 33/II (19). Od ispitivanih deset genotipova šestoredog ječma, samo dva su u uslovima stresa imala veći prinos od proseka ogleda za taj tretman koji iznosi (4749,1 kg/ha), i to ZP 34/II (5395,5 kg/ha) i Leotar (4761,4 kg/ha).

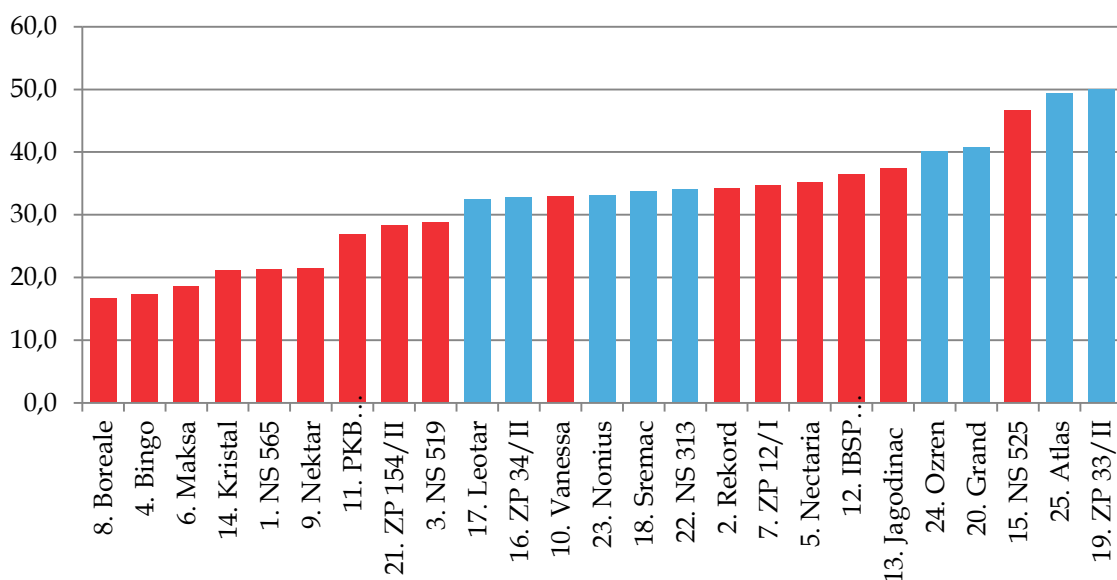
Kada se posmatra ukupan prosečan prinos svih genotipova u oba tretmana, jedino su ZP 34/II (16) sa 6706,4 kg/ha i Leotar (17) sa 5907,7 kg/ha, imali prinos iznad proseka celog ogleda koji iznosi 5867,7 kg/ha.

Grafikom 4. predstavljeno je procentualno smanjenje prinosa ispitivanih genotipova u uslovima stresa. U proseku je kod dvoredih došlo do manjeg

smanjenja prinosa u uslovima defolijacije (30,5%) u odnosu na šestorede ječmove (34,6%).

Najmanji pad prinosa u uslovima stresa zabeležen je kod sorti Boreale (16,6%), Bingo (17,2%), Maksa (18,6%), Kristal (21,2%), NS 565 (21,3%) i Nektar (21,4%). Sve ove sorte su ostvarile prinos iznad proseka ogleda u oba tretmana, osim sorti Boreale i Bingo kod kojih je prinos u kontroli bio nešto niži od proseka ogleda. Do najvećeg smanjenja prinosa došlo je kod šestorede linije ZP 33/II (50%) i sorte Atlas (49,3%), dvorede sorte NS 565 (46,7%) i šestoredih Grand (40,8%) i Ozren (40,2%). Linija ZP33/II i sorta NS 525 su u kontrolnim uslovima ostvarile dosta visoke prinose (iznad proseka ogleda), međutim u uslovima defolijacije njihov prinos je bio među najnižim od svih ispitivanih genotipova. I ostali genotipovi sa najvećim smanjenjem prinosa u uslovima stresa, su u uslovima defolijacije ostvarili prinos niži od proseka ogleda.

Grafik 4. Smanjenje prinosa dvoredih ■ i šestoredih ■ genotipova ječma u uslovima stresa (%)



Jovanović i sar. (1992) smatraju da vrlo često u formiranju konačnog prinosa dolazi do kompenzacijskih odnosa između komponenata prinosa tj. smanjenje jedne komponente nadoknađuje se povećanjem druge. U tabeli 12. date su prosečne vrednosti komponenti prinosa genotipova po tretmanima.

Kada se posmatraju najprinosniji genotipovi u uslovima defolijacije, svi su imali masu 1000 zrna i intenzitet nalivanja zrna iznad ili oko proseka, osim šestorede linije ZP 34/II (16) koja je imala broj zrna iznad proseka, ali masu 1000 zrna i intenzitet nalivanja značajno niže od većine drugih. Podaci ukazuju da je u uslovima suše za visok prinos mnogo bitniji veći intenzitet nalivanja, a preko njega i veća masa 1000 zrna, nego sam broj zrna po klasu. U kontrolnim uslovima, linije ZP 34/II (16) i ZP 33/II (19) su imale najniže vrednosti mase 1000 zrna i intenziteta nalivanja ali su to kompenzovala kroz veći broj zrna po klasu.

PKB Pivan (11) koji je u oba tretmana imao značajno veću masu 1000 zrna i intenzitet nalivanja od većine drugih, ali broj zrna ispod proseka u kontrolnim uslovima ostvario je prinos tek nešto veći od proseka dok je u uslovima suše po rangju prinosa bio na 9 mestu. Slične rangove komponenti prinosa ima i sorta Nectaria (5), s tim što je ona u oba tretmana imala prinose ispod proseka.

Kada se pogledaju tri najprinosnija genotipa u proseku za oba tretmana, NS 565 (1), Maksa (6) i IBSP/04-22 (12) su kao i najbolji genotipovi u uslovima stresa imali visoke rangove za intenzitet nalivanja i masu 1000 zrna, dok im je broj zrna po klasu bili niži od većine drugih.

Tabela 12. Prosečne vrednosti komponenti prinosa i njihov rang (R) za 25 genotipova ječma: masa 1000 zrna, broj zrna po klasu i intenzitet nalivanja zrna (2011 i 2012)

rb	Genotip	Kontrola (K)						Defolijacija (D)						Prosek (K +D)					
		AT	R	BZ	R	INZ	R	AT	R	BZ	R	INZ	R	AT	R	BZ	R	INZ	R
1	NS 565	47,0	4	25,5	21	0,0633	8	50,1	6	26,2	17	0,0602	5	48,6	5	25,8	20	0,0647	2
2	Rekord	41,5	16	26,2	17	0,0616	11	47,6	15	26,3	16	0,0512	18	44,5	16	26,3	17	0,0635	4
3	NS 519	43,6	11	25,6	20	0,0615	13	48,3	10	25,7	21	0,0551	11	46,0	10	25,6	21	0,0625	6
4	Bingo	44,8	7	24,9	23	0,0615	12	49,2	9	25,2	24	0,0540	15	47,0	7	25,0	23	0,0621	8
5	Nectaria	49,7	1	26,1	18	0,0750	1	54,0	3	26,1	19	0,0627	4	51,8	1	26,1	19	0,0676	1
6	Maksa	44,8	8	24,3	25	0,0593	16	47,8	11	25,3	22	0,0562	7	46,3	9	24,8	25	0,0595	12
7	ZP 12/I	43,2	12	24,7	24	0,0643	7	47,7	13	25,1	25	0,0562	8	45,4	12	24,9	24	0,0603	10
8	Boreale	48,3	2	26,4	16	0,0685	4	53,0	4	26,8	14	0,0597	6	50,7	4	26,6	13	0,0623	7
9	Nektar	41,2	17	26,5	12	0,0607	14	47,0	16	27,0	12	0,0545	13	44,1	17	26,7	12	0,0584	13
10	Vanessa	47,0	5	26,5	14	0,0716	3	55,0	1	26,2	18	0,0653	2	51,0	3	26,3	16	0,0634	5
11	PKB Pivan	48,1	3	26,5	13	0,0730	2	55,0	2	26,0	20	0,0662	1	51,5	2	26,2	18	0,0640	3
12	IBSP/04-22	45,3	6	28,8	11	0,0678	5	51,2	5	28,6	11	0,0636	3	48,2	6	28,7	11	0,0613	9
13	Jagodinac	39,8	19	26,4	15	0,0571	19	43,5	19	26,4	15	0,0506	19	41,7	19	26,4	14	0,0558	16
14	Kristal	43,9	9	25,3	22	0,0601	15	46,1	17	25,3	23	0,0531	17	45,0	14	25,3	22	0,0572	14
15	NS 525	41,6	15	26,0	19	0,0580	18	47,8	12	26,8	13	0,0552	10	44,7	15	26,4	15	0,0560	15
16	ZP 34/II	31,7	25	55,9	5	0,0443	25	34,8	25	54,4	5	0,0367	25	33,2	25	55,2	5	0,0489	20
17	Leotar	42,2	14	45,7	10	0,0669	6	49,7	7	45,9	10	0,0561	9	45,9	11	45,8	10	0,0600	11
18	Sremac	40,8	18	46,5	9	0,0562	20	45,0	18	46,9	9	0,0534	16	42,9	18	46,7	9	0,0537	17
19	ZP 33/II	32,0	24	61,1	1	0,0468	24	36,0	24	60,7	2	0,0411	24	34,0	24	60,9	2	0,0487	21
20	Grand	34,3	21	61,1	2	0,0473	23	37,2	23	60,9	1	0,0422	21	35,7	23	61,0	1	0,0479	22
21	ZP 154/II	34,1	22	53,7	6	0,0479	22	38,0	22	51,7	6	0,0416	22	36,1	22	52,7	6	0,0450	25
22	NS 313	43,9	10	48,1	8	0,0624	9	49,5	8	48,2	8	0,0543	14	46,7	8	48,1	8	0,0520	18
23	Nonius	42,6	13	49,7	7	0,0623	10	47,7	14	48,6	7	0,0548	12	45,2	13	49,2	7	0,0519	19
24	Ozren	34,0	23	56,3	4	0,0517	21	40,1	20	55,6	4	0,0485	20	37,1	20	55,9	4	0,0464	24
25	Atlas	34,8	20	57,9	3	0,0584	17	39,5	21	58,5	3	0,0415	23	37,1	21	58,2	3	0,0475	23
Prosek		41,6		37,0		0,0603		46,4		36,9		0,0533		44,0		37,0		0,0568	

AT- masa 1000 zrna (g); BZ- broj zrna po klasu; INZ- intenzitet nalivanja zrna mg/C; R-rang

## **5.6. Parametri dinamike nalivanja zrna ječma**

Konačna, suva masa zrna, kao komponenta ukupnog prinosa ječma zavisi od dužine trajanja i intenziteta nalivanja zrna. Nalivanje zrna predstavlja period od faze cvetanja do pune zrelosti, a intenzitet nalivanja zrna brzinu nakupljanja suve materije u zrnu tokom perioda nalivanja. Pojava stresa (zbog visokih temperatura ili nedostatka vode) inhibira tekuću asimilaciju i skraćuje period nalivanja zrna, pa i pored toga što u tom slučaju dolazi do većeg intenziteta nalivanja postavlja se pitanje da li je to dovoljno da kompenzuje ovo skraćenje. Kraći period nalivanja može biljci omogućiti da izbegne posledice terminalne suše, dok opet duži period omogućava duže korišćenje rezervi iz stabla i samim tim veći potencijal za prinos. U uslovima stresa kada, nalivanje zrna zavisi od remobilizacije asimilata iz stabla upravo je ključan intenzitet nalivanja zrna (Blum, 1998). Kako bi se izvršila evaluacija 25 genotipova ječma za intenzitet nalivanja zrna u kontrolnim i uslovima kada proces zbog smanjenja tekuće fotosinteze zavisi većim delom od remobilizacije rezervi iz stabla izračunati su apsolutni (AIN) i relativni (RAI) intenzitet nalivanja zrna.

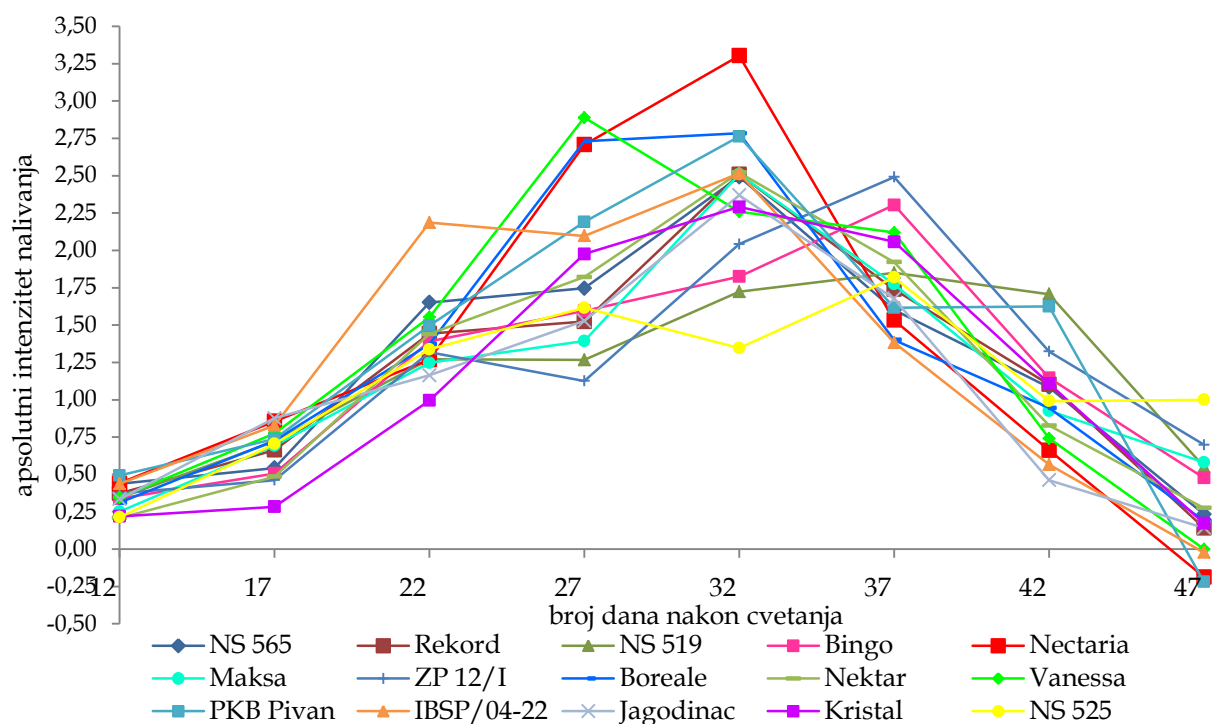
### **5.6.1. Apsolutni intenzitet nalivanja zrna ječma**

Na graficima 5. i 6. prikazane su vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja zrna dvoredih genotipova ječma, praćene u devet termina, s početkom sedmog dana nakon cvetanja, u kontrolnim, i uslovima defolijacije. Kada se uporede krive na ova dva grafika paralelno, uočava se da su u uslovima defolijacije, maksimalne vrednosti intenziteta nalivanja nastupile nešto ranije nego u kontrolnim uslovima. Već 17-og dana od datuma cvetanja, prosečne vrednosti intenziteta nalivanja su veće nego u istom terminu u kontrolnim uslovima, što je u skladu sa teorijom da se ranija mobilizacija nakon cvetanja događa kao rezultat smanjenja procesa fotosinteze ili kao posledica deficita vode (Kuchbauch i Thome, 1989).

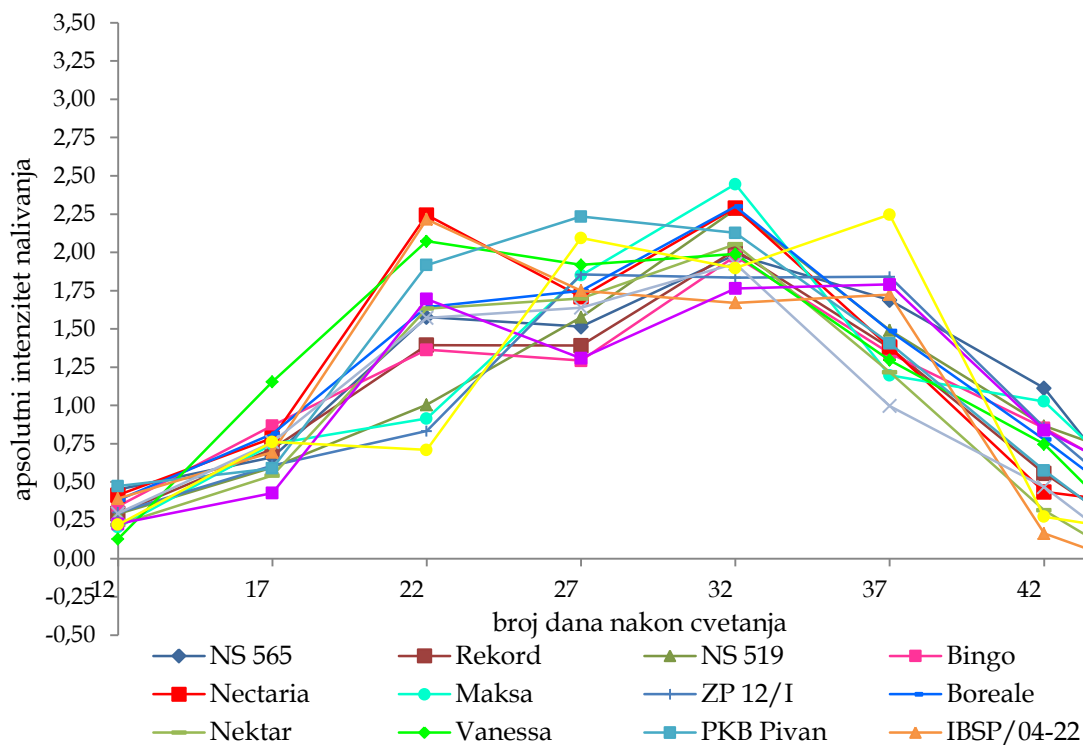
U kontrolnim uslovima najveći broj ispitivanih genotipova maksimalne vrednosti intenziteta dostiže 32-og dana od datuma cvetanja, sa izuzetkom NS 519, Bingo, ZP 12/I, Kristal i NS 525, kod kojih maksimalni intenzitet nalivanja nastupa 37-og dana i Vanesse kod koje je ovaj momenat ranije, već 27-og dana od datuma cvetanja. Četiri od pet najprinosnijih genotipova dvoredog ječma u kontrolnim uslovima imali su najveći intenzitet nalivanja upravo 32-og dana (IBSP/04-22, NS 565, Maksa i Jagodinac), dok je peti od najprinosnijih, ZP 12/I maksimum ostvario 37-og dana. NS 565, Maksa i Jagodinac, uspevaju i u narednom terminu da zadrže relativno visoke vrednosti intenziteta nalivanja (u proseku je došlo do smanjenja za 32%). IBSP/04-22 se izdvaja kao genotip kod kog intenzivnije nalivanje počinje ranije u odnosu na sve druge, već 22-og dana postiže dosta visoke vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja (sa maksimalnom vrednošću 32-og dana). Što se tiče genotipova koji su u jednom momentu imali najviše vrednosti intenziteta kod njih ili dolazi do naglog pada intenziteta već u sledećem terminu (u proseku za 49%) kod sorti Nectaria, IBSP/04-22 i Boreale, ili u poslednjem terminu intenzitet nalivanja ima negativne vrednosti (Vanessa i Pivan). NS 525, 32-og dana, od svih ispitivanih genotipova ima najniži intenzitet nalivanja međutim u poslednjem terminu kod njega proces nalivanja i dalje traje, dok intenzitet kod većine ima ili negativne ili vrednosti oko 0. Na osnovu rezultata zaključujemo, da je u uslovima bez stresa većina genotipova maksimalni intenzitet nalivanja postigla od 27 do 32 dana, da su mnogo bitniji kontinuitet, bez velikih variranja po terminima i što duže nalivanje, od maksimalnih vrednosti u pojedinim momentima.

U uslovima defolijacije, nešto više od polovine ispitivanih genotipova najveće vrednosti intenziteta nalivanja ostvaruje 32-og dana od datuma cvetanja. Sorte Kristal i NS 525 maksimum dostižu 37-og, ZP 12/I i PKB Pivan 27-og a Vanessa i IBSP/04-22, 22-og dana od datuma cvetanja. Najprinosniji genotipovi u uslovima defolijacije (Maksa, NS 565, Boreale i Bingo) imali su maksimalni intenzitet nalivanja, kao i najprinosniji u kontrolnim uslovima 32-og dana, osim sorte Kristal.

Grafik 5. Vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja zrna dvorednih genotipova ječma u kontrolnim uslovima



Grafik 6. Vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja zrna kod dvorednih genotipova ječma u uslovima defolijacije





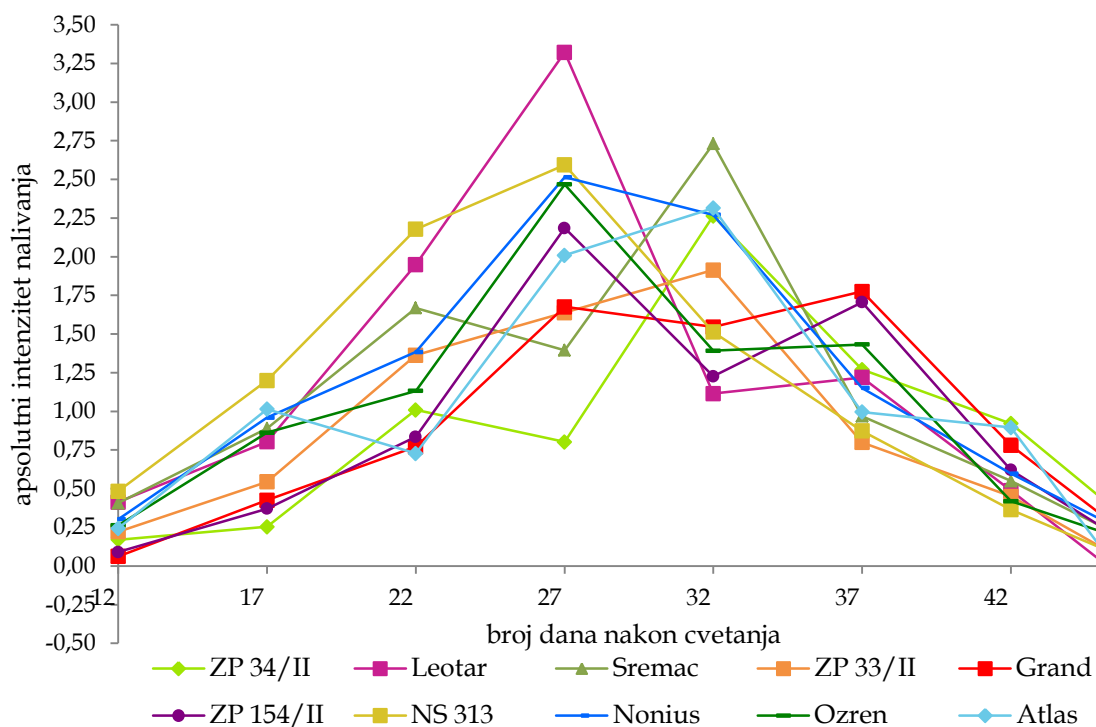
Sorte NS 565, Boreale i Bingo u narednom terminu zadržavaju relativno visoke intenzitet nalivanja (dolazi do prosečnog pada za 27,5%). Od sorti koje su u nekom od termina imale maksimalne izmerene vrednosti intenziteta, Maksa i pored variranja u drugim terminima ipak ostvaruje najveći prosečni prinos u uslovima defolijacije. Sorta PKB Pivan ostvaruje prinos iznad proseka ogleđa, a u svim terminima njegov intenzitet nalivanja je oko ili iznad proseka svih dvoredih genotipova. NS 519 koji u poslednjem terminu zadržava najvišu vrednost intenziteta nalivanja 0,5056 mg zrno/°C u uslovima defolijacije ipak ostvaruje prinos ispod proseka ogleđa.

Generalno, vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja u uslovima defolijacije su bile niže nego u kontrolnim, ali je kroz termine mnogo ujednačenije, i sa manje ekstrema.

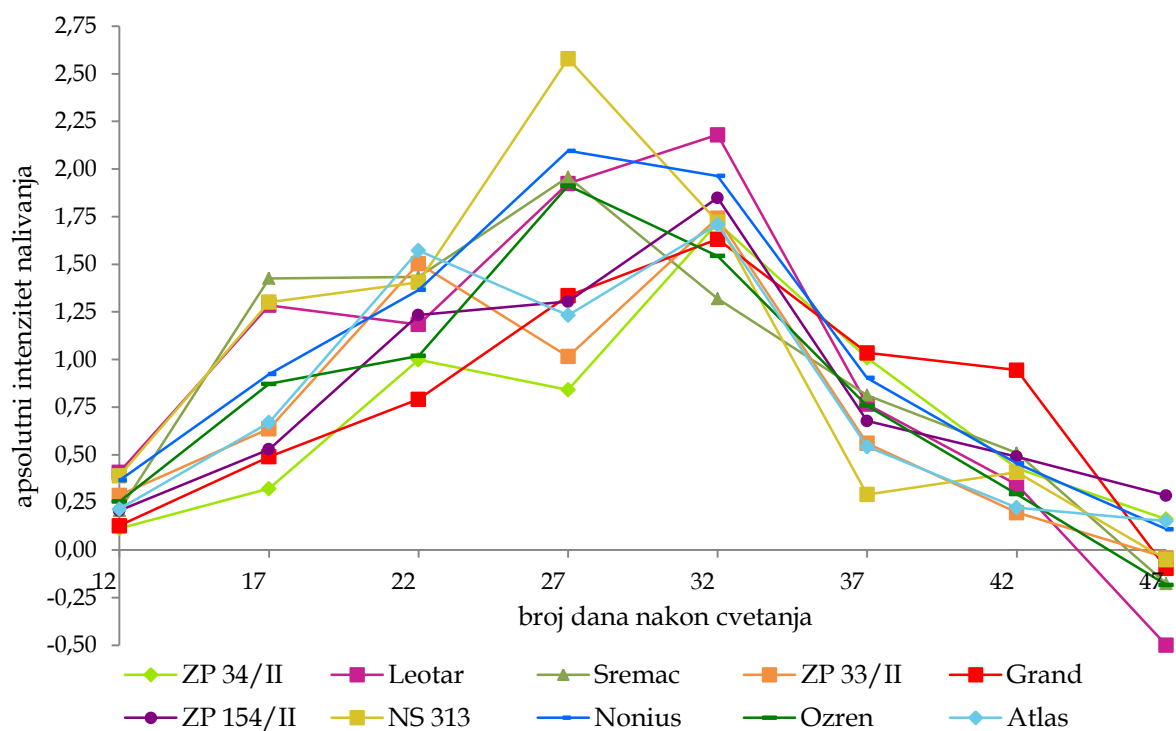
Na graficima 7. i 8. prikazane su vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja zrna šestoredih genotipova ječma, praćene u devet termina, s početkom sedmog dana nakon cvetanja, u kontrolnim, i uslovima defolijacije.

U kontrolnim uslovima, šestoredi genotipovi su maksimalne vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja dostigli 27-og i 32-og dana od datuma cvetanja, sa izuzetkom sorte Grand kod koje je maksimalni intenzitet nalivanja 37-og dana. Linije ZP 34/II i ZP 33/II koje su u kontrolnim uslovima ostvarile prinos iznad proseka celog ogleđa maksimalne vrednosti intenziteta imale su 32-og dana, a Leotar (kao treći šestoredi genotip sa prinosom iznad proseka celog ogleđa) maksimalni intenzitet nalivanja ima 27-og dana. Tada je postignuta najveća vrednost ovog parametra u kontrolnim uslovima, međutim odmah zatim dolazi do drastičnog pada, za čak 66,4%. Što se tiče linije ZP 34/II koja je od šestoredih imala najveći prosečni prinos u kontrolnim uslovima, vrednosti njenog apsolutnog intenziteta nalivanja su od prvog dana uzorkovanja do 27-og dana posle cvetanja među najnižim od svih ispitivanih genotipova, tako da je to linija koju karakteriše veoma sporo nalivanje zrna sve do 32-og dana od dana cvetanja. Kod linije ZP 33/II, situacija je obrnuta, kod nje se nalivanje do 32-og

Grafik 7. Vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja zrna šestoredih genotipova ječma u kontrolnim uslovima



Grafik 8. Vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja zrna kod šestoredih genotipova ječma u uslovima defolijacije



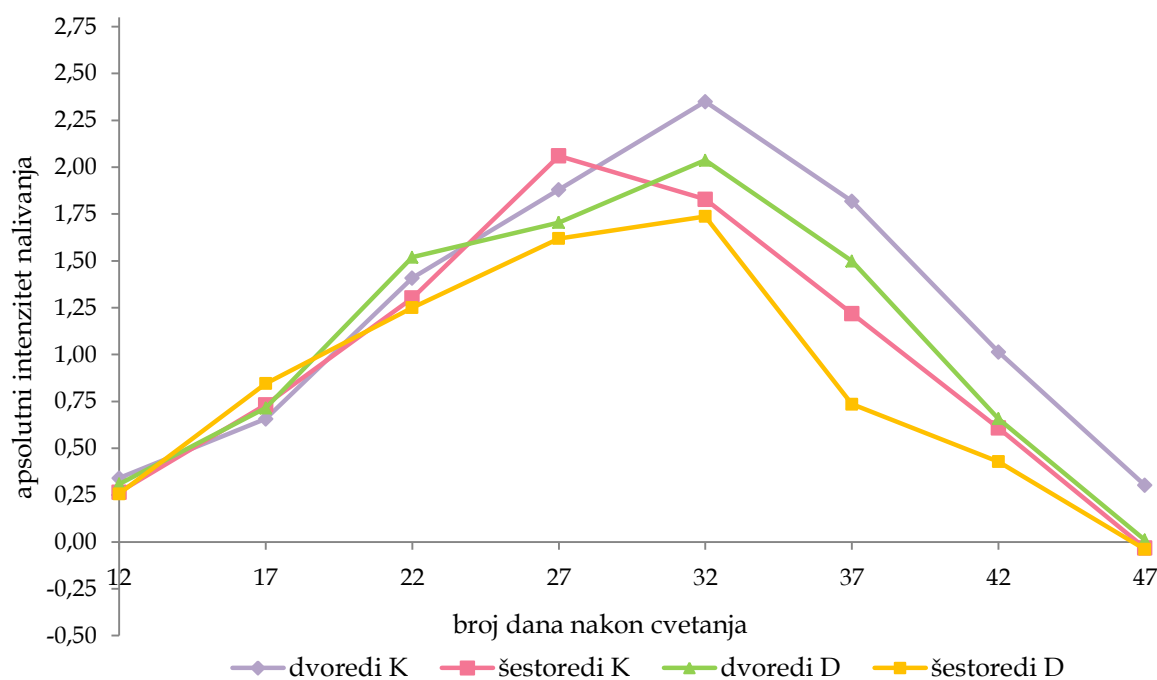
dana odvija intenzitetom koji je oko proseka svih genotipova, da bi zatim došlo do pada i vrednosti intenziteta nalivanja su dosta niske.

U uslovima defolijacije Sremac, NS 313, Nonius i Ozren maksimalne vrednosti intenziteta nalivanja dostižu 27-og dana, a svi ostali ispitivani šestoredi genotipovi 32-og dana od dana cvetanja, među njima i dva najprinosnija ZP 34/II i Leotar. Kod linije 34/II, intenzitet nalivanja u uslovima defolijacije varira na isti način kao i u kontrolnim. U prvoj polovini perioda nalivanja vrednosti intenziteta su najniže, ili među najnižim u odnosu na duge genotipove, da bi u drugoj polovini bile oko proseka šestoredih genotipova. Kod druge najprinosnije sorte Leotar situacija je potupno obrnuta. Leotar u prvom delu posmatranog perioda ima dosta visok intenzitet nalivanja, da bi nakon 32-og dana došlo do naglog pada, za čak 65%, a do kraja posmatranog perioda dostigao je najveće negativne vrednosti u odnosu na ostale. Kod sorte NS 313 koja je imala najveći intenzitet nalivanja od svih ispitivanih šestoredih ječmova 2,5795 mg zrno/°C, dolazi do naglog pada u sledeća dva termina, prvo za 33% a zatim za čak 88%.

Na grafiku 9. su prikazane srednje vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja zrna, po tipu ječma, tretmanu i vremenu uzorkovanja. Za razliku od pojedinačnih genotipova, kada se posmatra u proseku, uočava se da nakon termina kada su postignute maksimalne vrednosti intenziteta nalivanja, dolazi do konstantnog pada. Kod dvoredih formi, i u kontrolnom i u tretmanu sa defolijacijom do najvećeg povećanja apsolutnog intenziteta nalivanja je došlo u periodu između 17-og i 22-og dana nakon cvetanja. Kod šestoredih formi, u kontrolnim uslovima najveći skok u intenzitetu nalivanja zabeležen je u periodu od 22-og do 27-og dana, a u uslovima defolijacije na samom početku ispitivanja, između 12-og i 17-og dana od dana cvetanja. Do najvećeg pada apsolutnog intenziteta nalivanja, kod dvoredih formi u oba tretmana dolazi između 37-og i 42-og dana od datuma cvetanja. Kod šestoredih formi, u kontrolnim uslovima do najvećeg smanjenja intenziteta nalivanja je došlo na samom kraju, poslednjih pet dana pred dostizanje pune zrelosti. U uslovima defolijacije kod šestoredih

genotipova, do najvećeg pada u intenzitetu nalivanja dolazi već u periodu između 32-og i 37-og dana od dana cvetanja.

Grafik 9. Prosečne vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja zrna 15 dvoredih i 10 šestoredih genotipova ječma u kontrolnim (K) i uslovima defolijacije (D), 2011-2012.



Testiranje značajnosti razlika srednjih vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja zrna, po tipu ječma, tretmanu i vremenu uzorkovanja izvršeno je Tuckey testom (tabela 13.). Do 27-og dana nakon cvetanja nije bilo značajnih razlika između tipova ječma po tretmanima. 27-og dana šestoredi ječmovi gajeni u normalnim uslovima postižu svoje maksimalne vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja, nakon čega počinje njihov pad. To ukazuje da je kod njih upravo taj prvi period ključan za nalivanje zrna, odnosno mesec dana nakon cvetanja, nalivanje zrna kod šestoredih formi u optimalnim uslovima opada. Ovo može biti prednost, jer tokom nalivanja zrna spoljni uslovi postaju sve nepovoljniji zbog visokih temperature i nedostatka vode, pa bi većim

intenzitetom i bržim nalivanjem izbegli uslove takvog stresa. 32-og dana nakon cvetanja, šestorede forme u uslovima defolijacije, kao i dvorede u oba tretmana dostižu maksimalne vrednosti intenziteta nalivanja.

Tabela 13. Srednje vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja i Tuckey test njihovih razlika

Tret.	Tip klasa	Dan nakon cvetanja							
		12	17	22	27	32	37	42	47
K	2	0,34 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,88 <sup>a</sup>	2,35 <sup>a</sup>	1,82 <sup>a</sup>	1,01 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>
	6	0,27 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>	2,06 <sup>a</sup>	1,83 <sup>b</sup>	1,22 <sup>b</sup>	0,61 <sup>b</sup>	-0,03 <sup>b</sup>
D	2	0,31 <sup>a</sup>	0,72 <sup>a</sup>	1,52 <sup>a</sup>	1,71 <sup>a</sup>	2,04 <sup>ab</sup>	1,50 <sup>b</sup>	0,66 <sup>b</sup>	0,01 <sup>b</sup>
	6	0,26 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	1,25 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	1,74 <sup>b</sup>	0,74 <sup>c</sup>	0,43 <sup>b</sup>	-0,04 <sup>b</sup>

*Srednje vrednosti označene različitim slovom u okviru kolona se statistički značajno razlikuju (P<0.05)*

37-og dana nakon cvetanja, razlike su najuočljivije. I dvorede i šestorede forme su u kontrolnim uslovima, značajno intenzivnije ( $P < 0,05$ ) nalivale zrno nego u uslovima kada je zbog uklanjanja listova tekuća asimilacija smanjena. Između dvoredih i šestoredih formi u oba tretmana, razlika u intenzitetu nalivanja je statistički značajna ( $P < 0,05$ ) u korist dvoredih.

U narednom terminu, 42-og dana nakon cvetanja, kod dvoredih formi intenzitet nalivanja u normalnim i uslovima stresa se i dalje statistički značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ). Intenzitet nalivanja u uslovima defolijacije kod dvoredih genotipova nešto više opada, tako da se po vrednosti približava šestoredim i između dve forme više nema statistički značajne razlike. Kod šestoredih formi, više nema statistiki značajne razlike ( $P < 0,05$ ) u intenzitetu nalivanja u povoljnim i nepovoljnim uslovima. Međutim, i dalje je značajna razlika ( $P < 0,05$ ) između dvoredih i šestoredih genotipova u kontrolnim uslovima.

U poslednjoj fazi nalivanja, možemo uočiti da dvoredi ječmovi u kontrolnim uslovima i dalje imaju statistički značajno ( $P < 0,05$ ) veći intenzitet nalivanja u odnosu na uslove defolijacije, ali i u odnosu na šestorede forme. Generalno, dobijeni rezultati su u skladu sa rezultatima koje navode Ho i Jui (1989), dvoredi ječmovi su u odnosu na šestorede u oba tretmana uglavnom

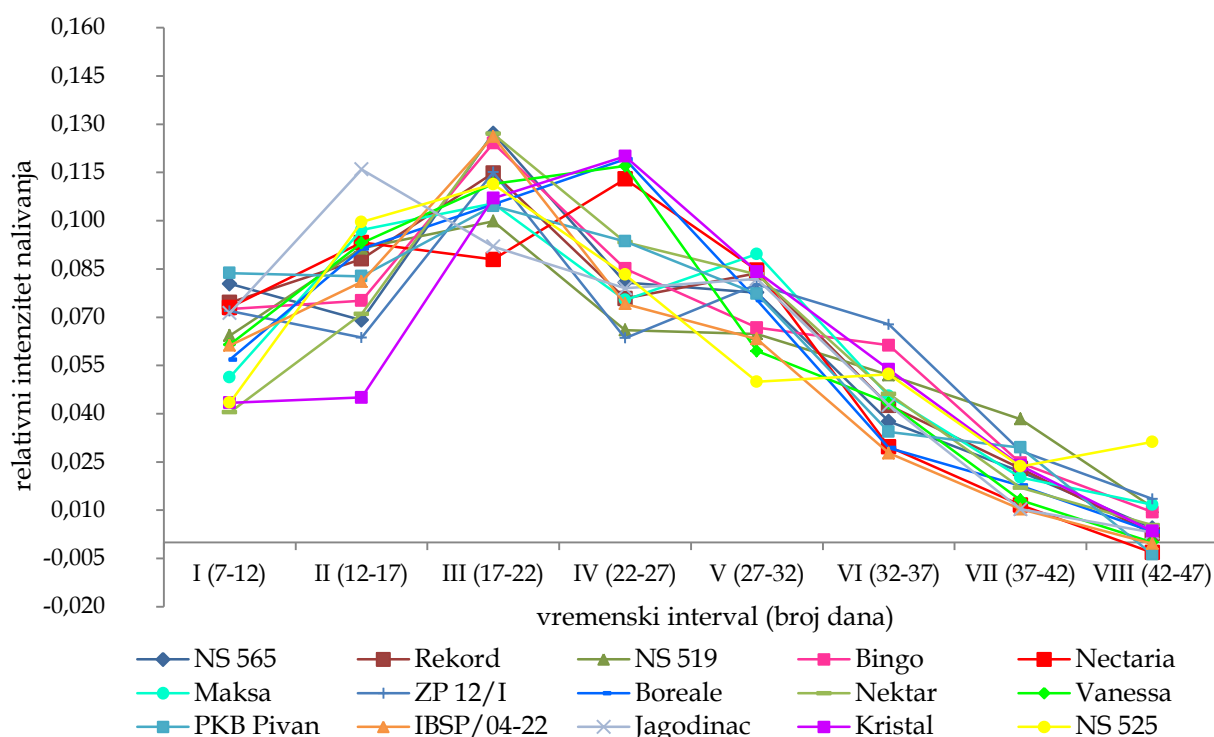
imala veće prosečne vrednosti intenziteta nalivanja. Maksimalne vrednosti ovog parametra postižu se nešto kasnije, ali su u obe tretmana na visokom nivou, i sam proces nalivanja zrna traje duže.

### **5.6.2. Relativni intenzitet nalivanja zrna ječma**

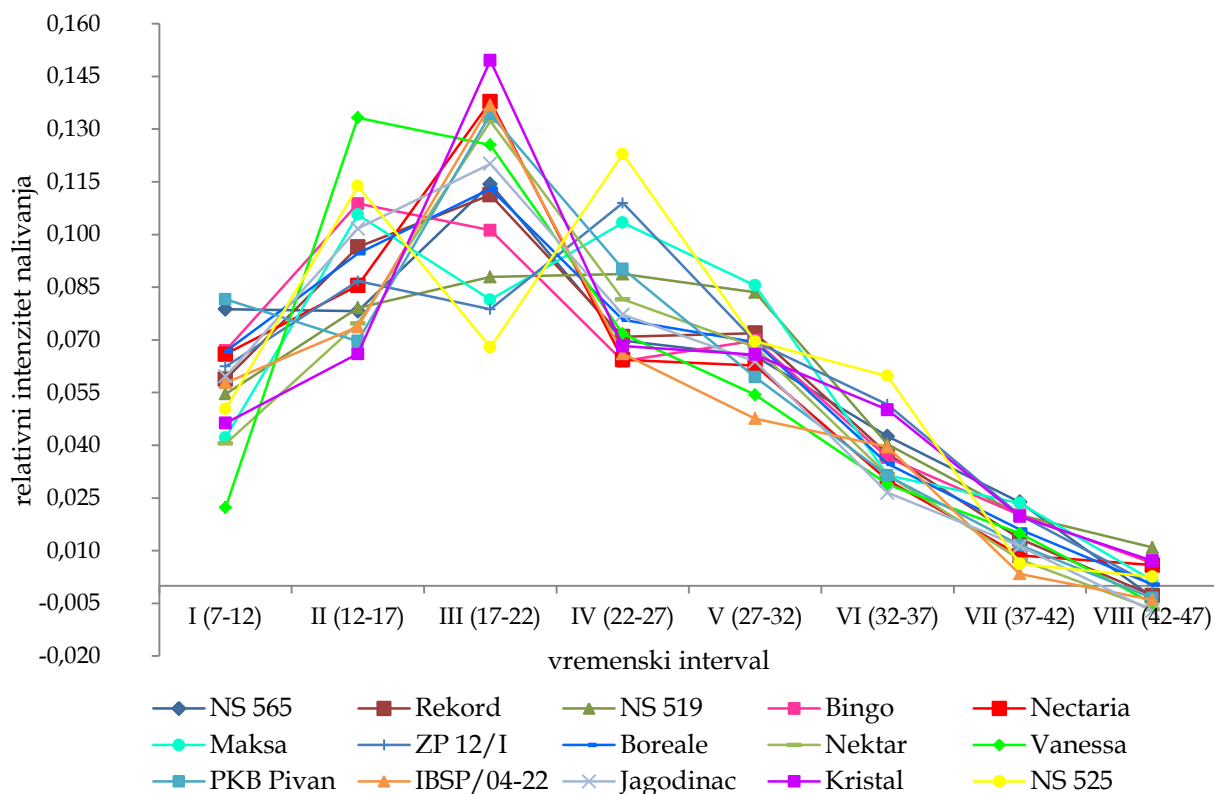
Relativni intenzitet nalivanja zrna (Hunt, 1990) je parametar koji se tumači kao indeks efikasnosti nalivanja (mg/mg dan) i omogućava objektivnije poređenje u odnosu na apsolutni intenzitet nalivanja zrna. Grafikom 10. i 11. prikazane su vrednosti relativnog intenziteta (efikasnosti) nalivanja zrna dvoredih genotipova ječma, u kontrolnim i uslovima defolijacije u osam intervala u trajanju od po pet dana (počev od 7-og dana nakon cvetanja pa do 47-og dana nakon cvetanja). Ukoliko se ova dva grafika posmatraju istovremeno, uočava se da je efikasnost nalivanja u oba tretmana bila najveća u periodu od 17-og do 22-og dana nakon cvetanja (III interval).

U kontrolnim uslovima, efikasnost nalivanja zrna dvoredih genotipova najveća je u III intervalu (17 do 22 dana nakon cvetanja), osim kod sorte Jagodinac kod koje efikasnost opada nakon II, (12- 17 dana) i sorti Nectaria, Boreale, Vanessa i Kristal kod kojih je nalivanje najefikasnije nešto kasnije, u IV (22- 27 dana). Pet najprinosnijih genotipova dvoredih ječmova su upravo oni kod koji je efikasnost nalivanja bila najveća u III odnosno II intervalu. Međutim, najprinosniji genotipovi, posmatrajući ceo period nalivanja zrna nisu imali najveće vrednosni relativnog intenziteta nalivanja. IBSP/04-22 koji je ostvario najveći prosečni prinos u kontrolnim uslovima imao je najnižu vrednost relativnog intenziteta nalivanja tokom celog perioda nalivanja zrna.

Grafik 10. Relativni intenzitet nalivanja zrna dvoredih genotipova ječma u kontrolnim uslovima



Grafik 11. Relativni intenzitet nalivanja zrna dvoredih genotipova ječma u uslovima defolijacije



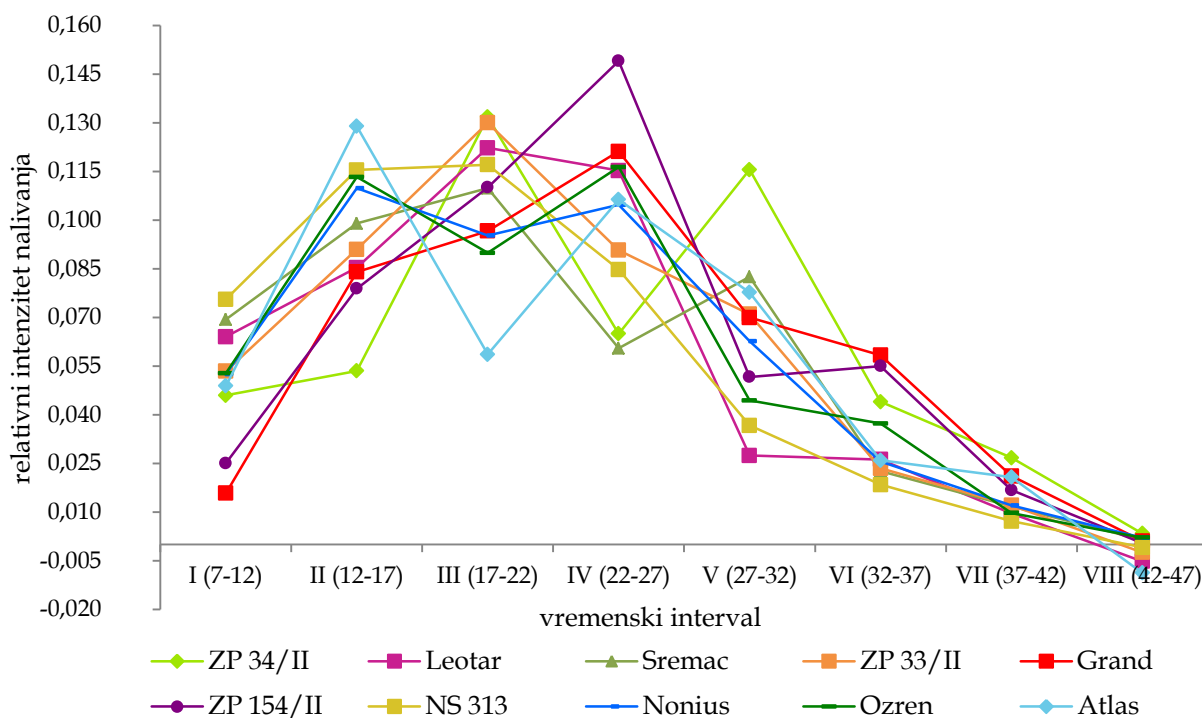
U uslovima defolijacije, efikasnost nalivanja zrna kod većine dvoredih genotipova najveća je (kao i u kontrolnom tretmanu) u III intervalu (17- 22 dan), osim kod sorti Bingo, Maksa i Vanessa koje najintenzivnije nalivaju zrno u II intervalu (12- 17 dan), i NS 519, ZP 12/I i NS 525 kod kojih ovaj parametar najveće vrednosti dostiže nešto kasnije, u IV intervalu (22- 27 dan). Za razliku od kontrolnog, u tretmanu sa defolijacijom, genotipovi koji su ostvarili najveći prosečni prinos, imali su i najveće vrednosti relativnog intenziteta nalivanja. U uslovima defolijacije, u proseku, efikasnost nalivanja je veća u prvom delu nalivanja, da bi zatim, već nakon IV intervala (22- 27 dan) došlo do pada u odnosu na kontrolne uslove.

Graficima 12. i 13. prikazane su vrednosti relativnog intenziteta nalivanja zrna šestoredih genotipova ječma. U oba tretmana vrednosti ovog parametra kod ispitivanih šestoredih genotipova su mnogo ujednačenije nego što je to bio slučaj kod dvoredih. Efikasnost nalivanja u kontrolnom tretmanu bila najveća u III intervalu (period od 17-og do 22-og dana nakon cvetanja), dok u uslovima defolijacije većina genotipova najveće vrednosti postiže ranije u II intervalu (12- 17 dan).

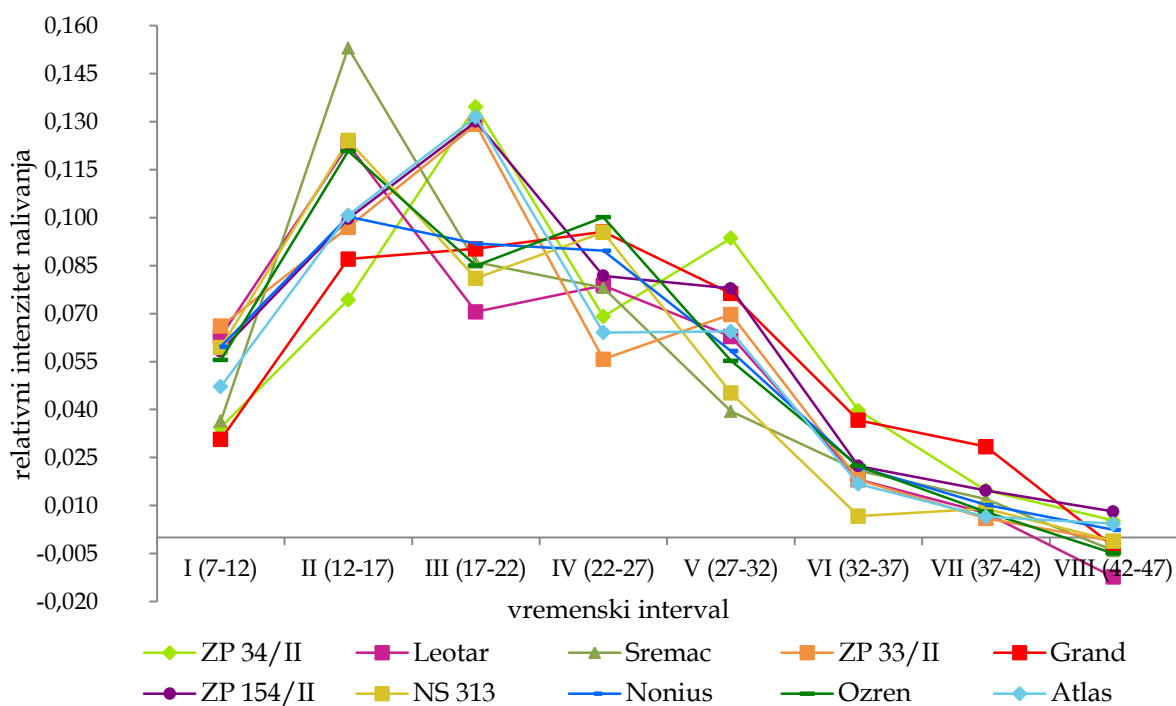
U kontrolnim uslovima efikasnost nalivanja zrna kod većine genotipova najveća je u III intervalu (17-22 dan), osim kod sorti Nonius i Atlas kod kojih je to ranije, u II intervalu (12-17 dan) i genotipova Grand, ZP 34/II i Ozren kod kojih je efikasnost najveća u III intervalu (22-27 dan). Kao što je to bio slučaj kod dvoredih, i ovde genotipovi Grand i ZP 154/II, koji su imali tokom perioda nalivanja visoke vrednosti ovog parametra nisu ostvarili visok prosečni prinos. ZP 34/II koji je od svih ispitivanih šestoredih genotipova, u kontrolnim uslovima ostvario najveći prosečni prinos, iako se po ovom parametru u prvom delu perioda nalivanja ne ističe, u drugom delu posmatranog perioda (V, VI, VII i VIII interval) ostvaruje najviše vrednosti.



Grafik 12. Relativni intenzitet nalivanja zrna šestoredih genotipova ječma u kontrolnim uslovima



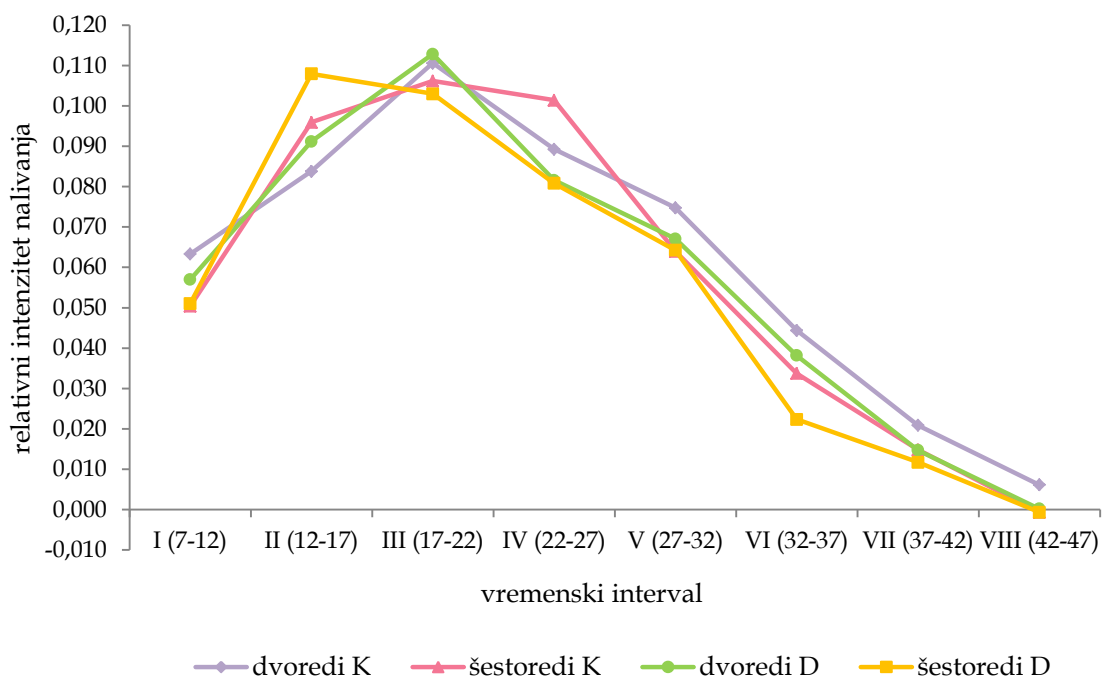
Grafik 13. Relativni intenzitet nalivanja zrna šestoredih genotipova ječma u uslovima defolijacije



U uslovima defolijacije efikasnost nalivanja zrna najveća je u II intervalu (12- 17 dan), osim kod sorte Grand kod koje je to u IV intervalu (22-27 dan), i genotipova ZP 34/II, ZP 33/II, ZP 154/II i Atlas kod kojih je maksimalna efikasnost u III intevalu (17-22 dan). Linija ZP 34/II koja je u uslovima defolijacije ostvarila najveći prosečni prinos, opet u drugom delu posmatranog perioda nalivanja (V, VI, VII i VIII interval) ostvaruje veće vrednosti ovog parametra u odnosu na druge genotipove. Generalno, kod svih genotipova do naglog pada u efikasnosti nalivanja dolazi u VI intervalu (32- 37 dan).

Na grafiku 14. prikazane su prosečne vrednosti relativnog intenziteta nalivanja zrna u zavisnosti od tipa klasa i tretmana. Nakon III intervala, kod svih genotipova, u oba tremana efikasnost nalivanja zrna opada.

Grafik 14. Vrednosti relativnog intenziteta nalivanja zrna 25 dvoredih i šestoredih genotipova ječma u kontrolnim (K) i uslovima defolijacije (D), 2011-2012.



Testiranje značajnosti razlika između kontrolnog i tretmana sa defolijacijom, kod dvoredih i šestoredih formi izvršeno je Tuckey testom (tabela

14.), koji je pokazao da je već u II intervalu (12- 17 dan nakon cvetanja) bilo značajnih razlika između ispitivanih genotipova. Šestoredi ječmova u uslovima defolijacije su značajno efikasnije ( $P < 0,05$ ) nalivali zrno u odnosu na dvorede u kontrolnim uslovima. U naredna tri termina efikasnost nalivanja zrna kod ispitivanih genotipova se značajno ne razlikuje. U VI intervalu (od 32-og do 37-og dana) u tretmanu sa defolijacijom, kod šestoredih genotipova u odnosu na dvorede, dolazi do statistički veoma značajnog smanjenja efektivnosti nalivanja zrna ( $P < 0,05$ ). Međutim, ni kod dvoredih, ni kod šestoredih genotipova, u uslovima defolijacije nije došlo do značajnog smanjenja ( $P < 0,05$ ) efikasnosti nalivanja u odnosu na kontrolu. U VII intervalu (od 37-og do 42-og dana) statistički se značajno razlikuje samo efikasnost nalivanja između dvoredih genotipova u kontroli i šestoredih u defolijaciji.

Tabela 14. Srednje vrednosti relativnog intenziteta nalivanja i Tuckey test njihovih razlika

Tret	Tip klasa	Dan nakon cvetanja							
		7-12	12-17	17-22	22-27	27-32	32-37	37-42	42-47
K	2	0,06 <sup>a</sup>	0,08 <sup>b</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>
	6	0,05 <sup>a</sup>	0,09 <sup>ab</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,03 <sup>ab</sup>	0,02 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>a</sup>
D	2	0,06 <sup>a</sup>	0,09 <sup>ab</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,02 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>a</sup>
	6	0,05 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,01 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>

Srednje vrednosti označene različitim slovom u okviru kolona se statistički značajno razlikuju ( $P < 0,05$ )

Ukoliko ispitivane genotipove posmatramo u zavisnosti od tipa klasa i tretmana gajenja (dvorede u kontroli i defolijaciji, šestoredi u kontroli i defolijaciji), najniži prosečni prinosi su postignuti u grupi šestoredih ječmova u uslovima defolijacije. Osim u početnoj fazi, II intervalu, tokom celog perioda nalivanja oni su u proseku imali niže vrednosti relativnog intenziteta nalivanja zrna u odnosu na ostale. S druge strane, najveći prosečni prinos postigli su dvorede genotipovi gajeni u kontrolnim uslovima, i kod njih je u proseku najefikasnije nalivanje od IV intervala pa sve do kraja posmatranog perioda nalivanja.

### 5.6.3. Korelacije parametara nalivanja zrna

Kako bi utvrdili odnos između ispitivanih parametara nalivanja zrna, kao i to koji od njih ima najveći uticaj na konačnu masu pojedinačnog zrna izračunati su koeficijenti linearnih korelacija (tabela 15.). I u kontrolnim i u uslovima defolijacije dobijeni su slični rezultati. U kontrolnim uslovima, između konačne mase pojedinačnog zrna (MZ) i datuma cvetanja (DC) nije bilo korelacije. Masa pojedinačnog zrna je bila u slaboj negativnoj korelaciji sa dužinom trajanja nalivanja, koji je izražen preko sume aktivnih temperature od cvetanja do pune zrelosti (SAT).

Tabela 15. Koeficijenti korelacija između konačne mase pojedinačnog zrna (MZ) i parametara nalivanja zrna (DC, SAT, PIN i MAI) u kontrolnim (ispod dijagonale) i uslovima defolijacije (iznad dijagonale)

		DC	SAT	MZ	PIN	MAI	
Kontrola	DC	1	-0,127	-0,204	-0,161	0,068	Defolijacija
	SAT	-0,094	1	-0,16	-0,38	-0,244	
	MZ	-0,098	-0,126	1	0,973***	0,855***	
	PIN	-0,060	-0,353	0,972***	1	0,856***	
	MAI	-0,036	-0,238	0,892***	0,897***	1	

\* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,001$ ; DC- datum cvetanja, SAT- suma aktivnih temperatura, MZ- max masa pojedinačnog zrna (mg), PIN- prosečni intenzitet nalivanja zrna ( $mg^{\circ}C$ ), MAI- max apsolutni intenzitet nalivanja zrna (mg/dan)

Le Gouis (1993) ispitujući dvorede i šestorede forme ječma u optimalnim uslovima, takođe nije utvrdio korelaciju između mase zrna i dužine nalivanja zrna. U uslovima defolijacije konačna masa pojedinačnog zrna (MZ) je bila u slaboj negativnoj korelaciji i sa datumom cvetanja (DC) i sa dužinom nalivanja zrna (SAT). Brdar i sar. (2004) su kod pšenice dobili da su ranostasniji genotipovi sa kraćim periodom nalivanja ostvarili veću konačnu masu

pojedinačnog zrna. Dužina trajanja nalivanja zrna bila je u oba tretmana u slaboj negativnoj korelaciji sa prosečnim intenzitetom nalivanja (PIN), kao i sa maksimalnim apsolutnim intenzitetom nalivanja (MAI). I mnogi drugi autori ističu da ne postoji značajna korelacija između ova dva parametra (Sayed i Gadallah, 1983; van Saford, 1985; Le Gouis 1993).

Pržulj i sar. (2001) kod ječma i Kobiljski i sar. (2000) kod pšenice, došli do zaključka da se smanjenjem dužine nalivanja povećava intenzitet nalivanja zrna, dok je konačan prinos zrna u pozitivnoj korelaciji sa intenzitetom nalivanja (Calderini i Reynolds, 2000; Brdar i sar., 2006a). Brdar i sar. (2006b) negativnu korelaciju između trajanja i intenziteta nalivanja kod pšenice objašnjavaju brzom akumulacijom toplotnih jedinica što dovodi do skraćanja perioda ali povećanja intenziteta nalivanja.

Ovo bi sa stanovišta oplemenjivanja mogla da bude povoljna činjenica, jer bi stvaranje genotipova sa kraćim trajanjem nalivanja a većim intenzitetom, omogućilo skraćenje vegetacionog perioda i izbegavanje negativnih efekata visokih temperatura i sušnog stresa koji se u našim agroekološkim uslovima javlja najčešće kombinovano, pri kraju vegetacionog perioda, uz postizanje visokih prinosa. Međutim Pržulj i Momirović (1998) upozoravaju da u agroekološkim uslovima Srbije treba voditi računa kod odnosa ova dva parametra jer u drugoj polovini nalivanja zrna, temperature mogu da budu tako visoke da povećan intenzitet ne može da kompenzuje skraćenje perioda nalivanja i dolazi do redukcije prinosa.

Povećanje prinosa preko intenzivnijeg nalivanja zrna potvrđeno je u ovom radu visokim pozitivnim, statistički veoma značajnim korelacijama između krajnje mase pojedinačnog zrna (MZ) i kako prosečnog intenziteta nalivanja (PIN) tako i maksimalnog apsolutnog intenziteta nalivanja (MAI). Le Gouis (1993) je i kod dvoredih i kod šestoredih formi ječma, takođe dobio visoke statistički veoma značajne korelacije između intenziteta nalivanja i težine zrna. I u kontrolnim i u uslovima defolijacije korelacija između krajnje mase zrna bila je jača sa prosečnim nego sa maksimalnim apsolutnim intenzitetom nalivanja

zrna, tako da se može reći da je prosečni intenzitet kao parameter nalivanja važniji od maksimalnog intenziteta. Do istog zaključka, kada je u pitanju pšenica došli su Brdar i sar. (2004).

U svakom slučaju, uticaj parametra nalivanja na prinos zrna u velikoj meri zavisi od uslova spoljašnje sredine, a rezultati istraživača koji su se bavili ovom tematikom u agroekološkim uslovima Srbije (Pržulj i sar., 2001; Brdar i sar., 2004) kao i rezultati ovog istraživanja ukazuju da bi trebalo stvarati sorte visokog prosečnog intenziteta i umerene dužine nalivanja zrna. Ipak, pored visokog intenziteta nalivanja, od velikog značaja je ujednačena i postepena akumulacija suve materije.

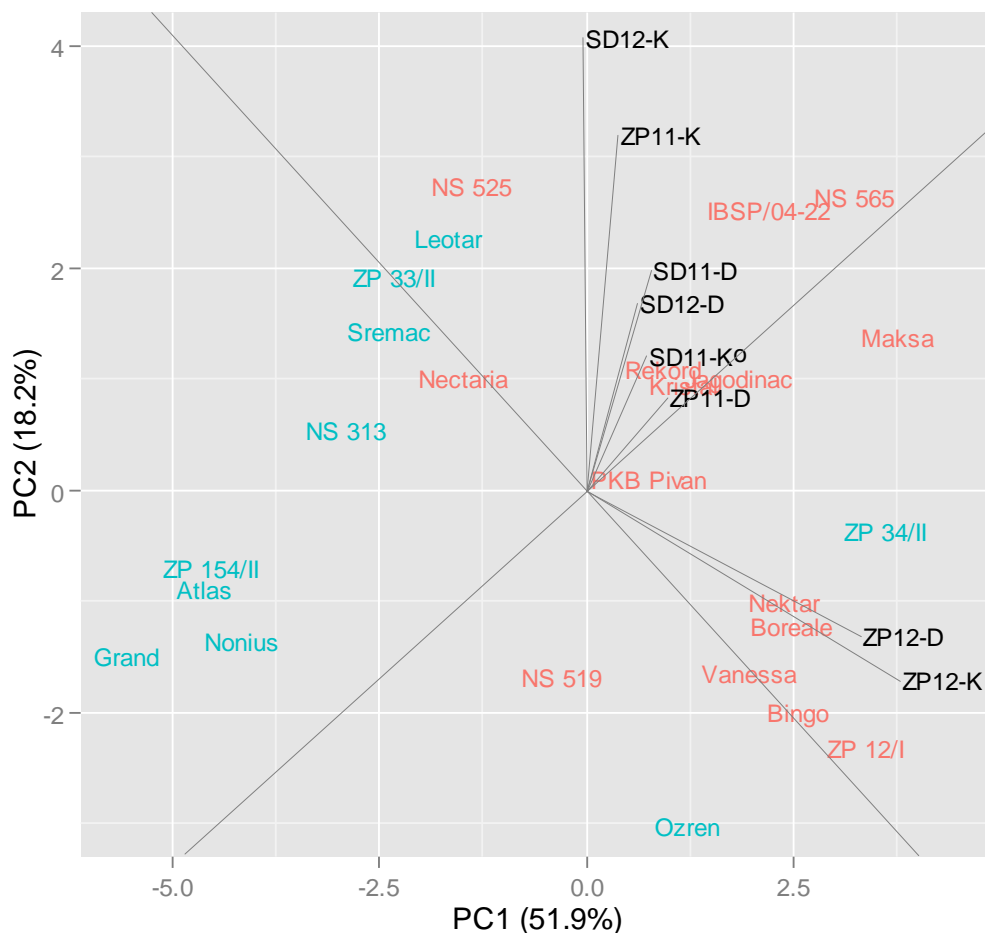
## 5.7. Ocena stabilnosti prinosa ječma

Glavni cilj oplemenjivača je pored visokog prinosa, stvaranje sorte koja je adaptirana na što širi areal gajenja. Ogledi u više sredina pokazali su postojanje interakcije genotip  $\times$  spoljna sredina (Badu-Apraku i sar., 2008), pri čemu veća ili manja stabilnost sorte zavise od genetičke osnove i intenziteta delovanja pojedinih, naročito limitirajućih faktora spoljašnje sredine (Dodig, 2004). Poslednjih godina za analizu podataka sve češće se koristi multivarijaciona analitička tehnika, GGE biplot analiza, koja objedinjuje glavni efekat genotipa G, plus interakcije genotip  $\times$  spoljna sredina GE (Yan i sar., 2007).

Radi vizualizacije prosečnih prinosa i stabilnosti dvoredih i šestoredih genotipova ječma u osam sredina korišćen je "*average-treatment coordinate*" ATC (Yan, 2002) prikaz GGE biplota, kojim je objašnjeno 70,1% G + G  $\times$  E interakcije (grafik 15.). ATC apcisa je linija koja prolazi kroz koordinatni početak biplota i prosečnu sredinu koja je predstavljena malim krugom, a ukazuje na prosečnu vrednost genotipa, jer projekcije markera genotipa na ovu liniju predstavljaju glavni efekat genotipa. U ovom slučaju ATC apscisa rangira genotipove prema prosečnom prinosu, pri čemu je rangiranje visoko korelisano sa G. ATC ordinata je normalna na ATC apscisu i prolazi kroz koordinatni početak biplota. ATC ordinata aproksimira GE efekte povezane sa svakim genotipom, što je mera nestabilnosti (Yan i sar., 2000). Što je apsolutna dužina projekcije genotipa na ATC ordinate veća on je manje stabilan. U konkretnom slučaju, idealni genotipovi bi trebalo da imaju velike projekcije markera na ATC apscisu da bi imali veći prosečni prinos, i male (nulte) projekcije na ATC ordinate da bi bili stabilni.

Biplot pokazuje da je došlo do razdvajanja dvoredih i šestoredih genotipova ječma na osnovu prosečnog prinosa, pri čemu su se u velikoj grupi dvoredih našli šestoredi: ZP 34/II i Leotar sa prinosom iznad proseka i ZP 33/II sa prinosom u nivou proseka. Od dvoredih genotipova, prosečni prinos ispod proseka ogleda imala sorta NS 519. Što se tiče stabilnosti, dvoredi genotipovi su

se u osam ispitivanih sredina bili stabilniji u odnosu na šestorede. Garcia del Moral i sar. (2003a) su ispitujući ove dve forme ječma u uslovima južne Španije dobili suprotne rezultate.



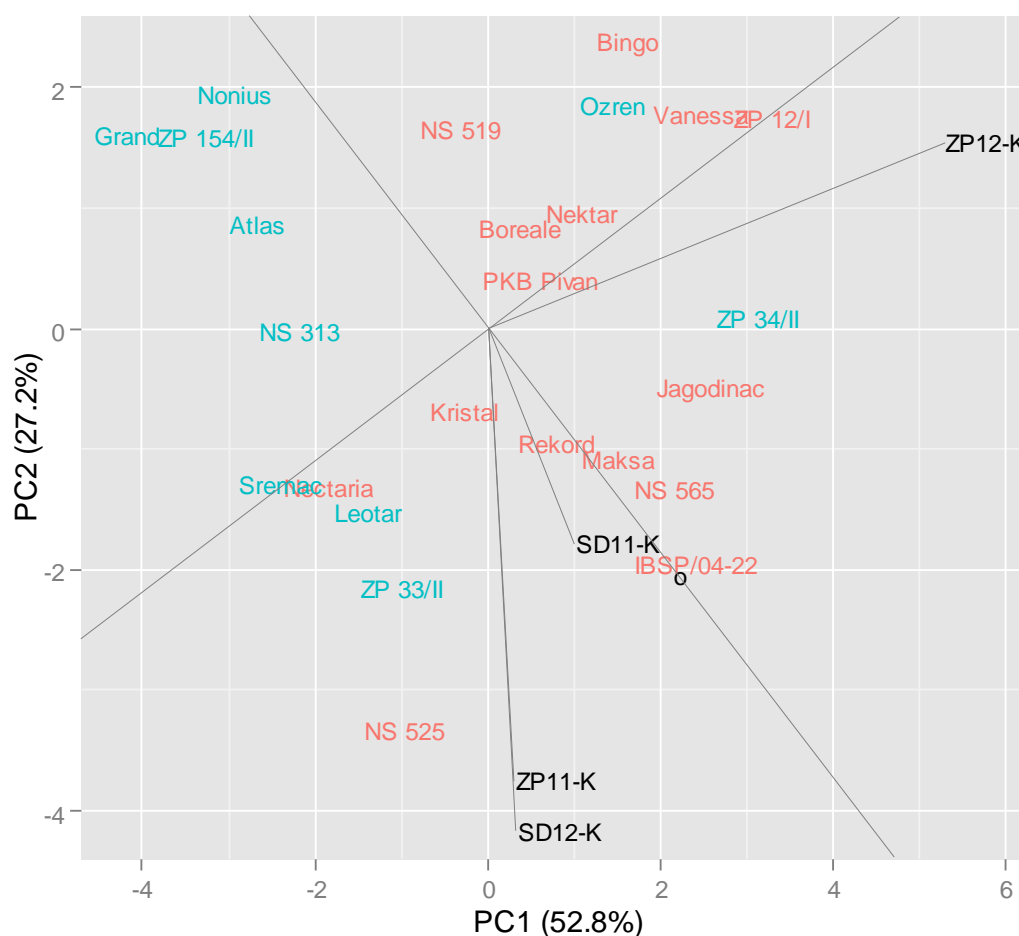
Grafik 15. Biplot koordiniranja kroz prosečnu sredinu (ATC) za prosečan prinos i stabilnost dvoredih i šestoredih genotipova ječma u osam različitih sredina. K- kontrola, D- defolijacija, ZP- Zemun Polje, SD- Školsko dobro, 11 i 12 godine izvođenja ogleđa

Kao najstabilniji izdvojili su se dvoredi genotipovi: Jagodinac, Kristal, PKB Pivan i Rekord. Od šestoredih, kao najstabilnija se pokazala sorta Nonius. Pored toga, tri najprinosnija genotipa NS 565, IBSP/04-22 i Maksa su pokazala i dosta dobru stabilnost u svim ovim sredinama. Najmanji prosečni prinos ogleđa ostvaren je u ZP12-D i ZP12-K, u njima su svi šestoredi genotipovi osim



ZP 34/II i sorte Ozren imali prinos ispod proseka. Ipak, na biplotu su se jasno razdvojili genotipovi koji su se pokazali kao dobri baš u tim najmanje povoljnim sredinama: Nektar, Boreale, ZP 34/II, Vanessa, Bingo i ZP 12/I. Prinos ispod proseka u svim ostalim sredinama imali su NS 519 i Ozren.

Grafikom 16. prikazano je ponašanje ispitivanih genotipova samo u kontrolnim uslovima, tj četiri sredine: ZP11-K, ŠD11-K, ZP12-K i ŠD12-K. GGE biplotom objašnjeno je 80% ukupne G + G x E varijanse.



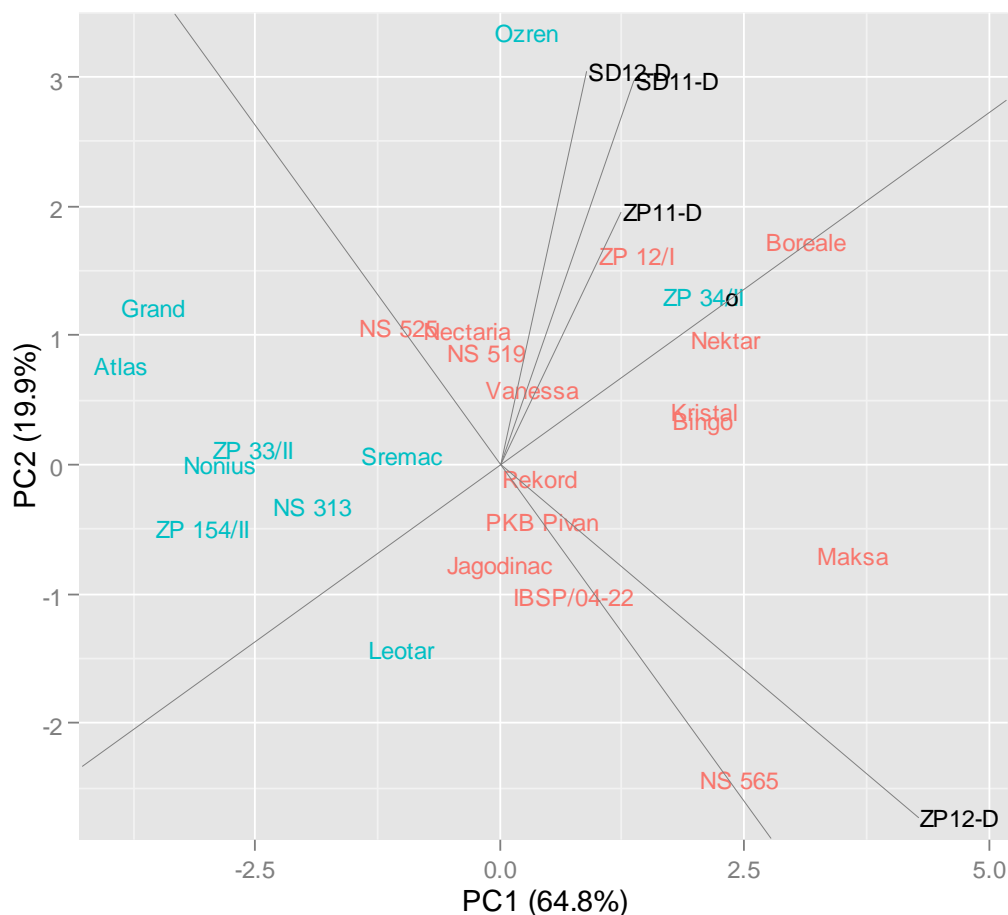
Grafik 16. Biplot koordiniranja kroz prosečnu sredinu (ATC) za prosečan prinos i stabilnost dvoredih i šestoredih genotipova ječma u različitim sredinama. K- kontrola, ZP- Zemun Polje, SD- Školsko dobro, 11 i 12 godine izvođenja ogleda

Najstabilniji genotipovi u kontrolnim uslovima gajenja bili su dvoreda linija IBSP/04-22 i sorte Maksa, Rekord i NS 565. Čak tri od četiri najstabilnija

genotipa imalo je i najveći prinos IBSP/04-22, NS 565 i Maksa. Pored njih dosta visok prinos ostvarila je i sorta NS 525, ali se pokazala kao veoma nestabilna, iako se izdvojila kao najbolja za gajenje u dve sredine: ZP11-K i ŠD12-K. Dve šestorede linije ZP 33/II i ZP 34/II su po ostvarenom prosečnom prinosu bile na nivou najboljih dvoredih međutim pokazalo se da je uticaj spolje sredine na njih veliki. Opet su se dvoredi ječmovi izdvojili kao oni kojima treba dati prednost pri gajenju za uslove kakvi vladaju na području Srbije.

U uslovima defolijacije, tj četiri sredine ZP11-D, ŠD11-D, ZP12-D i ŠD12-D u kojima smo simulirali uslove suše, GGE biplotom objašnjeno je 84,7% G + G x E interakcije, a stabilnost genotipova se razlikuje u odnosu na kontrolne (Grafik 17.).

Kao najstabilniji genotipovi u uslovima suše, izdvojili su se dvoreda sorta Boreale i šestoreda linija ZP 34/II koja je pokazala i kao najbolja za gajenje u prosečnoj sredini (predstavljenu kružićem na ATC x-osi). Pored njih veoma stabilne su bile Rekord, Nektar, Bingo, Kristal i ZP 12/I. Svi ovi genotipovi, osim sorte Rekord su pored stabilnosti u uslovima suše ostvarile i visok prosečni prinos. Treba naglasiti da su tri od 5 najprinosnijih i najstabilnijih genotipova ZP 34/II, Nektar i ZP 12/I stvoreni u Institutu za kukuruz u Zemun Polju u okviru oplemenjivačkog programa za uslove suše. I ovde je došlo do jasnog razdvajanja dvoredih i šestoredih genotipova na osnovu ostvarenog prosečnog prinosa, osim u slučaju šestorede sorte Ozren koja je ostvarila visok prinos ali je bila najnestabilnija od svih ispitivanih genotipova.



Grafik 17. Biplot koordiniranja kroz prosečnu sredinu (ATC) za prosečan prinos i stabilnost dvoredih i šestoredih genotipova ječma u različitim sredinama. D-defolijacija, ZP- Zemun Polje, SD- Školsko dobro, 11 i 12 godine izvođenja oglada

Na biplotovima prikazanim graficima 16. i 17. lokalitet Zemun Polje u 2012 godini i u kontrolnom i tretmanu sa defolijacijom jasno je izdvojen od svih ostalih, i u oba slučaja je grupa šestoredih ječmova (izuzev ZP 34/II) imala prinos ispod proseka u tim sredinama. Boreale, Vanessa, NS 519 i Ozren su genotipovi koji su postigli dobar prosečni prinos u uslovima defolijacije, ali prinos ispod proseka u kontrolnim uslovima. Dva genotipa, IBSP/04-22 i Leotar su pak postigli dobar prosečan prinos u kontrolnim uslovima ali ispod proseka u uslovima defolijacije.

Pswaray i sar. (2008) ističu da se u programima oplemenjivanja za uslove suše sve više pažnje posvećuje stabilnosti u odnosu na potencijal za prinos, i upravo se u takvim marginalnim područjima benefit od napretka u oplemenjivanju kao nauci najmanje oseća. Naime, pri testiranju genotipova ječma u povoljnim uslovima za rast i razvoj ne mogu se odabrati genotipovi za nepovoljne uslove proizvodnje, pa Pržulj i sar. (2004) smatraju da nove linije treba testirati u uslovima približnim onim u kojim će se kasnije i gajiti. Većina autora smatra da su potencijal za prinos i tolerantnost prema stresu međusobno isključivi, a da se produktivnost najefikasnije može povećati korišćenjem lokalno adaptirane germplazme i selekcijom u ekološkim uslovima u kojima će se sorta gajiti (Pržulj i sar., 2004). To potvrđuju i rezultati ovog rada, jer su najveću stabilnost, ali i dobar prinos u svih 8 sredina postigli upravo genotipovi stvoreni na području Srbije: Jagodinac, Kristal i Rekord. Ipak, rezultati biplota (grafik 17.) gde su analizirani genotipovi samo u uslovima stresa pokazuju da je najprinosnija ali i najstabilnija sorta Boreale, poreklom iz Francuske. Možda je objašnjenje u tezi koju iznose Araus i sar. (2002), da oplemenjivanje u umereno sušnim uslovima često vodi povećanju prinosa u uslovima jače suše, jer se biraju genotipovi visokog potencijala rodnosti a stabilni, što se kasnije pripisuje minimalnoj G x E interakciji. To implicira da maksimiziranje produktivnosti u normalnim uslovima, i u uslovima slabog i umerenog stresa može zadržati značajno poboljšanje prinosa (Slafer i sar., 2005; Tambussi i sar., 2005).

Kao efikasnu strategiju pri oplemenjivanju na stabilnost za područje Mediterana, odnosno u uslovima kada su biljke izložene uslovima terminalnog stresa Cattivelli i sar. (2011) ističu adekvatnu ranostasnost. Međutim, kod oplemenjivanja za uslove suše treba imati na umu da je vreme pojave i intenzitet stresa različit od godine do godine, pa linije stvorene za jedne uslove (stresa) ne moraju imati dobre rezultate i u nešto izmenjenim uslovima. Što se tiče korišćenja lokalnih populacija, iz istraživanja na pšenici, Dodig i sar. (2012), zaključuju da se one mogu koristiti za eventualna ukrštanja sa već stabilnim i

prinosnim sortama, prvenstveno stvorenih na području gde se planira proizvodnja.

## 5.8. Koeficijenti korelacije agronomskih osobina sa prinosom ječma

Poznavanje korelativnih odnosa između osobina je u veoma značajno u procesu oplemenjivanja jer ukazuje u kom smeru treba usmeriti selekciju kako bi se dobilo povećanje prinosa u određenim uslovima spoljne sredine. Pearsonov koeficijent korelacije pokazuje jačinu odnosa između dve osobine, pri čemu nije važno koja je osobina zavisno a koja nezavisno promenljiva. Korelacija je pozitivna ukoliko povećanje ili smanjenje vrednosti jedne osobine, uslovljava povećanje ili smanjenje vrednosti druge osobine u istom smeru, a negativna ukoliko povećanje vrednosti jedne osobine utiče na smanjenje vrednosti druge osobine i obrnuto. Pri interpretaciji rezultata koeficijenti korelacije nam govore da je ona potpuna ukoliko imaju vrednost (1,0), gotovo potpuna (0,91-0,99), vrlo jaka (0,76-0,90), jaka (0,61-0,75), srednja (0,41-0,60), slaba (0,26-0,40), vrlo slaba (0,11-0,25) i odsutna (0,0- 0,10) (Šurlan Momirović i sar., 2005). U tabelama 16. i 17. prikazani su koeficijenti korelacije za dvorede i šestorede genotipove ječma po tretmanima, za dve godine.

Od svih ispitivanih agronomskih osobina, najače, visoko značajne i značajne korelacije dobijene su između prinosa i biomase. Kod dvoredih genotipova u kontroli iznosile su (0,841\*\*\*), u defolijaciji (0,581\*), a kod šestoredih (0,968\*\*\*) u konroli, odnosno (0,883\*\*\*) u uslovima defolijacije. Mohammed (2004) i Bensemane i sar. (2011) su između ova dva parametra takođe utvrdili jaku povezanost naročito u uslovima suše. Povećanje biomase u uslovima suše, je veoma važno kada je smanjenja tekuća asimilacija, jer translokacija asimilativa iz vegetativnih delova značajno doprinosi prinosu. Sve to upućuje da selekciju na prinos treba usmeriti na dobijanje što veće biomase, s čim su saglasni i Boukerou i Rasmusson (1990) uz napomenu da je umesto direktne selekcije bolje koristiti žetveni indeks kao indirektni selekcionni kriterijum.

Između prinosa i žetvenog indeksa su takođe dobijene značajne korelacije. Kod dvoredih genotipova u kontrolnim uslovima iznosile su (0,528\*), a

uslovima stresa (0,778\*\*\*), dok je kod šestoredih povezanost bila vrlo jaka i u kontrolnim (0,908\*\*\*) i u uslovima stresa (0,802\*\*). Ovi rezultati su u saglasnosti sa onim koje su dobili Naghai i Asgharipour (2011), kao i Bensemane i sar. (2011) koji su ispitujući dvorede i šestorede genotipove ječma zaključili da je korelacija između prinosa i žetvenog indeksa kod šestoredih značajniji nego kod dvoredih. Analizom najčešće gajenih genotipova pšenice i ječma u 20 veku, utvrđeno je da je povećanje prinosa bilo u direktnoj vezi sa povećanjem žetvenog indeksa za 30 do 55% (Slafer i sar., 1994; Cattivelli i sar., 1994), dok je ukupna biomasa tokom godina ostala gotovo nepromenjena zbog tendencije gajenja sve nižih genotipova. Quarrie i sar. (1999) povećanje žetvenog indeksa ističu kao jedan od bitnih pravaca oplemenjivanja za gajenje u uslovima sušnog stresa.

Između prinosa i indeksa klasa u uslovima defolijacije korelacija je bila veoma značajna i kod dvoredih (0,689\*\*), i kod šestoredih genotipova (0,802\*\*), te se može koristiti kao pouzdan selekcionni kriterijum kod oplemenjivanja ječma za sušne uslove. U normalnim uslovima gajenja, kod selekcije dvoredih genotipova prednost treba dati drugim parametrima pošto je korelacija indeksa klasa sa prinosom slaba, nije statistički značajna (0,263), dok je kod šestoredih ona statistički značajna (0,674\*).

Kod šestoredih genotipova dobijena je statistički značajna korelacija između prosečne produkcije po klasu i ukupnog prinosa, u kontrolnim uslovima je iznosila (0,674\*), a u uslovima defolijacije (0,733\*). Kod dvoredih formi ove korelacije su vrlo slabe. Prosečna produkcija kod šestoredih genotipova u uslovima suše je bila u negativnoj korelaciji sa dužinom vršne internodije (-0,791\*\*), dužinom izloženog dela internodije (-0,847\*\*) i visinom biljke (-0,638\*), pa bi za uslove stresa selekciju trebalo usmeriti na niže genotipove kod kojih je translokacija u vršne delove lakša/ brža, ali tako da se zadrži što veća biomasa. Jedan od uzroka manje produkcije po klasu viših genotipova je i veći procenat poleganja.

Tabela 16. Koeficijenti korelacije ispitivanih osobina i prinosa 15 genotipova dvoredog ječma u kontrolnim (ispod dijagonale) i uslovima defolijacije (iznad dijagonale) u periodu 2011- 2012 godina

	DC	SH	PLZ	DI	II	H	DK	DO	BZ	BSZ	AT	HT	BM	ŽI	IK	PK	PR	PT	SAT	PIN
DC	1	-	-	0,497	0,188	0,350	0,311	0,306	0,476	0,209	-0,319	-0,471	-0,222	-0,425	-0,228	0,193	-0,458	-0,511	-0,268	0,013
SH	0,232	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLZ	0,267	0,021	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DI	0,478	0,474	-0,172	1	0,595	0,329	-0,159	0,278	0,070	0,298	-0,434	0,186	0,226	-0,059	0,062	-0,025	0,125	0,050	0,229	-0,387
II	0,171	0,394	-0,260	0,738	1	-0,289	-0,396	-0,277	-0,023	0,339	-0,654	0,146	0,508	-0,448	-0,310	-0,049	-0,038	0,521	0,334	-0,614
H	0,558	-0,318	0,070	0,405	-0,072	1	0,292	0,416	0,234	-0,056	0,375	-0,227	-0,332	0,291	0,338	0,294	0,064	-0,514	-0,342	0,518
DK	0,463	-0,064	0,380	-0,183	-0,375	0,362	1	-0,179	0,590	-0,307	0,207	-0,486	-0,126	0,181	0,084	0,432	0,082	-0,441	-0,650	0,554
DO	0,229	-0,276	0,044	0,179	-0,175	0,518	-0,264	1	-0,293	-0,160	0,480	-0,130	-0,251	0,159	0,302	0,134	-0,025	-0,499	0,296	0,266
BZ	0,626	0,261	0,585	0,097	-0,089	0,262	0,708	-0,274	1	0,458	-0,189	-0,250	-0,094	-0,151	-0,189	0,410	-0,168	-0,049	-0,381	0,128
BSZ	0,290	0,663	-0,143	0,655	0,700	-0,168	-0,264	-0,175	0,294	1	-0,519	0,138	0,058	-0,294	-0,203	0,019	-0,200	0,505	0,122	-0,449
AT	0,025	-0,504	0,108	-0,483	-0,673	0,415	0,482	0,395	0,111	-0,605	1	-0,279	-0,307	0,431	0,344	0,344	0,145	-0,431	-0,030	0,826
HT	-0,414	0,339	-0,258	0,191	0,096	-0,234	-0,543	-0,101	-0,409	0,074	-0,409	1	0,337	0,251	0,041	-0,426	0,415	0,544	0,473	-0,593
BM	0,209	0,171	0,199	0,255	0,466	-0,095	0,116	-0,444	0,379	0,360	-0,327	-0,127	1	-0,056	0,082	0,408	0,581	0,650	0,162	-0,385
ŽI	0,024	-0,183	-0,340	-0,036	-0,278	0,169	0,053	-0,136	-0,034	-0,163	-0,051	0,314	0,001	1	0,779	-0,032	0,778	-0,079	-0,076	0,255
IK	0,328	-0,304	0,002	-0,359	-0,292	0,092	0,187	0,176	0,009	-0,304	0,281	-0,416	0,110	0,293	1	0,214	0,689	-0,123	-0,105	0,207
PK	0,232	-0,001	0,056	-0,254	-0,099	-0,104	0,281	0,030	0,266	0,018	0,447	-0,614	0,294	-0,156	0,484	1	0,238	-0,046	-0,357	0,519
PR	0,155	0,037	-0,008	0,155	0,232	-0,049	0,112	-0,458	0,273	0,197	-0,292	0,058	0,841	0,528	0,263	0,210	1	0,327	0,014	-0,029
PT	-0,239	-0,238	0,432	-0,112	-0,030	0,065	-0,093	0,001	0,181	0,014	-0,009	-0,199	0,370	-0,161	-0,021	0,048	0,203	1	0,426	-0,622
SAT	0,060	0,695	-0,253	0,485	0,603	-0,346	-0,149	-0,264	-0,063	0,593	-0,532	0,158	0,416	-0,206	-0,140	0,026	0,223	-0,147	1	-0,535
PIN	0,062	-0,629	0,196	-0,557	-0,747	0,436	0,434	0,388	0,154	-0,657	0,930	-0,363	-0,394	0,066	0,312	0,310	-0,285	-0,001	-0,784	1

DC- datum cvetanja, SH- sadržaj hlorofila, PLZ- površina lista zastavičara, DI- dužina internodije, II- iloženost interdnodije, H- visina biljke, DK- dužina klasa, DO- dužina osja, BZ- broj zrna, BSZ- broj sterilnih zrna, AT- masa 1000 zrna, HT- hektolitarska masa, BM- biomasa, ŽI- žetveni indeks, IK- indeks klasa, PK- prinos po klasu, PR- prinos, PT- sadržaj proteina, SAT- suma akcionih temperature, PIN- prosečni intenzitet nalivanja zrna. ■ P<0.05(\*); ■ P<0,01 (\*\*); ■ P<0,001(\*\*\*)



Tabela 17. Koeficijenti korelacije ispitivanih osobina i prinosa 10 genotipova šestoredog ječma u kontrolnim (ispod dijagonale) i uslovima defolijacije (iznad dijagonale) u periodu 2011- 2012 godina

	DC	SH	PLZ	DI	II	H	DK	DO	BZ	BSZ	AT	HT	BM	ŽI	IK	PK	PR	PT	SAT	PIN
DC	1	-	-	-0,247	-0,149	0,047	<b>-0,657</b>	0,041	-0,531	-0,453	0,541	-0,617	-0,205	0,285	-0,263	0,139	0,031	-0,350	-0,069	0,560
SH	0,600	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLZ	<b>0,681</b>	0,185	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DI	-0,198	0,162	0,278	1	<b>0,983</b>	<b>0,696</b>	<b>0,652</b>	-0,180	<b>0,698</b>	0,501	-0,501	0,420	-0,212	<b>-0,756</b>	-0,468	<b>-0,791</b>	-0,518	0,594	0,474	-0,557
II	-0,151	0,210	0,342	<b>0,971</b>	1	<b>0,717</b>	0,622	-0,244	<b>0,678</b>	0,376	-0,472	0,324	-0,259	<b>-0,774</b>	-0,557	<b>-0,847</b>	-0,564	0,547	0,455	-0,519
H	-0,214	0,316	-0,218	0,492	0,581	1	0,600	-0,391	0,550	0,112	-0,584	0,102	0,036	-0,540	-0,469	<b>-0,638</b>	-0,211	<b>0,687</b>	0,367	<b>-0,637</b>
DK	<b>-0,680</b>	-0,102	-0,514	0,598	0,557	<b>0,733</b>	1	-0,473	<b>0,949</b>	0,400	<b>-0,909</b>	0,402	-0,109	-0,602	-0,259	-0,618	-0,364	0,579	0,152	<b>-0,875</b>
DO	0,290	-0,262	0,564	0,039	-0,068	<b>-0,677</b>	-0,447	1	-0,495	0,320	0,640	0,178	-0,048	-0,034	-0,042	0,091	-0,039	-0,062	0,227	0,539
BZ	-0,554	0,106	-0,463	<b>0,642</b>	0,595	<b>0,699</b>	<b>0,960</b>	-0,436	1	0,441	<b>-0,816</b>	0,241	-0,361	-0,617	-0,397	<b>-0,652</b>	-0,544	0,386	0,174	<b>-0,779</b>
BSZ	-0,134	-0,068	-0,209	0,199	0,032	0,028	0,361	0,435	0,368	1	-0,234	0,537	-0,277	-0,558	-0,041	-0,232	-0,449	0,353	0,236	-0,228
AT	<b>0,687</b>	0,070	0,523	-0,536	-0,538	<b>-0,780</b>	<b>-0,918</b>	<b>0,636</b>	<b>-0,842</b>	-0,049	1	-0,462	-0,085	0,357	0,010	0,413	0,091	<b>-0,648</b>	-0,027	<b>0,933</b>
HT	-0,493	-0,232	-0,128	0,398	0,329	0,116	0,330	0,128	0,211	0,195	-0,443	1	0,278	-0,360	0,284	-0,234	0,030	<b>0,756</b>	0,306	-0,514
BM	-0,035	-0,075	-0,417	-0,375	-0,365	0,195	0,038	-0,539	-0,062	-0,252	-0,222	-0,274	1	0,444	<b>0,722</b>	0,461	<b>0,883</b>	0,318	-0,276	-0,071
ŽI	0,118	0,041	-0,334	-0,461	-0,500	-0,224	-0,189	-0,304	-0,151	-0,276	0,071	-0,477	<b>0,782</b>	1	<b>0,656</b>	<b>0,863</b>	<b>0,802</b>	-0,530	-0,527	0,423
IK	-0,070	-0,014	-0,232	-0,090	-0,166	-0,122	-0,064	-0,186	-0,115	-0,251	-0,204	0,292	<b>0,633</b>	<b>0,658</b>	1	<b>0,820</b>	<b>0,802</b>	-0,051	-0,491	0,103
PK	0,409	0,535	-0,121	-0,357	-0,347	-0,119	-0,355	-0,270	-0,234	-0,291	0,196	-0,407	0,551	<b>0,783</b>	0,568	1	<b>0,733</b>	-0,499	-0,544	0,492
PR	0,021	-0,034	-0,391	-0,388	-0,397	0,069	-0,017	-0,484	-0,068	-0,278	-0,147	-0,374	<b>0,968</b>	<b>0,908</b>	<b>0,674</b>	<b>0,655</b>	1	-0,005	-0,426	0,130
PT	0,469	0,097	0,539	0,195	0,174	0,071	-0,199	0,426	-0,267	0,346	0,287	0,126	-0,138	-0,462	-0,206	-0,339	-0,269	1	0,409	<b>-0,717</b>
SAT	-0,067	0,278	-0,131	0,034	0,128	0,329	-0,012	-0,410	-0,026	-0,244	-0,132	-0,069	0,328	0,061	0,094	0,376	0,220	-0,001	1	-0,358
PIN	0,592	0,026	0,359	-0,590	-0,629	<b>-0,832</b>	<b>-0,814</b>	0,614	<b>-0,717</b>	0,036	<b>0,937</b>	-0,425	-0,270	0,134	-0,195	0,154	-0,151	0,120	-0,403	1

DC- datum coetanja, SH- sadržaj hlorofila, PLZ- površina lista zastavičara, DI- dužina internodije, II- iloženost interdnodije, H- visina biljke, DK- dužina klasa, DO- dužina osja, BZ- broj zrna, BSZ- broj sterilnih zrna, AT- masa 1000 zrna, HT- hektolitarska masa, BM- biomasa, ŽI- žetveni indeks, IK- indeks klasa, PK- prinos po klasu, PR- prinos, PT- sadržaj proteina, SAT- suma aktivnih temperature, PIN- prosečni intenzitet nalivanja zrna. ■ P<0,05(\*); ■ P<0,01(\*\*); ■ P<0,001(\*\*\*)

Vrlo jaka korelacija dobijena je između mase 1000 zrna i prosečnog intenziteta nalivanja zrna, u kontroli je iznosila (0,930<sup>\*\*\*</sup>) kod dvoredih, odnosno (0,937<sup>\*\*\*</sup>) kod šestoredih, a u uslovima stresa (0,826<sup>\*\*\*</sup>) i (0,933<sup>\*\*\*</sup>). Ovakva zavisnost je bila i očekivana imajući u vidu visoku pozitivnu korelaciju utvrđenju između intenziteta nalivanja i mase pojedinačnog zrna (poglavlje 5.6). Mou i sar. (1994) i Verma i Verma (2011) su takođe dobili pozitivne korelacije za ove dve osobine kod ječma a Jocković i sar. (2014) kod pšenice. Prosečni intenzitet nalivanja zrna kod šestoredih genotipova je bio u negativnoj korelaciji sa visinom biljke (-0,832<sup>\*\*</sup>), dužinom klasa (-0,814<sup>\*\*</sup>) i brojem zrna po klasu (-0,717<sup>\*</sup>) kako u kontrolnim, tako i u uslovima stresa (-0,637<sup>\*</sup>), (-0,875<sup>\*\*\*</sup>) i (-0,779<sup>\*\*</sup>).

Između mase 1000 zrna kao bitne komponente prinosa i ukupnog prinosa, nije dobijena statistički značajna korelacija, što je bio slučaj i u istraživanjima koja su radili Dyulgerova (2012); Budakli- Carpici i Celik (2012) dok je kod Bensemene i sar. (2011) ova ova korelacija značajna i kod dvoredih i kod šestoredih formi ječma. Kod šestoredih genotipova i u kontroli i u uslovima stresa, dobijena je vrlo jaka zavisnost između mase 1000 zrna i broja zrna (-0,842<sup>\*\*\*</sup>) i (-0,816<sup>\*\*\*</sup>), kao i između mase 1000 zrna i dužine klasa (-0,918<sup>\*\*\*</sup>) u kontroli, i (-0,909<sup>\*\*\*</sup>) u uslovima stresa. Između ovih osobina kod dvoredih formi korelacije nisu bile značajne. Negativne veoma značajne korelacije između broja zrna po klasu i mase 1000 zrna dobili su i (Bensemene i sar., 2011; Naghahi i Asgharipour, 2011; Setotaw i sar., 2014) što ukazuje da je kod šestoredih formi zbog većeg broja formiranih zrna (u odnosu na dvorede), kompetitorski efekat veoma izražen pa je teško istovremeno raditi selekciju na veću dužinu klasa odnosno broj zrna i težinu zrna.

Bensemene i sar. (2011) su kod dvoredih formi između prinosa i broja zrna po klasu dobili korelacije koje nisu statistički značajne, a u ovom radu se to odnosi na obe ispitivane forme. Razlog tome možda leži u činjenici da se broj zrna diferencira u ranim fazama razvoja biljke, a da je nakon toga prinos je direktno proporcionalan težini zrna (Wiegand i Cuellar, 1981), koja predstavlja

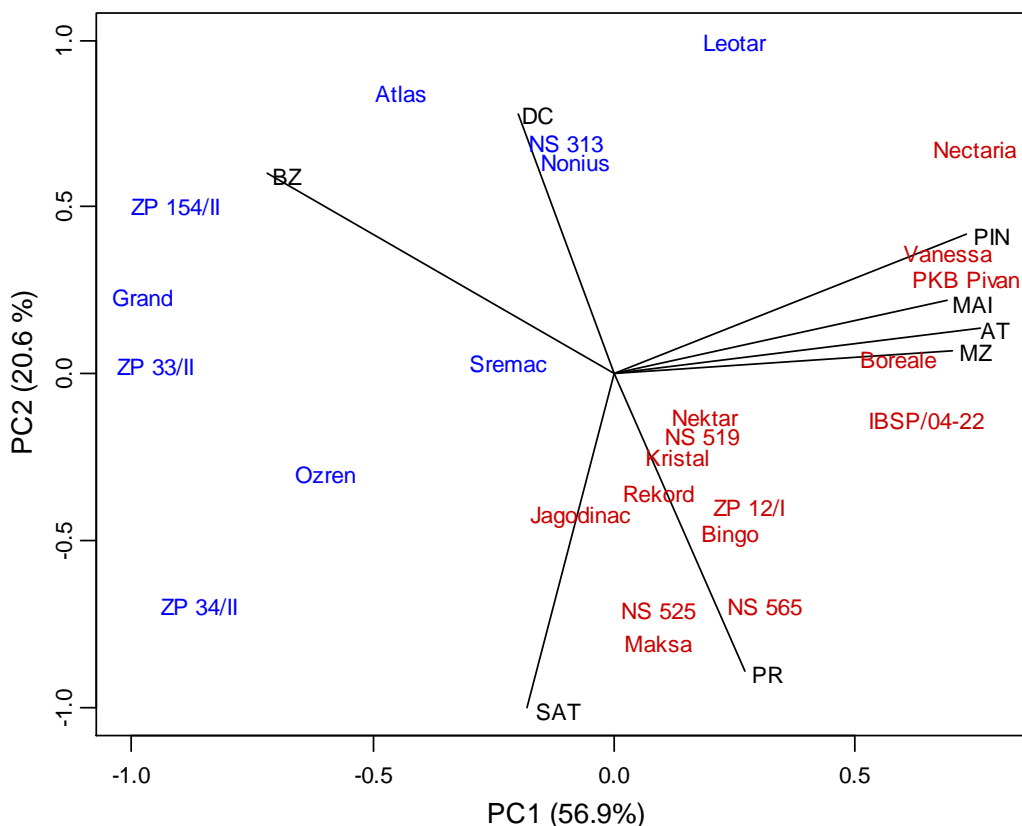
funkciju intenziteta i dužine trajanja nalivanja, pri čemu različiti faktori spoljne sredine utiču na sam proces. S druge strane, korelacije između dužine klasa i broja zrna po klasu su kod šestoredih formi u oba tretmana kao i kod dvoredih u kontrolnim visoko značajne, a u uslovima stresa značajne. Budakli- Carpici i Celik (2012) su kod dvoredih formi dobili veoma značajnu korelaciju između ova dva parametra, a Aboughadareh i sar. (2013) kod jarih ječmova u kontrolnim uslovima korelaciju koja nije značajna, ali u uslovima vodnog stresa veoma značajnu negativnu korelaciju.

## 5.9. Multivarijaciona analiza (GT biplot) genotipova ječma

Jedan od bitnih aspekata oplemenjivanja je i ocena genotipova na osnovu više osobina. Tehnika multivarijacione analize i konstrukcija GT biplota, se može koristiti za ocenu varijabilnosti genetičkog materijala na osnovu različitih osobina, za poređenje genotipova i vizualizaciju međusobnih odnosa ispitivanih osobina, bitnih za proces selekcije (Yan i Rajcan, 2002).

Kako bi se vizuelno prikazali odnosi između ispitivanih osobina, konstruisani su vektori koji prolaze od početka GT biplota do markera svake osobine, a ugao između tako konstruisanih prava objašnjava korelacione odnose između osobina. Ukoliko vektori dve osobine zaklapaju ugao od  $180^\circ$  ( $r = \cos 180^\circ = -1$ ), dve osobine su potpuno zavisne ali u suprotnom smeru; ukoliko je ugao  $0^\circ$  ( $r = \cos 0^\circ = 1$ ), dve osobine su potpuno zavisne u istom smeru i ukoliko je ugao  $90^\circ$  ( $r = \cos 90^\circ = 0$ ), između dve osobine ne postoji zavisnost. Procenat varijanse objašnjen određenom osobinom, očitava se na osnovu relativne dužine vektora za tu osobinu. Što se tiče ocene genotipova, biplot omogućava poređenje genotipova na osnovu više osobina, s ciljem da se izdvoje oni koji su posebno dobri po nekim svojstvima od značaja za proces selekcije.

Na grafiku 18. prikazan je GT biplot za 15 dvoredih i 10 šestoredih genotipova ječma, četiri parametra nalivanja, tri agronomske osobine i prinos u kontrolnim uslovima. Na taj način GT biplotom je objašnjeno 77,5% varijanse standardizovanih podataka. Što se tiče ispitivanih osobina, masa pojedinačnog zrna, maksimalni apsolutni intenzitet nalivanja, prosečni apsolutni intenzitet nalivanja zrna i masa 1000 zrna su bili u jakoj pozitivnoj međusobnoj korelaciji, s tim što je masa pojedinačnog zrna u većoj meri zavisila od maksimalnog nego od prosečnog intenziteta nalivanja. Dužina trajanja nalivanja zrna izražena preko sume aktivnih temperatura je bila u veoma slaboj negativnoj korelaciji sa masom pojedinačnog zrna, prosečnim i maksimalnim intenzitetom nalivanja s kojima zaklapa ugao od skoro  $90^\circ$ .



Grafik 18. GT biplot prikazuje odnos između 15 genotipova dvoredih i 10 šestoredih ječmova i odabranih osobina u kontrolnim uslovima za period 2011-2012. MZ- masa pojedinačnog zrna, MAI- max. apsolutni intenzitet nalivanja, PIN- prosečni apsolutni intenzitet nalivanja, SAT- period nalivanja zrna, PR- prosečni prinos, BZ- broj zrna po klasu, AT- masa 1000 zrna, DC- datum cvetanja.

Prosečni prinos je bio bio u srednje jakoj pozitivnoj korelaciji sa dužinom nalivanja zrna, dok je sa masom pojedinačnog zrna, masom 1000 zrna, maksimalnim i prosečnim apsolutnim intenzitetom nalivanja korelacija bila veoma slaba. Prosečan prinos je bio u skoro potpunoj negativnoj korelaciji sa datumom cvetanja, odnosno najprinosniji genotipovi u kontrolnim uslovima su bili izrazito ranostasni. Datum cvetanja je bio u srednje jakoj korelaciji sa brojem zrna, odnosno ranostasniji genotipovi su imali manji broj zrna po klasu. S druge

strane, veoma slaba korelacija je dobijena između datuma cvetanja i prosečnog intenziteta, maksimalnog intenziteta nalivanja, mase pojedinačnog i mase 1000 zrna. Broj zrna po klasu je bio u srednje jakoj, negativnoj korelaciji sa prosečnim prinosom, masom 1000 zrna, masom pojedinačnog zrna prosečnim i maksimalnim intenzitetom nalivanja. Korelacija između broja zrna i perioda nalivanja zrna je bila dosta slaba ali negativna. Sve posmatrane osobine su manje više podjednako uticale na procenat objašnjene ukupne varijanse.

Do razdvajanja dvoredih i šestoredih formi pre svega je došlo po broju zrna po klasu i datumu cvetanja. Dvoredi genotipovi su imali manji broj zrna po klasu (uslovljeno različitom morfološkom građom klasa) i kraću vegetaciju u odnosu na šestorede. Što se tiče prinosa, ZP 34/II je od šestoredih bio najbolji, ostvario je prinos na nivou najlošijih dvoredih, dok je jedino Nectaria među dvoredim imala prinos ispod proseka.

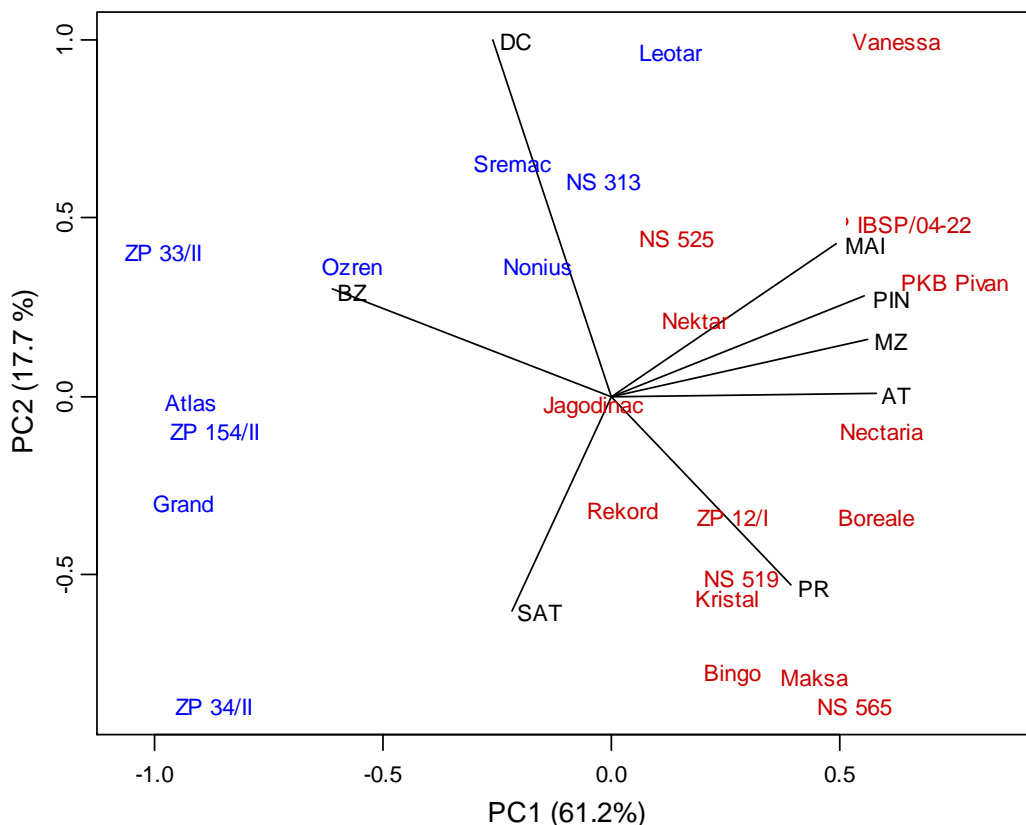
Na biplotu se razdvojilo pet grupa genotipova. Prvu čine dvorede forme koje su najranije cvetale, sa prinosom i dužinom nalivanja iznad, a parametrima nalivanja i masom 1000 zrna oko proseka ogleda. Tu spadaju: Maksa, NS 525, NS 565, koje su ostvarile najveće vrednosti za prosečan prinos i dužinu nalivanja, zatim Bingo, ZP 12/I, Jagodinac, Rekord, Kristal, NS 519 i Nektar. Drugu grupu čine genotipovi sa datumom cvetanja i prinosom na nivou proseka, ali izuzetno velikim vrednostima parametara nalivanja i mase 1000 zrna. Tu spadaju: Nectaria i Vanessa koje su imale najveći prosečni intenzitet nalivanja, PKB Pivan koji je pored visokog prosečnog imao najveću vrednosti maksimalno apsolutnog intenziteta nalivanja, Boreale sa najvećom masom pojedinačnog zrna i dvoreda linija IBSP/04-22. U trećoj grupi su šestoredi genotipovi Leotar, NS 313, Nonius i Atlas, koji su cvetali najkasnije, imali prinos i dužinu nalivanja ispod a parametre nalivanja i masu 1000 zrna oko proseka ogleda, osim sorte Leotar koja je imala dosta visok prosečni intenzitet nalivanja u odnosu na sve ostale iz ove grupe. Četvrtu grupu čine takođe šestoredi genotipovi sa periodom do cvetanja iznad, a prinosom na nivou proseka ogleda. Nalivanje zrna je trajalo kraće od proseka, a parametri nalivanja i masa

1000 zrna su imali vrednosti ispod proseka oglada. Ovde su pored pored sorte Grand i linije ZP 33/II i ZP 154/II koja je imala najveći broj zrna po klasu od svih ispitivanih genotipova. Poslednju, najmanje ujednačenu grupu čine šestoredi genotipovi ZP 34/II, Ozren i Sremac koji su u kontrolnim uslovima ostvarili prosečan prinos i datum cvetanja na nivou proseka. Sorta Sremac je imala i dužinu perioda nalivanja i parametre nalivanja kao i masu 1000 zrna na nivou proseka oglada, a kod genotipova ZP 34/II i Ozren period nalivanja je trajao nešto duže od prosečnog dok su parametri nalivanja bili niži u odnosu na sortu Sremac.

GT biplotom za 15 dvoredih i 10 šestoredih genotipova ječma i četiri parametra oplemenjivanja u uslovima stresa objašnjeno je 78,9% varijanse standardizovanih podataka (grafik 19.).

Na GT biplotu se uočava, kao i u kontrolnim uslovima, razdvajanje genotipova po tipu klasa na osnovu broja zrna i datuma cvetanja. Svi šestoredi genotipovi su imali veći broj zrna od proseka oglada. Što se tiče ispitivanih osobina, prosečni intenzitet nalivanja, maksimalni apsolutni intenzitet nalivanja, masa pojedinačnog zrna i masa 1000 zrna su bili u jakoj pozitivnoj međusobnoj korelaciji. Za razliku od kontrolnog tretmana ovde je masa pojedinačnog zrna u većoj meri zavisila od prosečnog nego od maksimalnog intenziteta nalivanja. Prosečni prinos je bio u srednje jakoj pozitivnoj korelaciji sa dužinom nalivanja zrna i masom 1000 zrna, dok je sa masom pojedinačnog zrna, maksimalnim i prosečnim apsolutniom intenzitetom nalivanja korelacija bila dosta slaba. Prosečan prinos je bio u srednje jakoj negativnoj korelaciji sa brojem zrna po klasu i sa datumom cvetanja, odnosno kao i u kontroli najprinosniji genotipovi u su bili ranostasniji. I u slučaju datuma cvetanja i broja zrna odnos je isti kao u kontrolnim uslovima, ranostasniji genotipovi su imali manji broj zrna po klasu. Korelacija između datuma cvetanja i prosečnog i maksimalnog apsolutnog intenziteta nalivanja, mase pojedinačnog zrna i mase 1000 zrna je bila slaba. Broj zrna po klasu je bio u negativnoj srednje jakoj do slaboj korelaciji sa prosečnim prinosom, masom 1000 zrna, masom

pojedinačnog zrna i intenzitetima nalivanja. Korelacija između broja zrna i perioda nalivanja je kao i u kontrolnim uslovima bila slaba. Najveći procenat ukupne varijanse objašnjen je datumom cvetanja.



Grafik 19. GT biplot prikazuje odnos između 15 genotipova dvoredih i 10 šestoredih ječmova i odabranih osobina u kontrolnim uslovima za period 2011-2012 MZ- masa pojedinačnog zrna, MAI- max. apsolutni intenzitet nalivanja, PIN- prosečni apsolutni intenzitet nalivanja, SAT- period nalivanja zrna, PR- prosečni prinos, BZ- broj zrna po klasu, AT- masa 1000 zrna, DC- datum cvetanja.

U uslovima stresa genotipovi su se grupisali u četiri grupe. U prvoj grupi se nalaze najranostasniji dvoredi genotipovi koji ostvarili najveći prosečni prinos i kod kojih je nalivanje zrna najduže trajalo, vrednosti mase 1000 zrna i parametara nalivanja su bile na nivou proseka ogleda. Genotipovi iz ove grupe



Maksa, NS 565 i Bingo su ostvarili najveće prinose u odnosu na ostale ispitivane genotipove. Pored njih tu su još i Boreale, NS 519, Kristal, ZP 12/I, Rekord i Jagodinac koji se nalazi u samom centru biplota, tj imao je prosečne vrednosti za najveći broj ispitivanih osobina. Drugu grupu čine genotipovi sa datumom cvetanja i prinosom na nivou proseka, ali izuzetno velikim vrednostima parametara nalivanja i mase 1000 zrna. Tu spadaju: PKB Pivan koji je imao najveći prosečni intenzitet nalivanja zrna i masu pojedinačnog zrna, IBSP/04-22 sa najvećim maksimalnim intenzitetom nalivanja, Nectaria sa najvećom masom 1000 zrna, NS 525 sa brojem zrna i Nektar sa prinosom na nivou proseka dvorednih genotipova, kao i sorta Vanessa koja je u odnosu na ostale iz ove grupe najkasnije cvetala. U trećoj grupi su šestoredi genotipovi koji su cvetali najkasnije i imali broj zrna ispod proseka šestoredih genotipova. Ostvarili su prosečan prinos i dužinu nalivanja ispod a parametre nalivanja i masu 1000 zrna oko proseka oglada. U ovoj grupi se nalaze Leotar i Sremac sa najkasnijim datumom cvetanja, kao i NS 313 i Nonius. Četvrtu, najneujednačeniju grupu čine takođe šestoredi genotipovi sa brojem zrna i periodom do cvetanja iznad proseka oglada, dužinom nalivanja na nivou ili ispod proseka a prosečnim prinosom, masom 1000 zrna i parametrima nalivanja ispod proseka. Ovde su se našle linije ZP 33/II i ZP 154/II, i sorte Atlas, Grand i Ozren koja je imala najveći broj zrna po klasu u okviru ove grupe. U ovoj grupi uslovno se može naći i linija ZP 34/II koja je od svih šestoredih linija bila najranostasnija i najprinosnija, sa brojem dana do cvetanja ispod proseka, a prinosom na nivou proseka oglada.

## 5.10. Indeksi stresa

Jedan od glavnih ciljeva oplemenjivanja biljaka je svakako povećanje prinosa u uslovima abiotičkog stresa. Cattivelli i sar. (2008) smatraju se povećanje produktivnosti, poboljšanje prinosa kao i stabilnosti prinosa u uslovima suše može postići stvaranjem sorti tolerantnih na sušu. Ključnu ulogu u tom procesu ima razumevanje odgovora biljke na uslove suše. Postoje dva pristupa kod identifikacije tolerantnih genotipova, jedan je na osnovu njihovih prinosa u uslovima suše, a drugi se zasniva na uvođenju parametara za kvantifikaciju tolerantnosti na sušu. Vremenom je predloženo nekoliko parametara tolerantnosti na sušu, na osnovu prinosa u nepovoljnim tj stresnim i povoljnim tj normalnim uslovima. Jedan od najčešće korišćenih je indeks osetljivosti na sušu SSI (*stress susseptibility index*), koji su definisali Fischer i Maurer (1978), a zasniva se na minimiziranju smanjenja prinosa u stresnim uslovima u odnosu na povoljne uslove sredine. Guttieri i sar. (2001) ističu da vrednosti SSI indeksa ispod 1 ukazuju na nisku osetljivost na sušu (visoku stabilnost prinosa), a iznad 1 na visoku osetljivost na sušu (manju stabilnost prinosa). Rosielle i Hamblin (1981) tolerantnost na sušu definišu kao apsolutnu razliku između prinosa u uslovima stresa i u normalnim uslovima (TOL). Mnogi autori su primetili da selekcija bazirana samo na SSI i TOL indeksu favorizuje genotipove sa visokim prinosom u uslovima suše, ali i niskim potencijalom za rodnost u povoljnim uslovima (Zangi, 2005; Golabadi i sar., 2006). Zbog toga je uveden i STI indeks (*stress tolerance index*) koji izdvaja genotipove otporne na uslove suše (Fernandez, 1992). STI indeks izdvaja one sorte koje daju najveće prinose u uslovima kada voda nije ograničavajući faktor, a u uslovima suše najmanje redukuju prinos.

Genotipovi koji imaju visoke vrednosti STI indeksa, postižu dobre prinose i u povoljnim i u stresnim uslovima. Genotipovi osetljivi na uslove suše imaju drastično manje prinose u sušnim u odnosu na kontrolne uslove, a samim tim i niže vrednosti STI indeksa.

U tabeli 18. prikazane su prosečne vrednosti (2011-2012) sva tri indeksa suše za 25 genotipova ječma, kao i prosečni prinosi u tretmanu sa defolijacijom, kontrolnom i oba tretmana gajenja.

Vrednosti indeksa osteljivosti na sušu (SSI) kretale su se u intervalu od 0,52 kod sorte dvoredog ječma Boreale, do 1,56 kod šestorede linije ZP 33/II. Prema Bruckner i Frohberg (1987) i Sio-Se Mardeh i sar. (2006) genotipove sa niskom vrednošću SSI indeksa smatraju otpornim na sušu, jer je u tom slučaju smanjenje njihovih prinosa u sušnim u odnosu na normalne (povoljne) uslove manje od prosečnog. Po ovom indeksu, najtolerantniji na sušu su sorte Boreale 0,52, Bingo 0,54, Maksa 0,58 sve iz grupe dvoredih formi. Kao najmanje tolerantni na osnovu SSI indeksa izdvojili su se šestoredi genotipovi ZP 33/II 1,56, Atlas 1,54 i dvoredi NS 535 1,46.

Vrednosti indeksa tolerantnosti (TOL) kretale su se od 1143,2 kod dvorede sorte Boreale do 3730,2 kod šestorede linije ZP 33/II. Kao najtolerantnije, pošto su imale najmanje vrednosti apsolutnih razlika prinosa u uslovima defojacije u odnosu na kontrolne izdvojile su se Boreale, Bingo i šestoreda linija ZP 154/II. Na osnovu niskih vrednosti TOL indeksa one se smatraju tolerantnijim na stres izazvan nedostatkom vode, odnosno stabilnijim u različitim uslovima (povoljnim i nepovoljnim). Kao najmanje tolerantne izdvojile su se ZP 33/II i dvorede NS 525 i IBSP/04-22.

Što se tiče indeksa tolerantnosti na sušu (STI), on je bio najniži kod šestorede sorte Grand 0,29, a najviše kod dvorede sorte NS 565 1,09. Na osnovu vrednosti STI u Tabeli 18. kao najtolerantnije na uslove suše izdvojile su se dvorede sorte NS 565, Bingo i Maksa, a najosetljivije šestoredi genotipovi Grand, Atlas i dvoredi NS 525.

Kada se pogledaju rezultati u tabeli 18. u zavisnosti od tipa klasa, na osnovu prosečnih vrednosti sva tri parametra dvoredi genotipovi su oni koji su generalno otporniji odnosno tolerantniji na sušu. Ovi rezultati u saglasnosti sa rezultatima koje su dobili Bavei i sar. (2011). Na osnovu indeksa osteljivosti, oni ističu dvorede genotipove u odnosu na šestorede kao tolerantnije na uslove

Tabela 18. Prosečan prinos (kg/ha) u tretmanu sa defolijacijom (PD), kontrolnom tretmanu (PK), obe varijante gajenja (PR), tolerantnost na sušu (TOL), indeks osetljivosti na sušu (SSI) i indeks tolerantnosti na sušu (STI), 25 genotipova ječma (2011-2012)

rb	Genotip	PD	rang	PK	rang	PR	rang	TOL	rang	SSI	rang	STI	rang
1	NS 565	6461,8	2	8208,1	2	7335,0	1	1746,3	7	0,66	5	1,09	1
2	Rekord	5026,0	12	7640,9	8	6333,5	9	2614,9	17	1,07	16	0,79	11
3	NS 519	4560,1	15	6399,5	20	5479,8	19	1839,4	9	0,90	9	0,60	17
4	Bingo	5647,9	4	6824,5	17	6236,2	11	1176,6	2	0,54	2	0,79	10
5	Nectaria	4400,8	16	6788,8	18	5594,8	16	2388,0	16	1,10	18	0,61	16
6	Maksa	6555,7	1	8056,8	3	7306,3	2	1501,1	4	0,58	3	1,08	2
7	ZP 12/I	5071,1	10	7766,2	6	6418,7	6	2695,1	19	1,08	17	0,81	9
8	Boreale	5750,1	3	6893,4	16	6321,7	10	1143,2	1	0,52	1	0,81	7
9	Nektar	5581,5	6	7104,5	11	6343,0	7	1523,0	6	0,67	6	0,81	6
10	Vanessa	4847,8	13	7229,2	10	6038,5	13	2381,4	15	1,03	12	0,72	13
11	PKB Pivan	5159,0	9	7054,0	13	6106,5	12	1895,0	10	0,84	7	0,75	12
12	IBSP/04-22	5381,5	8	8466,1	1	6923,8	3	3084,5	23	1,14	19	0,93	3
13	Jagodinac	5040,9	11	8042,6	4	6541,7	5	3001,7	22	1,17	20	0,83	5
14	Kristal	5585,2	5	7088,0	12	6336,6	8	1502,8	5	0,66	4	0,81	8
15	NS 525	4118,6	19	7724,5	7	5921,6	14	3605,8	24	1,46	23	0,65	15
	Prosek 2- red	5279,2		7419,1		6349,2		2139,9		0,89		0,81	
16	ZP 34/II	5395,5	7	8017,4	5	6706,4	4	2621,9	18	1,02	11	0,89	4
17	Leotar	4761,4	14	7054,0	14	5907,7	15	2292,6	14	1,01	10	0,69	14
18	Sremac	4361,8	17	6576,6	19	5469,2	20	2214,9	13	1,05	14	0,59	18
19	ZP 33/II	3726,9	21	7457,1	9	5592,0	17	3730,2	25	1,56	25	0,57	20
20	Grand	2917,8	25	4927,5	25	3922,6	25	2009,8	11	1,27	22	0,29	25
21	ZP 154/II	3666,7	22	5121,0	24	4393,9	23	1454,3	3	0,89	8	0,38	23
22	NS 313	4062,6	20	6155,1	21	5108,9	21	2092,5	12	1,06	15	0,51	21
23	Nonius	3554,4	23	5314,2	23	4434,3	22	1759,8	8	1,03	13	0,39	22
24	Ozren	4141,8	18	6923,2	15	5532,1	18	2782,2	20	1,26	21	0,59	19
25	Atlas	2952,5	24	5821,9	22	4387,2	24	2869,4	21	1,54	24	0,35	24
	Prosek 6-red	3954,1		6336,8		5145,4		2382,8		1,17		0,53	

stresa izazvanog visokim temperaturama. Prosečne vrednosti SSI indeksa dobijene u ovom radu, za dvorede 0,89 i 1,17 za šestorede forme, su u saglasnosti sa rezultatima koje su objavili Khokhar i sar. (2012) za dvorede ječmove 0,87 i šestorede 1,14.

Najviše rangove za SSI I TOL indeks imale su sorte Boreale (1) i Bingo (2) koje su ostavrile ukupan prosečni prinos i prinos u kontrolnim uslovima ispod proseka ogleda, ali su u uslovima stresa imale visoke rangove prinosa (3) i (4). Za njih se može reći da nemaju visok potencijal za prinos ali imaju dosta nisku osetljivost na sušu, što potvrđuju i vrednosti njihovih STI indeksa. Generalno, SSI indeks se koristi za selekciju genotipova za uslove srednje do izrazite suše. Sorta NS 565 koja je imala najveći prosečni prinos imala je i najveći rang za STI indeks što nam govori da ovaj genotip ima visok potencijal za rodnost, ali I dobru tolerantnost na stres (Khokhar i sar., 2012).

Pet genotipova sa najvećim prosečnim prinosom osim sorti NS 565 i Maksa imaju dosta niske rangove za SSI i TOL indekse, odnosno veoma su osetljivi na uslove suše i nemaju stabilan prinos. Njihovi STI indeksi, ukazuju da su to genotipovi koji postižu dobre prinose i u povoljnim i u stresnim uslovima. IBSP/04-22, Jagodinac, ZP 34/II su sorte sa velikim potencijalom za prinos u normalnim uslovima, koje i u uslovima suše ostvaruju zadovoljavajući prinos.

Od svih ispitivanih genotipova, dvoreda sorta Maksa se izdvojila kao ona sa visokim rangovima za sva tri indeksa stresa STI (2), SSI (3), TOL (4), kao i veoma visokim rangovima za prosečan prinos i prinos u obe varijante gajenja PD (1), PK (3) i PR (2). Iza nje je i sorta NS 565 koja je takođe imala visoke rangove i za indekse stresa STI (1), SSI (5), TOL (7), ali i za prinos PD (2), PK(2) i PR (1). S druge strane su, sorte šestoredog ječma Atlas STI (24), SSI (24), TOL (21), PD (24), PK (22), P (24) i Grand STI (25), SSI (22), TOL (11), PD (25), PK (25) i P (25) imale jako niske rangove za ispitivane indekse suše kao i za prosečan i prinos u oba tretmana gajenja.

### 5.11. Koeficijenti korelacije pokazatelja indeksa stresa sa prinosom ječma

U tabeli 19. prikazane su korelacije između pokazatelja indeksa stresa sa prosečnim prinosom, prinosom u kontrolnim i uslovima defolijacije. Između prinosa u kontrolnim i u uslovima stresa dobijene su pozitivne visoko značajne korelacije, kao i između prosečnog prinosa sa prinosom u oba tretmana. Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima drugih autora Karami i sar. (2005) i Golabadi i sar. (2006).

Tabela 19. Koeficijenti fenotipske korelacije prinosa i pokazatelja indeksa stresa 25 genotipova ječma

Osobina/ parametar	PD	PK	PR	TOL	SSI	STI
PD	1					
PK	0,730***	1				
PR	0,840***	0,859***	1			
TOL	-0,377	0,357	0,017	1		
SSI	-0,786***	-0,194	-0,482*	0,811***	1	
STI	0,959***	0,867***	0,863***	-0,136	-0,603**	1

PD- prinos u uslovima defolijacije, PK- Prinos u kontroli, PR- prosečan prinos, TOL- tolerantnost, SSI- indeks osetljivosti na sušu, STI- indeks tolerantnosti na sušu. \* $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$ ; \*\*\* $P < 0.001$

Dobijene su pozitivne, visoko značajne korelacije između STI indeksa i prosečnog prinosa, kao i prinosa u oba tretmana što ukazuje da STI indeks može poslužiti kao dobar kriterijum za identifikaciju genotipova sa visokim potencijalom za prinos, ali i visokim prinosom u uslovima stresa. Slične rezultate za 20 genotipova ječma dobio je i Sharafi i sar. (2014). Ipak, Blum (1996) i Sio-Se Mardeh i sar. (2006) veruju da efikasnost selekcionih kriterijuma dosta zavisi od jačine stresa i da jedino u uslovima umerenog stresa potencijal za prinos značajno utiče na prinos u uslovima stresa.

Negativne, visoko značajne korelacije dobijene su između SSI indeksa i prinosa u uslovima defolijacije ( $r = -0,786^{***}$ ), što ukazuje da će selekcija na ovaj

parameter dati pozitivan efekat na prinos u uslovima stresa i u saglasnosti je sa rezultatima koje su dobili Golabadi i sar. (2006) i Khokhar i sar. (2012). Korelacija SSI sa prinosom u kontrolnim uslovima je negativna ali nije značajna ( $r = -0,194$ ), a sa prosečnim prinosom je značajna i negativna ( $r = -0,482^*$ ). Khokhar i sar. (2012) su takođe između SSI i prinosa u kontrolnim uslovima dobili nizak negativan koeficijent korelacije, bez statističkog značaja. Ovakvi rezultati ukazuju da selekcija na bazi SSI kao indeksa osetljivosti na stres, ne bi povećala potencijal za prinos, ali bi došlo do povećanja prosečnog prinosa zbog visoko pozitivnog efekta na prinos u uslovima suše.

TOL indeks je sa prinosom u uslovima suše bio u nesignifikantnoj negativnoj korelaciji ( $r = -0,377$ ), a sa prinosom u kontrolnim uslovima u pozitivnoj nesignifikantnoj korelaciji ( $r = 0,357$ ). Ajalli i sar. (2012) i Khokhar i sar. (2012) takođe nisu dobili značajne korelacije između prinosa i TOL indeksa. Na osnovu koeficijenta korelacije vidimo da bi se selekcijom na tolerantnost povećao prinos u uslovima suše (ne značajno), ali bi se smanjio prinos u optimalnim uslovima.

Koeficijent korelacije između prosečnog prinosa i prinosa u suvom polju ( $r = 0,840^{***}$ ) i normalnim uslovima ( $r = 0,859^{***}$ ) je veoma visok, pozitivan i visoko značajan. To nam govori, da će selekcija na prosečnu produktivnost doprineti povećanju prinosa i u uslovima suše i u kontrolnom tretmanu.

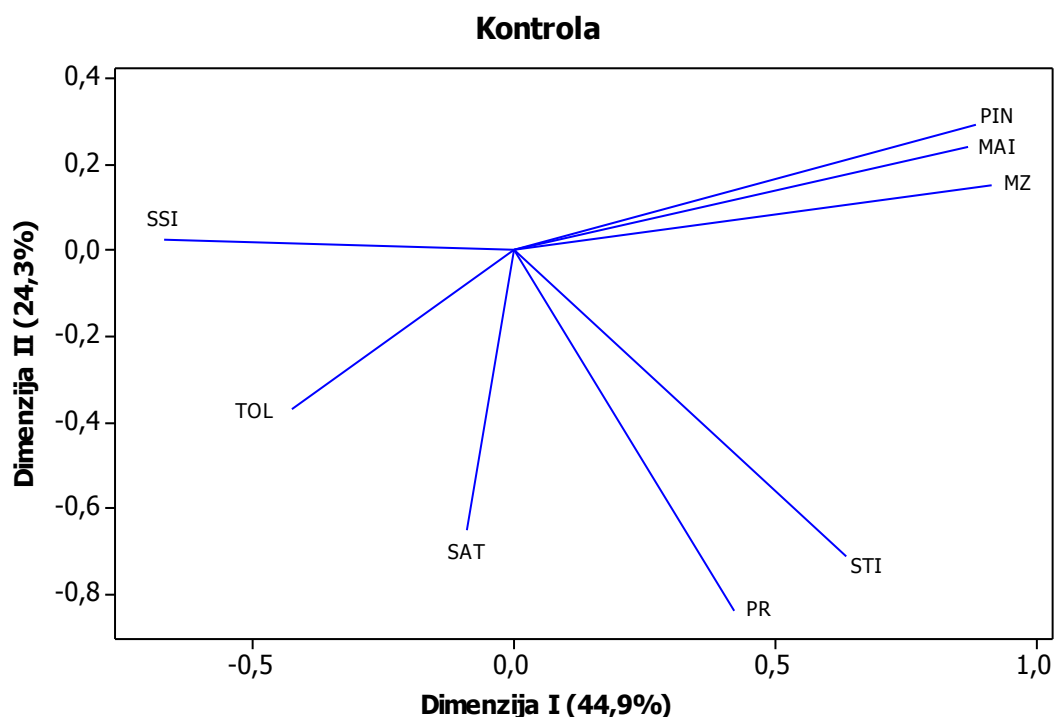
Na osnovu svega iznetog, možemo da kažemo da su ispitivani genotipovi bili dosta varijabilni, jer je kod nekih došlo do značajnog smanjenja prinosa u uslovima suše (NS 525, ZP 33/II), dok su drugi pokazali izvesnu otpornost (Maksa, NS 565). Ipak za uslove Srbije treba obratiti pažnju na genotipove sa visokim prosečnim prinosom, što manjim vrednostima SSI i što većim STI indeksom kao što su dvoredi NS 565, Maksa, IBSP/04-22 i šestoredi ječam ZP 33/II.

## 5.12. Međuzavisnost indeksa stresa i parametara nalivanja zrna ječma

Faktorska analiza je jedna od metoda multivarijacione analize koji se koristi za opis međusobne zavisnosti velikog broja promenljivih, pri čemu se sve varijable razmatraju istovremeno. Kako bi se ocenilo da li postoji povezanost između parametara nalivanja zrna i otpornosti na sušu u kontrolnim uslovima (grafik 20.) i uslovima defolijacije (grafik 21.) urađena je faktorska analiza koja je uključivala indekse stresa (SSI, STI, TOL) i ispitivane parametre nalivanja.

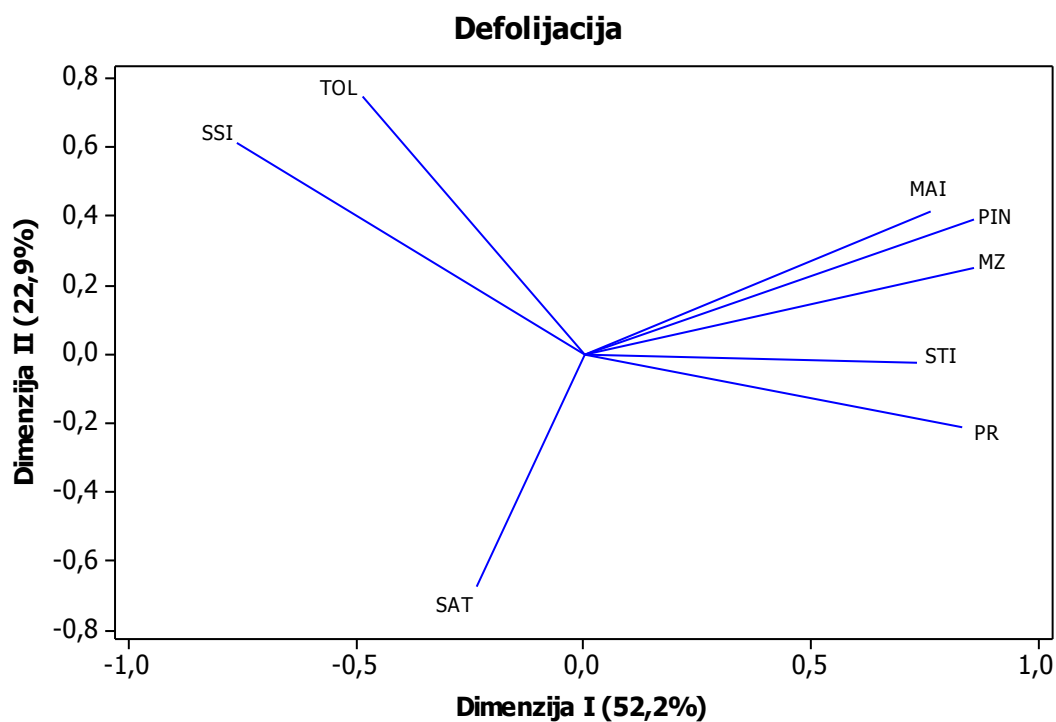
U kontrolnim uslovima SSI i TOL indeks su bili u jakoj negativnoj korelaciji sa prosečnim i maksimalnim intenzitetom nalivanja i masom pojedinačnog zrna. To znači da su genotipovi sa najvećom masom pojedinačnog zrna (MZ), prosečnim (PIN) i maksimalnim intenzitetom nalivanja (MAI) bili i najmanje osetljivi u kontrolnim uslovima. S druge strane korelacija između (SSI) indeksa i dužine nalivanja (SAT) nije bila značajna. Srednje jaka pozitivna korelacija dobijena je između indeksa TOL i dužine nalivanja (SAT), odnosno, razlika između prinosa u normalnim i stesnim uslovima će biti sve veća što nalivanje bude duže trajalo. STI indeks je u kontrolnim uslovima bio u veoma slaboj pozitivnoj korelaciji i sa parametrima nalivanja i sa dužinom nalivanja zrna, dok je sa ukupnim prinosom korelacija jača. U kontrolnim uslovima genotipovi sa većim vrednostima STI indeksa, tj oni koji se smatraju tolerantnijim, neće imati visoke vrednosti intenziteta nalivanja i mase pojedinačnog zrna, ali će ostvariti veći ukupan prinos, zbog kompenzirajućeg efekta i jake zavisnosti prinosa i drugih komponenti prinosa.





Grafik 20. Faktorska analiza indeksa stresa i parametara nalivanja zrna u kontrolnim uslovima. TOL- tolerantnost, SSI- indeks osetljivosti na sušu, STI- indeks tolerantnosti na sušu, SAT- period nalivanja zrna, PR- prosečni prinos, MZ- maksimalna masa pojedinačnog zrna, PIN- prosečni intenzitet nalivanja zrna, MAI- maksimalni apsolutni intenzitet nalivanja zrna

U uslovima stresa situacija je drugačija, jer je najveća međuzavisnost ustanovljena između indeksa STI i kako parametara nalivanja tako i ukupnog prinosa. U uslovima defolijacije, genotipovi sa najbržim nalivanjem, najvećom masom pojedinačnog zrna i pinosom će biti i najtolerantniji odnosno, u uslovima suše će najmanje redukovati prinos. Ovaj indeks je u veoma slaboj negativnoj korelaciji sa dužinom nalivanja zrna. SSI i TOL indeksi su u negativnoj korelaciji sa ispitivanim parametrima nalivanja, odnosno veći intenzitet nalivanja će u mnogo većoj meri doprineti smanjenu razlike između prinosa u normalnim i stresnim uslovima.



Grafik 21. Faktorska analiza indeksa stresa i parametara nalivanja zrna u uslovima defolijacije. TOL- tolerantnost, SSI- indeks osetljivosti na sušu, STI- indeks tolerantnosti na sušu, SAT- period nalivanja zrna, PR- prosečni prinos, MZ- maksimalna masa pojedinačnog zrna, PIN- prosečni intenzitet nalivanja zrna, MAI- maksimalni apsolutni intenzitet nalivanja zrna

### 5.13. Molekularna analiza genotipova ječma

Mikrosatelitski (SSR) markeri su se pokazali kao jedan od najpogodnijih tipova molekularnih markera za procenu genetičke divergentnosti ječma, mapiranje genoma i marker asistiranu selekciju (MAS), zbog njihove multialelske prirode, hromozomske specifičnosti, visokog nivoa polimorfizma, slučajne distribucije duž genoma, efikasnosti i dobre reproduktivnosti (Varshney i sar., 2010). Poznavanje varijabilnosti germplazme i genetičke povezanosti između genotipova su veoma važni za efikasno očuvanje i korišćenje resursa germplazme u različitim klimatskim uslovima (Dodig i sar., 2012). Kako bi se na molekularnom nivou ispitala genetička divergentnost 25 genotipova ječma, korišćeno je 15 SSR markera, ravnomerno raspoređenih po genomu (tabela 20.).

Detektovano je ukupno 45 alelnih formi, sa više od jednog alela po lokusu kod 14 od ukupno 15 SSR markera. Maksimalnih 5 alela je detektovano na lokusu GBM1007, a prosečan broj alela po lokusu iznosio je 2,8. Ovaj relativno mali broj alela je verovatno posledica ograničenog broja genotipova i male divergentnosti gena u okviru ispitivane grupe, i u skladu je sa rezultatima drugih autora (koji su ispitivali približno isti broj genotipova) a kod kojih se kretao od 2,1 Naceur i sar. (2012), 2,4 Wang i sar. (2010) do 2,8 Chaabane i sar. (2009).

Kao "nainformationiji" na osnovu PIC vrednosti (*Polymorphism Information Content*), pokazali su se markeri GBM1031 (0,620) i GBM1007 (0,572), a Pasam i sar. (2014) su ispitujući 1485 lokalnih populacija jarih ječmova za marker GBM1007 dobili PIC vrednost 0,693, a za GBM1031 0,609. PIC vrednost predstavlja meru polimorfizma lokusa (govori o snazi markera da detektuje polimorfizam u okviru populacije) i kretala se od 0,000 (GBM1043) do 0,620 (GBM1031), sa prosekom 0,291. Ovo je niže u odnosu na rezultate drugih autora (Chaabane i sar., 2009; Naceur i sar., 2012; Šurlan Momirović i sar., 2013), a ukazuje na malu genetičku divergentnost ispitivanih genotipova.

Tabela 20. Frekvencija alela, broj alela po lokusu, diverzitet gena i PIC vrednost za 15 SSR lokusa

Marker	Frekvencija alela	Broj alela po lokusu	Diverzitet gena	PIC vrednost
GBM1007	0,458	5	0,639	0,572
GBM1029	0,609	2	0,476	0,363
GBM1218	0,875	3	0,226	0,212
GBM1047	0,826	4	0,306	0,291
GBM1031	0,409	4	0,682	0,620
GBM1043	1,000	1	0,000	0,000
GBM1020	0,750	2	0,375	0,305
GBM1003	0,750	3	0,403	0,363
GBM1026	0,920	3	0,150	0,145
GBM1054	0,958	2	0,080	0,077
GBM1064	0,800	3	0,339	0,312
GBM1021	0,750	3	0,403	0,363
GBM1075	0,720	3	0,422	0,361
GBM1060	0,958	2	0,080	0,077
GBM1516	0,739	2	0,386	0,311
Prosek	0,768	2,8	0,331	0,291

Frekvencije najučestalijih alela su se kretale od 0,409 (GBM1031) do 1,000 (GBM1043) sa prosekom 0,768. Divergentnost gena je bila u intervalu od 0,000 (GBM1043) do 0,682 (GBM1031), u proseku 0,331, pri čemu veće vrednosti ukazuju na veću informativnost usled veće alelske varijabilnosti.

### 5.13.1. Veza markera sa osobinom

Analiza povezanosti markera sa osobinom je pristup u genetičkim istaživanjima koji omogućava uspešnu implementaciju marker asistiranu selekcije (MAS) u oplemenjivačke programe. Veza marker svojstvo urađena je

za 10 odabranih osobina, u dva tretmana pomoću jednofaktorijalne analize varijanse (tabela 21.).

Od 15 hormozomskih regiona, definisanih SSR markerima, za šest (GBM1007, GBM1029, GBM1031, GBM1020, GBM1075 i GBM1516) je utvrđena značajna veza sa ispitivanim osobinama. U oba tretmana statistički značajno je bilo 20 veza između markera i osobina, pri čemu su tri bile specifične samo za kontrolne, a dve samo za uslove defolijacije. Kod pojedinih markera nije bilo moguće uraditi marker osobina analizu jer nije bilo dovoljno genotipova (minimum pet) sa određenim alelom. Markerima kod kojih je utvrđen najveći broj veza sa ispitivanim osobinama su GBM1031 i GBM1516. Što se tiče osobina, za dužinu klasa i broj zrna po klasu je utvrđen najveći broj asocijativnih veza sa korišćenim markerima (po sedam), dok je najmanji broj veza utvrđen za datum cvetanja i dužinu nalivanja zrna (po dve).

Datum cvetanja je u kontrolnim uslovima bio u visoko značajnoj vezi sa markerom GBM1075, lociranom na hromozomu 6H, a u uslovima stresa između ovog markera i datuma cvetanja ustanovljena je veoma jaka veza. Lacerenza i sar. (2010) su alele za ranostasnost također locirali na hromozomu 6H, a Chen i sar. (2009) su QTL-ove za ovo svojstvo pronašli na hromozomu 2H. Mikrosatelitski marker GBM1007 lociran na hromozomu 1H, ispoljio je značajnu vezu sa dužinom klasa i u kontrolnim i u uslovima stresa. Sa dužinom klasa značajnu vezu u uslovima stresa ispoljio je i marker GBM1031 na hromozomu 3H, a veoma značajnu markerima GBM1075 na hromozomu 6H i GBM1516 na hromozomu 7H u oba tretmana. Islamović i sar. (2013) su QTL-ove za ovo svojstvo pronašli na regionima hromozoma 2H, 3H i 4H, a Gyenis i sar. (2007) QTL-ove koji utiču na veću dužinu klasa na hromozomima 6H i 7H. Broj zrna po klasu je bio u visoko značajnoj vezi sa markerima GBM1515 na hromozomu 7H (u oba tretmana), GBM1075 na hromozomu 6H (u uslovima stresa), GBM1029 na hromozomu 1H u kontrolnim uslovima dok je pri defolijaciji ova veza veoma značajna. Značajna veza, u oba tretmana je i između ove osobine i hromozoma 1H odnosno markera GMB1031.

Tabela 21. Asocijativna veza SSR markera sa ispitivanim osobinama ječma po tretmanima

Marker	Lok.	Tret.	DC	DK	BZ	BSZ	AT	BM	PK	PR	SAT	PIN
GBM1007	1H	K	nz	*	nz	nz	nz	nz	nz	nz	nz	nz
		D	nz	*	nz	nz	nz	nz	nz	nz	nz	nz
GBM1029	1H	K	nz	nz	***	**	*	nz	nz	nz	nz	**
		D	nz	nz	**	***	**	nz	nz	nz	nz	**
GBM1218	2H	K	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
		D	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
GBM1047	2H	K	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
		D	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
GBM1031	3H	K	nz	nz	*	*	***	***	nz	**	*	***
		D	nz	*	*	*	**	*	nz	*	nz	**
GBM1043	3H	K	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
		D	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
GBM1020	4H	K	nz	nz	nz	nz	nz	nz	nz	nz	*	*
		D	nz	nz	nz	nz	nz	nz	nz	nz	nz	nz
GBM1003	4H	K	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
		D	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
GBM1026	5H	K	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
		D	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
GBM1054	5H	K	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
		D	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
GBM1064	5H	K	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
		D	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
GBM1021	6H	K	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
		D	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
GBM1075	6H	K	***	**	nz	nz	nz	nz	*	nz	nz	nz
		D	**	**	***	nz	nz	nz	*	nz	nz	nz
GBM1060	7H	K	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
		D	np	np	np	np	np	np	np	np	np	np
GBM1516	7H	K	nz	**	***	***	nz	***	*	**	nz	nz
		D	nz	**	***	***	nz	***	*	***	nz	nz

*np- nije primenjiva analiza zbog nedovoljnog broja genotipova sa određenim alelom; nz- nema značajnosti, \* (P<0.05); \*\* (P<0.01); \*\*\* (P<0.001); DC- datum cvetanja; DK- dužina klasa; BZ- broj zrna; BSZ- broj sterilnih zrna; AT- masa 1000 zrna; BM- biomasa; PK- produkcija po klasu, PR- prinos zrna; SAT- dužina naliivanja zrna; PIN- intenzitet naliivanja zrna*

Broj sterilnih zrna po klasu je bio u visoko značajnoj vezi sa markerima GBM1516 na hromozomu 7H u oba tretmana i GBM1029 na hromozomu 1H u tretmanu sa defolijacijom dok je u kontrolnom veza bila veoma značajna. Sa markerom GBM1031 na hromozomu 3H u oba tretmana veza je bila jaka. Marker GBM1031, na hromozomu 3H bio je u visoko značajnoj vezi sa masom 1000 zrna u kontrolnom tretmanu dok je u uslovima stresa veza veoma jaka. Veoma jaka je i veza između ove osobine u uslovima stresa i hromozoma 1H tj markera GBM1029, dok je u kontrolnim uslovima veza značajna. Produkcija po klasu je bila u značajnoj vezi sa dva ispitivana markera GBM1075 na hromozomu 6H i GBM1516 na hromozomu 7H. Verhoeven i sar. (2004) i Chen i sar. (2004) su QTL i vezu marker svojstvo za težinu zrna našli na hromozomu 1H. Korff i sar. (2004) su našli QTL-ove za masu 1000 zrna, broj zrna po klasu, dužinu klasa, prinosa i datuma klasanja na hromozomu 2H.

Biomasa, kao osobina koja je bila u najačoj korelaciji sa prinosom bila je u statistički visoko značajnoj korelaciji sa mikrosatelitskim markerom GBM1516 na hromozomu 7H u oba tretmana, kao i sa GBM1031 na hromozomu 3H u kontrolnim uslovima dok je u uslovima stresa ova veza značajna. Mohammed (2004) je tri QTL-a za biomasu u uslovima visokih temperature locirao na hromozomima 2H, 3H i 7H. Prinos, kao najvažnija osobina, u uslovima stresa je bio u visoko značajnoj vezi sa markerom GBM1516 na hromozomu 7H, dok je u kontrolnim uslovima veza bila veoma jaka. Pored toga, veoma jaka veza je ustanovljena i između prinosa u kontrolnim uslovima i markera GBM1031 lociranog na hromozomu 3H, a u uslovima defolijacije ova veza je značajna. Mohammed (2004) QTL-ove za prinos locirao na svim hromozomima osim 7H, Talame i sar. (2004) na hromozomu 1H, a Teulat i sar. (2001) na 7H i 4H. Što se tiče dve osobine koje opisuju proces nalivanja zrna utvrđena je značajna veza između dužine nalivanja zrna u kontrolnim uslovima i markera GBM1031 na hromozomu 3H i GBM1020 na hromozomu 4H, dok između dužine nalivanja u uslovima stresa i ovde korišćenih markera nije utvrđena značajna veza. Mohammadi i sar. (2005) su QTL-ove za dužinu nalivanja locirali na

hromozomima 1H, 3H, 5H i 7H. Drugi parametar nalivanja, koji se tiče intenziteta nalivanja zrna, u kontrolnim uslovima je bio u visoko značajnoj vezi sa markerom GBM1031 na hromozomu 3H, a između ovog markera i svojstva u uslovima stresa veza je veoma značajna. Pored ovih, dinamika nalivanja u oba tretmana je bila u veoma značajnoj vezi sa markerom GBM1029 na hromozomu 1H, i u kontrolnim uslovima značajnoj sa markerom GBM1020 na hromozomu 4H. Upravo je hromozom 4H, odnosno mikrosatelitni marker lociran na njemu, jedini bio u značajnoj vezi sa parametrima nalivanja i to samo u kontrolnim uslovima.

### 5.13.2. Klaster analiza genotipova ječma

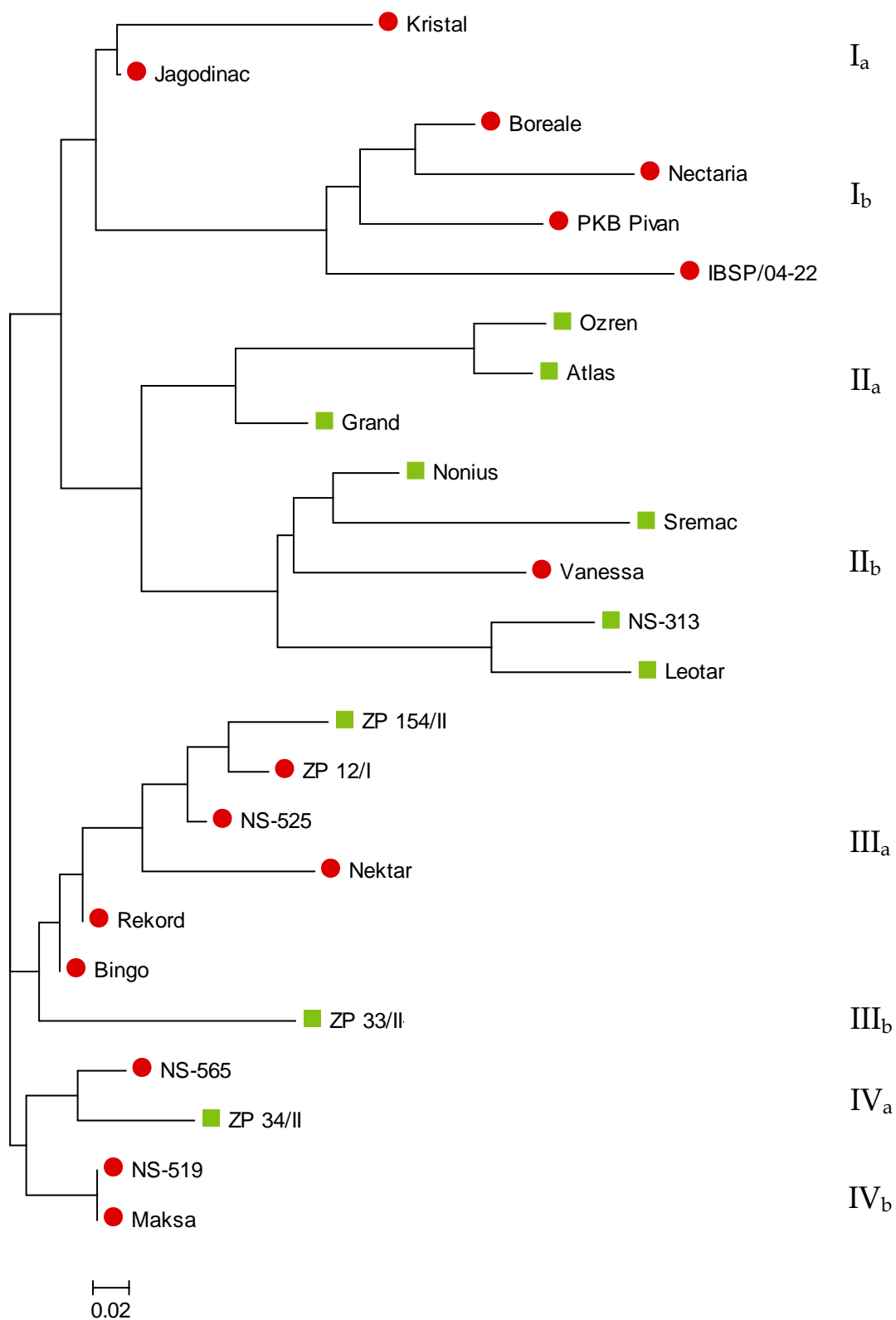
Na osnovu podataka SSR markera korišćenjem UPGMA klaster analize (na osnovu genetičke distance) dobijen je dendogram prikazan grafikom 21. Svi ispitivani genotipovi su svrstani u četiri glavne grupe, a dalje podeljeni u osam podrupa.

U okviru I grupe koju čine samo dvoredi genotipovi izdvojile su se dve podgrupe I<sub>a</sub> koju čine Kristal i Jagodinac i I<sub>b</sub> koju čine dve francuske sorte Boreale i Nectaria, PKB Pivan i linija iz ICARD-e IBSP/04-22.

II grupu čine šestoredi genotipovi sa izuzetkom dvorede sorte Vanessa. Ovde su se izdvojile podgrupe II<sub>a</sub> u kojoj su dve šestorede novosadske sorte Ozren i Atlas, kojima se na višem hijerarhijskom nivou pridružuje kragujevačka sorta Grand. II<sub>b</sub> čine četiri novosadske šestorede sorte Nonius, Sremac NS 313 i Leotar, kao i dvoreda sorta Vanessa stvorena u Nemačkoj.

U III grupi svrstani su dvoredi genotipovi sa izuzetkom dva šestoreda. Naime, u podrupi III<sub>a</sub> nalaze se dvoredi ZP 12/I, NS 525, Nektar, Rekord i Bingo, ali i šestoreda ZP 154/II koja je nastala ukrštanjem dvorede i šestorede linije. U podgrupi III<sub>b</sub> nalazi se samo jedna šestoreda linija ZP 33/II.





Grafik 21. Dendrogram 15 dvoredih ● i 10 šestoredih ■ genotipova ječma na osnovu UPGMA klaster analize

U okviru IV grupe formirale su se dve podgrupe. U IV<sub>a</sub> našli su se dvoredi NS 565 i šestoreda linija ZP 34/II koja je nastala iz ukrštanja šestoreda linije i dvoreda sorte NS 525. Najmanja genetička distanca dobijena je između dve dvoreda sorte u podgrupi IV<sub>b</sub> NS 519 i Maksa.

Klaster analiza se pokazala kao dovoljno informativna pošto su genotipovi jasno razdvojeni po tipu klasa (uz par izuzetaka). Međutim, uočava se da je genetička divergentnost ispitivanih genotipova sužena, naročito između linija i sorti poreklom iz istih oplemenjivačkih programa i institucija.

## 6. ZAKLJUČAK

❖ U proseku, kod svih morfoloških osobina ostvarene su niže vrednosti u uslovima stresa u odnosu na kontrolu. Kod produktivnih osobina, u uslovima stresa ispitivani genotipovi imali su značajno nižu masu 1000 zrna (41,6 g prema 46,4 g), hektolitarsku masu (72,9 kg prema 74,1 kg), indeks klasa (0,77 prema 0,79), prinos po klasu (1,15 g prema 1,33 g) i ukupan prinos zrna (4749 kg/ha prema 6986 kg/ha) u odnosu na kontrolu. Broj zrna po klasu i žetveni indeks nisu se značajno razlikovali između dva tretmana, a broj sterilnih zrna je bio značajno manji u kontrolnim uslovima u odnosu na defolijaciju (3,46 prema 3,95). Sadržaj proteina u zrnu (13,7% prema 12%) i intenzitet nalivanja zrna (6,03 mg 100 SAT dan<sup>-1</sup> prema 5,34 mg 100 SAT dan<sup>-1</sup>) su bili značajno veći u kontrolnim uslovima dok je period nalivanja bio duži u uslovima stresa (ne značajno).

❖ Osobine koje su se pokazale kao najosetljivije na stres izazvan defolijacijom, zbog procentualno najvećeg smanjenja u odnosu na kontrolni tretman su: ukupan prinos 33%, biomasa 31%, prinos po klasu 14%, sadržaj proteina 12% i intenzitet nalivanja zrna 12%.

❖ Posmatrajući genotipove u zavisnosti od forme klasa, kod šestoredih je veći broj osobina bio osetljiv na sušu u odnosu na dvorede. Značajne razlike za ispitivane osobine u zavisnosti od tretmana kod šestoredih ječmova dobijene su za dužinu osja, broj sterilnih zrna, masu 1000 zrna, hektolitarsku masu, biomasu, indeks klasa, produkciju po klasu, sadržaj proteina i intenzitet nalivanja zrna. Kod dvoredih formi razlike su bile značajne kod mase 1000 zrna, hektolitarske mase, biomase, produkcije po klasu, sadržaja proteina i intenziteta nalivanja zrna.

❖ U oba tretmana, kao i posmatrano u proseku za oba, dvoredi genotipovi su u odnosu na šestorede imali značajno veću dužinu klasa, masu 1000 zrna, hektolitarsku masu, biomasu i intenzitet nalivanja zrna. Šestoredi

genotipovi su imali značajno veću dužinu osja, broj sterilnih zrna i produkciju po klasu.

❖ Analiza varijanse je pokazala da je u uslovima stresa, u proseku za sve osobine, uticaj faktora genotip na variranje osobina nešto veći u odnosu na kontrolne uslove (36,5% prema 34,2%), dok je uticaj faktora sredine veći u kontrolnim u odnosu na uslove defolijacije (41,4% prema 34%). Uticaj interakcija G x E je takođe nešto veći u uslovima stresa u odnosu na kontrolu (15,8% prema 13,4%). Ukoliko se posmatra prinos, kao najbitnija osobina, uticaj faktora sredine kao i interakcija G x E u oba tretmana je veći u odnosu na uticaj faktora genotip, što potvrđuje da je oplemenjivanje na prinos veoma komplikovano, s tim da je uticaj genotipa nešto veći u uslovima stresa nego u kontroli (22% prema 10,9%).

❖ Koeficijent heritabilnosti u širem smislu je u proseku za sve ispitivane osobine bio nešto veći u uslovima stresa u odnosu na kontrolu (74,4% prema 73,4%). U oba tretmana najniži koeficijent heritabilnosti je bio za dužinu nalivanja zrna, a najveći za broj zrna po klasu. Što se tiče prinosa, koeficijent heritabilnosti je bio dosta veći u uslovima suše (71,2% prema 51,3%), što ukazuje da će selekcija na prinos biti lakša u stresnim u odnosu na povoljne uslove. Koeficijenti genetičke i fenotipske varijacije su u oba tretmana bili na približno istom nivou.

❖ Kod dvoredih, kao i kod šestoredih genotipova ostvareni prosečni prinosi su su bili značajno niži u uslovima defolijacije u odnosu na kontrolu. Kod dvoredih ovo smanjenje je iznosilo 28,8%, a kod šestoredih 37,6%. U kontrolnim uslovima, dvorede forme su ostvarile za 14,6% veći prosečni prinos u odnosu na šesterede, dok u uslovima stresa ova razlika iznosi 25,1%. I generalno, za obe godine, i oba tretmana dvoredi genotipovi su ostvarili značajno veći prinos od šestoredih, u relativnom smislu za 18,9%. Na osnovu ovoga, prednost u gajenju na prostorima Srbije treba dati dvoredim formama.

❖ Genotipovi koji su se izdvojili kao oni sa najvećim potencijalom rodnosti, odnosno prinostom u normalnim uslovima su dvoredi IBSP/04-22

(8466,1 kg/ha), NS 565 (8208,1 kg/ha), Maksa (8056,8 kg/ha), Jagodinac (8042,6 kg/ha) i šestoreda linija ZP 34/II (8017,4 kg/ha). U uslovima suše najveći prosečni prinos su ostvarili: Maksa (6555,7 kg/ha), NS 565 (6461,8 kg/ha), Boreale (5750,1 kg/ha), Bingo (5647,9 kg/ha) i Kristal (5585,2 kg/ha). Genotipovi koji su ostvarili najveći prinos posmatrano u oba tretmana su NS 565 (7335 kg/ha), Maksa (7306,3 kg/ha) i IBSP/04-22 (6923,8 kg/ha).

❖ Genotipovi koji su ostvarili najveći prinos u uslovima suše to su postigli pre svega kombinacijom visokog intenziteta nalivanja zrna i mase 1000 zrna, dok u kontrolnim uslovima dolazi do izražaja veći broj zrna po klasu.

❖ Kod dvoredih formi ječma u kontrolnim uslovima najprinosniji genotipovi, su imali nešto duži period nalivanja od ostalih bez velikih variranja po terminima. U uslovima defolijacije vrednosti apsolutnog intenziteta nalivanja su bile niže nego u kontrolnim, ali kroz nekoliko uzastopnih termina mnogo ujednačenije, i sa manje ekstrema. Dvoredne forme su u uslovima suše dostigle maksimalne vrednosti prosečnog intenziteta nalivanja nešto ranije nego u kontrolnim uslovima, i to je zajedno sa kraćim periodom nalivanja verovatno mehanizam kojim su biljke pokušale da izbegnu negativne posledice stresa koji je bio sve izraženiji u kasnijim fazama. Kod šestoredih formi u uslovima stresa, najprinosniji genotipovi su imali ili sporije nalivanje zrna, sa nešto dužim trajanjem u odnosu na ostale, ili su visok prinos postigle na račun veoma visokih intenziteta nalivanja u početnim fazama tj do polovine perioda nalivanja da bi zatim došlo do pada. Dužina nalivanja je u oba tretmana u odnosu na dvoredne forme bila kraća.

❖ Što se tiče efikasnosti nalivanja tj relativnog intenziteta nalivanja kod dvoredih genotipova, u uslovima defolijacije ona je veća u prvom delu nalivanja, zatim naglo opada u odnosu na kontrolu. U tretmanu sa defolijacijom, genotipovi koji su ostvarili najveći prosečni prinos, imali su i najveće vrednosti relativnog intenziteta nalivanja, dok u kontrolnim uslovima najprinosniji nisu imali i najveće vrednosti relativnog intenziteta nalivanja. Kod šestoredih genotipova vrednosti ovog parametra su u oba tretmana ujednačnije

nego kod dvoredih, i u uslovima stresa oni maksimalne vrednosti postižu ranije.

❖ Statistički visoko značajni koeficijenti korelacije dobijeni su između maksimalne mase pojedinačnog zrna u uslovima stresa i prosečnog intenziteta nalivanja ( $0,973^{***}$ ) dok je dužina nalivanja bila u negativnoj ali ne značajnoj korelaciji sa ovim parametrom ( $-0,16$ ), zato bi za uslove stresa trebalo birati genotipove kod kojih se nalivanje zrna odvija brže kako bi se izbegao period kada su uslovi suše i visokih temperature izraženiji. I u kontrolnim uslovima situacija je slična, takođe su dobijene visoko značajne korelacije između maksimalne mase pojedinačnog zrna i prosečnog intenziteta nalivanja ( $0,972^{***}$ ), ali zbog negativne korelacije sa dužinom nalivanja ( $-0,238$ ) treba birati genotipove kod kojih je ovaj period kraći.

❖ Kod dvoredih formi ječma u uslovima suše, prinos je bio u najjačoj korelaciji sa žetvenim indeksom ( $0,778^{***}$ ), a u kontrolnim uslovima sa biomasom ( $0,841^{***}$ ). Kod šestoredih genotipova najjača korelacija u uslovima suše je između prinosa i biomase ( $0,883^{***}$ ), a u kontrolnim između prinosa i biomase ( $0,968^{***}$ ), kao i prinosa i žetvenog indeksa ( $0,908^{***}$ ). Koeficijent heritabilnosti u širem smislu za ove osobine je nešto veći u uslovima stresa nego u kontrolnim, za biomasu 71,3%, a žetveni indeks 64,9%, međutim zbog veoma malog učešća genotipa u variranju ovih osobina (20,1% i 18,8%) one ipak ne mogu biti pouzdan selekcionni kriterijum za odabir visokoprinosnih genotipova u uslovima suše.

❖ Multivarijacionom analizom, su se kao najstabilniji, sa prinosom iznad proseka ogleđa u oba tretmana, izdvojili dvoredi genotipovi: Jagodinac, Kristal, PKB Pivan i Rekord. U kontrolnim uslovima gajenja najstabilniji prinos ostvarili su dvoreda linija IBSP/04-22 i sorte Maksa, Rekord i NS 565, dok su u uslovima stresa to dvoreda sorta Boreale i šestoreda linija ZP 34/II.

❖ GT analiza je pokazala da je u kontrolnim uslovima prosečan prinos bio u srednje jakoj pozitivnoj korelaciji sa dužinom nalivanja zrna, dok je sa masom pojedinačnog zrna, masom 1000 zrna, maksimalnim i prosečnim

apsolutnim intenzitetom nalivanja korelacija bila veoma slaba. Prosečan prinos je bio u skoro potpunoj negativnoj korelaciji sa datumom cvetanja, odnosno najprinosniji genotipovi u kontrolnim uslovima su bili izrazito ranostasni. U uslovima suše, prosečni prinos je bio u srednje jakoj pozitivnoj korelaciji sa dužinom nalivanja zrna i masom 1000 zrna, dok je sa masom pojedinačnog zrna, max i prosečnim apsolutniom intenzitetom nalivanja korelacija bila dosta slaba. Prosečan prinos je bio u srednje jakoj negativnoj korelaciji sa brojem zrna po klasu i sa datumom cvetanja, odnosno kao i u kontroli najprinosniji genotipovi u su bili ranostasniji.

❖ Parametri pomoću kojih se kvantifikuje otpornost na sušu, indeksi osetljivosti na sušu SSI, i tolerantnosti na sušu STI i TOL su pokazali da dvoredi genotipovi imaju bolju otpornost. Od svih ispitivanih genotipova sorta Maksa se izdvojila kao ona sa visokim rangovima za sva tri indeksa stresa STI (2), SSI (3), TOL (4), kao i veoma visokim rangovima za prosečan prinosom i prinos u obe varijante gajenja DP (1), DK (3) i PR (2).

❖ Ispitivani genotipovi stvoreni u oplemenjivačkim centrima na području Republike Srbije, u proseku su se pokazali kao manje tolerantni na sušu u odnosu na genotipove stvorene u inostranstvu.

❖ Dobijene su visoko značajni koeficijenti korelacija između prinosa u kontrolnim i uslovima suše (0,730<sup>\*\*\*</sup>) što ukazuje da bi selekcijom u normalnim uslovima došlo do povećanja prinosa u uslovima suše, i obratno.

❖ Kao najpouzdaniji parameter za povećanje prinosa u uslovima stresa izdvojio se STI indeks, odnosno za takve uslove treba birati genotipove sa što većim prinosom i što većim vrednostima indeksa STI. Na osnovu rezultata to bi bili NS 565 i Maksa.

❖ Faktorska analiza je pokazala da su u kontrolnim uslovima genotipovi sa najvećom masom pojedinačnog zrna, prosečnim i maksimalnim intenzitetom nalivanja bili i najmanje osetljivi na uslove stresa. U uslovima stresa najtolerantniji genotipovi su najbrže nalivali zrno, postigli su najveću masu pojedinačnog zrna i na kraju će ostvarili i najveći prinos.

❖ Mikrosatelitski (SSR) markeri su se pokazali kao pogodni za procenu genetičke divergentnosti ispitivanih genotipova ječma. Detektovano je ukupno 45 alelnih formi sa više od jednog alela po lokusu kod 14 od ukupno 15 SSR markera. Maksimalnih 5 alela je detektovano na lokusu GBM1007, a prosečan broj alela po lokusu iznosio je 2,8.

❖ Analizom marker- osobina utvrđena je, u uslovima stresa visoko značajna veza prinosa sa markerom GBM1516 na hromozomu 7H, dok je u kontrolnim uslovima veza bila veoma jaka. Veoma jaka veza je ustanovljena i između prinosa u kontrolnim uslovima i markera GBM1031 lociranog na hromozomu 3H, a u uslovima defolijacije ova veza je značajna.

❖ UPGMA klaster analizom konstruisan je dendogram kojim je 25 genotipova svrstano u četiri glavne grupe, i osam podrupa, u zavisnosti od tipa klasa (uz par izuzetaka). Između linija i sorti poreklom iz istih oplemenjivačkih institucija uočeno je sužavanje genetičke divergentnosti.

❖ Na osnovu rezultata ovog istraživanja, za širu proizvodnju na području Republike Srbije, gde se suša javlja u periodu nalivanja zrna prednost u gajenju treba dati dvoredim genotipovima (sortama Maksa i NS 565). Pored toga, u budućim ukrštanjima više pažnje treba obratiti na potencijalne kombinacije gde bi se genotipovi visokog potencijala za prinos (IBSP/04-22, Jagodinac, ZP 34/II, ZP 12/I) ukršatali sa genotipovima tolerantnim na sušu (Maksa, NS 565, Boreale).



## 7. LITERATURA

Aboughadareh A.P., Naghavi M.R., Khalili M. (2013): Water Deficit Stress Tolerance in Some of Barley Genotypes and Landraces under Field Conditions. *Not Sci Biol*, 5(2): 249- 255.

Acavedo E., Craufurd P.Q., Austin R.B., Perez- Marco P. (1991): Traits associated with high yield in barley in low rainfall environments. *J. Agric. Sci. Camb.* 116, 23- 26.

AgroChart (2013): Serbia. Grain and Feed Annual. <http://www.agrochart.com/en/news/news/030513/serbia-grain-and-feed-annual-mar-2013/>

Ajalli J., Salehi M. (2012): Evaluation of Drought Stress Indices in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Annals of Biological Research*, 3 (12):5515- 5520.

Al Tabbal J.A., Al Fraihat A.H. (2012): genetic Variation, Heritability, Phenotypic and Genotypic Correlation Studies for Yield and Yield Components in Promising Barley Genotypes. *Journal of Agricultural Science*, Vol 4, No 3, 193-210.

Alvaro F., Isidro J., Villegas D., Del Moral L.F.G., Royo C. (2008): Breeding effects on grain filling, biomass partitioning and remobilization in Mediterranean durum wheat. *Agron. J.* 100: 36- 370.

Annicchiarico P. (2002): Defining Adaptation Strategies and Yield-stability Targets in Breeding Programmes. In *Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding* (ed. M.S. Kang). CAB International. p. 365- 383.

Araus J.L., Slafer G.A., Reynolds M.P., Royo C. (2002): Plant breeding and drought in C 3 cereals: what should we breed for? *Ann. Bot.* 89: 925- 940.

Arisnabarreta S., Miralles D.J. (2008a): Critical period for grain number establishment of near isogenic lines of two - and six - rowed barley. *Field Crops Res.* 107: 196- 202.

Arisnabarreta S., Miralles D.J. (2008b): Radiation effects on potential number of grains per spike and biomass partitioning in two - and six - rowed near isogenic barley lines .Field Crops Res. 107: 203– 210.

Badu-Apraku B., Lum A.F., Fakorede M.A.B., Menkir A., Chabi Y., The C., Abdulai M., Jacob S., Agbaje S. (2008): Performance of early maize cultivars derived from recurrent selection for grain yield and Striga resistance. Crop Science 48: 99- 112.

Bálint A., Vágújfalvi A., Szira F., Börner A., Cattivelli L., Dubcovsky J., Galiba G. (2008): QTLs and genes for abiotic stress tolerance in cereals: their general role in the environmental adaptation and their developmental- stage specificity. In: Molina-Cano J.L. (ed.), Christou P. (ed.), Graner A. (ed.), Hammer K. (ed.), Jouve N. (ed.), Keller B. (ed.), Lasa J.M. (ed.), Powell W. (ed.), Royo C. (ed.), Shewry P. (ed.), Stanca A.M. (ed.). Cereal science and technology for feeding ten billion people: genomics era and beyond. Zaragoza : CIHEAM / IRTA, p.197-20 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 81)

Bavei V., Vaezi B., Abdipour M., Reza M., Kamali J., Roustaii M. (2011): Screening of Tolerant Spring Barleys for Terminal Heat Stress: Different Importance of Yield Components in Barleys with Different Row Type. International Journal of Plant Breeding and Genetics 5 (3): 175- 193.

Benešova M., Hola D., Fischer L., Jedelsky P.L., Hnilička F., Wilhelmova N., Rothova O., Kocova M., Prochazkova D., Honnerova J., Fridrichova L., Hnilickova H. (2012): The physiology and proteomics of drought tolerance in maize: early stomatal closure as a cause of lower tolerance to short term dehydration. PLoS ONE 7, e38017.

Bensemene L., Bouzerzour H., Benmahammed A., Mimouni H. (2011): Assessment of the Phenotypic Variation Within Two- And Six-rowed Barley (*Hordeum Vulgare* L.) Breeding Lines Grown Under Semi-Arid Conditions. Advances in Environmental Biology, 5(7): 1454- 1460.

Blum, A., Poyarkova H., Golan G., Mayer J. (1983a): Chemical desiccation of wheat plants as a simulator of post-anthesis stress. I. Effects on translocation and kernel growth. *Field Crops Res.*, 6: 51– 58.

Blum, A., Mayer J., Golan G. (1983b): Chemical desiccation of wheat plants as a simulator of post-anthesis stress. II. Relations to drought stress. *Field Crops Res.*, 6: 149– 155.

Blum A. (1985): Photosynthesis and transpiration in leaves and ears of wheat and barley varieties, *J. Exp. Bot.* 36, 432– 440.

Blum A. (1996): Crop responses of drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regul* 20, 135- 148.

Blum A. (1998): Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Euphytica*. 100: 77– 83.

Bort J., Febrero A., Amaro T., Araus J.L. (1994): Role of awns in ear water use efficiency and grain weight in barley, *Agronomie* 2, 133– 139.

Boukerou L., Rasmusson R.C. (1990): Breeding for high biomass yield in spring barley. *Crop Science*, 30: 31- 35.

Boyer J.S. (1976): Water deficits and photosynthesis. Water deficits and plant growth. (ed. by T.T. Kozlowski). Vol. IV. pp. 153-190. Academic Press, New York

Bowcock A.M., Ruiz-Linares A., Tomfohrde J., Minch E., Kidd J.R. i sar. (1994): High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites. *Nature* 368: 455-457.

Brand T.S., Cruywagen C.W., Brandt D.A., Viljoen M., Burger W.W. (2003): Variation in the chemical composition, physical characteristics and energy values of cereal grains produced in the Western Cape area of South Africa. *South African Journal of Animal Science* 2003, 33 (2).

Bratković K. (2014): Genetička analiza prinosa dvoredog i višeredog ječma metodom multivarijacione analize. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu.

Brdar M., Kraljević- Balalić M., Kobiljski B. (2004): Observed duration and average and maximum grain filling rates in wheat genotypes of different earliness. *Genetika*, Vol. 36, No 3, 229-235.

Brdar M., Kobiljski B. Kraljević- Balalić M. (2006a): Grain filling parameters and yield components in wheat. *Genetika*, Vol 38, No 3, 175-181.

Brdar M., Kobiljski B., Kraljević- Balalić M. (2006b): Relations between parameters of grain filling duration and yield components. *Proceeding of the Institute of Field and Vegetable Crops*, 42 (2): 213- 218.

Brdar M., Kraljević-Balalić M., Kobiljski B. (2008): The parameters of grain filling and yield components in common wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Cent. Eur. J. Biol.* 3(1) 75-82.

Brocklehurst P.A. (1977): Factors controlling grain weight in wheat. *Natura* 266, 348-349.

Bruckner P.L., Froberg R.C. (1987): Stress tolerance and adaptation in spring wheat. *Crop Science*, 27, 31-36.

Budakli Carpici E., Celik N. (2012): Correlation and path coefficient analyses of grain yield and yield components in two rowed of barley (*Horedum vulgare* convar. distichon) varieties. *Notulae Scientia Biologicae*, 4, 2, 128-131.

Ceccarelli S. (2013): Drought. In *Plant genetic resources and climate change*. Jackson M., Ford-Lloyd B., Parry M.L. Boston, MA : CABI.

Calderini D.F., Reynolds M.P. (2000): Changes in grain weight as a consequence of degrading treatments at pre and post anthesis in synthetic lines of wheat (*Triticum durum* x *T. tauschii*). *Aust. J. Plant Physiol.*, 27, 183-191.

Campbell C.A., Cutforth H.W., Selles F., DePauw R.M., Clarke J.M. (1990): Dynamics of dry matter, N, and P accumulation in the developing kernels of four spring wheat cultivars for irrigation and dry land. *Can. J. Plant Sci.* 70, 1043-1056.

Cattivelli L., Delogu G., Terzi V., Stanca A.M. (1994): Progress in barley breeding, p. 95 - 181 . In G.A. Slafer (ed.). *Genetic Improvement of Field Crops* . Marcel Dekker , New York .

Cattivelli L., Rizza F., Badeck F.W., Mazzucotelli E., Mastrangelo A.M., Francia E., Mare C., Tondelli A., Stanca A.M. (2008): Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crop Res.*, 105: 1-4.

Cattivelli L., Ceccarelli S., Romagosa I. Stanca M. (2011): Abiotic Stresses in Barley: Problems and Solutions in Barley Production, Improvement and Uses (ed. Steven E. Ullrich), Blackwell Publishing Ltd., Chapter 10, 282-305.

Ceccarelli S., Grando S., Hamblin J. (1992): Relationships between barley grain yield measured in low and high yielding environments. *Euphytica* 64:49-58.

Chaabane R., El Felah M., Ben Salah H., Naceur M.B.M., Abdelly C., Ramla D., Nada A., Saker M. (2009): Molecular Characterization of Tunisian Barley (*Hordeum Vulgare* L.) Genotypes using Microsatellites (SSRs) Markers. *European Journal of Scientific Research* Vol.36 No.1, p.6-15.

Chen G.X., Suprunova T., Krugman T., Fahima T., Nevo E. (2004): Ecogeographic and genetic determinants of kernel weight and colour of wild barley (*Hordeum spontaneum*) populations in Israel. *Seed Sci. Res.* 14(2):137-146.

Chen A., Baumann U., Fincher G.B., Collins N.C. (2009): Flt-2L, a locus in barley controlling flowering time, spike density, and plant height. *Funct Integr Genomics.* 9: 243-254.

Chen G., Krugman T., Fahima T., Chen K., Hu Y., Roder M., Nevo E., Korol A. (2010): Chromosomal regions controlling seedling drought resistance in Israeli wild barley, *Hordeum spontaneum* C.Koch *Genet Resour Crop Evol* 57:85-99.

Chmielewski F., Kohn W. (2000): Impact of weather on yield components of winter rye over 30 years. *Agric. Forest Meteorol.* 102, 253-261.

Clarke J.M., Townley T.F., Smith T.N., Caig M.C., Green G. (1984): Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Science*, 24: 573- 590.

Daniels R., Alcock M., Scarisbrick D. (1982): A reappraisal of stem contribution to grain yield in spring barley (*Hordeum vulgare* L.). J. of Agric. Sci. 98: 347-355.

Darroch B.A., Baker R.J. (1990): Grain filling in three spring wheat genotypes: Statistical analysis. Crop Sci. 30: 525-529.

De Leonardis A.M., Marone D., Mazzucotelli E., Neffar F., Rizza F., Di Fonzo N., Cattivelli L., Mastrangelo A.M. (2007): Durum wheat genes up-regulated in the early phases of cold stress are modulated by drought in developmental and genotype dependent manner. Plant Sci 172:1005-1016.

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 113:43-52.

Diab A.A., Teulat-Merah B., This D., Ozturk N.Z., Benscher D., Sorrells M.E. (2004): Identification of drought-inducible genes and differentially expressed sequence tags in barley. Theor Appl Genet. Vol. 109, Issue 7, pp 1417-1425

Dodig D. (2010): Wheat breeding for drought resistance. Monografija, Serbian Genetic Society.

Dodig D. (2000): Morfološke i produktivne osobine hibrida dvoredog i šestoredog ječma u F4 i F5 generaciji. Magistarska teza. Univerzitet u Beogradu.

Dodig D., Stanković S., Milićević-Nikodijević S., Pekić S., Quarrie S.A. (2003): Grain filling rate and grain size in different wheat genotypes under drought stress simulated by defoliation. Proceedings of the 10th International Wheat Genetics Symposium, Paestum, Italy, Vol. 3, 1127-1129.

Dodig D. (2004): Ocena genotipova pšenice na otpornost prema suši. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu.

Dodig D., Barnes J., Kobiljski B., Quarrie S. (2011): Traits associated with relocation of resources during grain filling in defoliated bread wheat varieties: phenotypic and genetic analyses. Book of Abstracts of the Annual Main

Meeting of the Society for Experimental Biology, 01-04 July 2011, Glasgow, Scotland, P1.47, 193.

Dodig D., Zorić M., Kandić V., Perović D., Šurlan Momirović G. (2012): Comparison of responses to drought stress of 100 wheat accessions and landraces to identify opportunities for improving wheat drought resistance. *Plant Breeding* 131, p 369-379.

Dofing S., Knight C.W. (1994): Yield Component Compensation in Uniculm Barley Lines. *Agronomy Journal*, 86: 273-276.

Döll P., Flörke M. (2005): Global-scale estimation of diffuse groundwater recharge. Frankfurt Hydrology Paper 03. Institute of Physical Geography, Frankfurt University, Frankfurt am Main, Germany.

Dubrovsky M., Svoboda M.D., Trnka M., Hayes M.J., Wilhite D.A., Zalud Z., Hlavinka P. (2008): Application of relative drought indices in assessing climate-change impacts on drought conditions in Czechia. *Theoretical and Applied Climatology* 96: 155-171

Duguid S.D., Brule- Babel A.L. (1994): Rate and duration of grain filling in five spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Can. J. Plant Sci.*, 74, 681-686.

Dyulgerova B. (2012): Correlations between grain yield and yield related traits in barley mutant lines. *Agricultural Science and Technology*, Vol 4, No 3, pp 208-210.

EEA: Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe - An overview of the last decade. EEA Technical Report, 144 pp., 13/2010, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.

Eivazi A.R., Mohammadi S., Rezaei M., Ashori S. Pour F.H. (2013): *International Journal of Agronomy and Plant Production*. Vol., 4 (4), 813-821.

Evans L.T., Fischer R.A. (1999): Yield potential: Its definition, measurement, and significance. *Crop Sci* 39:1544- 1551.

Falconer D.S. (1981): *Introduction to quantitative genetics*. London and New York: Longman.

FAO (2013): Food and agriculture organization of the United Nations, statistical division. <http://faostat3.fao.org/home/E>

Fard A.N., Nouril F., Sadghi G.R. (2013): Effect of terminal drought stress and Tolerance of some agronomic traits in advance lines of barley (*Hordeum vulgare*) cultivars. International Journal of Farming and Allied Sciences. IJFAS Journal-2013-2-S/1255-1259.

Fayaz N., Arzani A. (2011): Moisture stress tolerance in reproductive growth stages in triticale (X *Triticosecale* Wittmack) cultivars under field conditions. Crop Breeding Journal 1(1): 1-12.

Fekadu W., Zeleke H., Ayana A. (2011): Genetic improvement in grain yield potential and associated traits of food barley (*Hordeum vulgare* L.) in Ethiopia. Ethiop. J. Appl. Sci. Technol. 2(2): 43 -60.

Fernandez G.C.J. (1992): Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance, 257-270 p. In: Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress, Taiwan 13-16 August 1992.

Fischer R.A., Maurer R. (1978): Drought resistance in spring wheat cultivars; I. Grain yields responses. Aust J Agric Res 29:897-912.

Fleury D., Jefferies S., Kuchel H., Langridge P. (2010): Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in. Wheat Journal of Experimental Botany, Vol. 61, No. 12, pp. 3211-3222.

Foolad M.R. (1999): Comparison of salt tolerance during seed germination and vegetative growth in tomato by QTL mapping. Genome 42:727-734.

Forster B. (2004): Genotype and phenotype associations with drought tolerance in barley tested in North Africa. Ann. Appl. Biol. 144, 157-168.

Fowler C.W. Rasmusson D.C. (1969): Leaf Area Relationships and Inheritance in Barley. Crop Science 1969 9: 729- 731.

Gallagher J.N., Biscoe P.V., Scott R.K. (1975): Barley and its environment. V. Stability of grain weight. Journal of Applied Ecology 12, 319-336.



Garcia del Moral L.F., Garcia del Moral M.B., Molina- Cano J.L., Slafer G.A. (2003a): Yield stability and development in two and six row winter barley under Mediterranean conditions. *Field Crops Research* 81, 109-119.

Garcia del Moral L.F., Rharrabti Y., Villegas D., Royo C. (2003b): Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean condition. *Agron. J.* 95, 266-274.

Goblirsch C.A., Horsley R.D., Schwarz, P.B. (1996): A Strategy to Breed Low-Protein Barley with Acceptable Kernel Color and Diastatic Power. *Crop Science* Vol. 36 No. 1, p. 41-44.

Golabadi M., Arzani A., Mirmohammadi Maibod S.A. (2006): Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat *Afr. Agric. J. Res.* 1: 162-171.

González A., Martín I., Ayerbe L. (1999): Barley yield in water-stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crops Res.* 62, 23-34.

González A., Martín I., Ayerbe L. (2008): Yield and osmotic adjustment capacity of barley under terminal water-stress conditions. *J. Agron. Crop Sci.* 194, 81-91.

González A., Bermejo V., Gimeno B.S. (2010): Effect of different physiological traits on grain yield in barley grown under irrigated and terminal water deficit conditions. *Journal of Agricultural Science*, p. 1-10.

Goudet J. (2002): FSTAT: a program to estimate and test gene diversities and fixation indices, Version 2.9.3.2. Institute of Ecology and Evolution, University of Lausanne, Lausanne, Switzerland

Grando S., Macpherson H.G. (2005): Food barley: importance, uses and local knowledge. *Proc. Int' l. Workshop on Food Barley Improvement, Hammamet, Tunisia, January 14 - 17, 2002. ICARDA, Aleppo, Syria .*

Gregersen P.L., Holm P.B. (2007): Transcriptome analysis of senescence in the flag leaf of wheat. *PlantBiotechnology Journal*, 5,192-206.

Guttieri M.J., Stark J.C., Brien K. Souza E. (2001): Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Sci.* 41: 327-335.

Gyenis L., Yun S.J., Smith K.P., Steffenson B.J., Bossolini E., Sanguineti M.C., Muehlbauer G.J. (2007): *Genome* 50: 714-723.

Haddadin M.F., Abdel-Ghani A.H., Al-Majali N.F. (2013): Response of Barely Varieties to Drought Stress Imposed At Different. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, Volume 9, No.4

Hadživuković S. (1973): *Statistički metodi s primenom u poljoprivrednim i biološkim istraživanjima*, izdavač Radnički univerzitet Radivoj Ćirpanov.

Harlan J.R., De Wet J.M.J. (1973): On the quality of evidence for origin and dispersal of cultivated plants. *Curr.Anthropol.* 14 : 51 - 62.

Hasanuzzaman M., Hossain M.A., Teixeira da Silva J.A., Fujita M. (2012): Plant response and tolerance to abiotic oxidative stress: antioxidant defense is a key factor V. Bandi, A.K. Shanker, C. Shanker, M. Mandapaka (Eds.), *Crop Stress and its Management: Perspectives and Strategies*. Springer, The Netherlands, pp. 261-315.

Ho K.M., Jui P.Y. (1989): Duration and rate of kernel filling in barley (*Horedum vulgare* L.). *Cereal Research Communication* 17, 69-76.

Hossain A., Lozovskaya M.V., Zvolinsky V.P., Tutuma N.V. (2012): Effect of soil resources and climatic factors (temperature) on spring wheat and barley in the northern Bangladesh and southern Russia. "International scientific and practical conference on problems of environmental management and conservation of ecological balance in the arid zones". Salt Zaymische, Chorniarsky district, Astrakhan State, Russia, from 16-18 May.

Hunt R.G. (1978): *Plant growth analysis*. Edward Arnold Ltd., London, UK.

Hunt R.G. (1990): *Relative growth rates*, Chapter III in *Basic Growth Analysis*. p 25- 34. Springer Netherlands.

Hunt L.A., Van der Poorten G., Pararajasingham S. (1991): Postanthesis temperature effects and rate of grain filling in some winter and spring wheats. *Can. J. Plant Sci.*, 71: 609-617.

Islamovic E., Obert D.E., Oliver R.E., Marshall J.M., Miclaus K.J., Hang A., Chao S., Lazo G.R., Harrison S.A., Ibrahim A., Jellen E.N., Maughan P.J., Brown R.H., Jackson E.W. (2013): A new genetic linkage map of barley (*Hordeum vulgare* L.) facilitates genetic dissection of height and spike length and angle. *Field Crops Research* 154, 91-99.

Jalata Z., Ayana A., Zeleke H. (2011): Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in Ethiopian varley (*Horedum vulgare* L.) landraces and crosses. *International Journal of Plant Breeding and Genetics* 5 (1): 44-52.

Jamieson P. (1995): Drought effects on biomass production and radiation-use efficiency in barley. *Field Crops Res.* 43, 77-89.

Jana S., Wilen R.W. (2005): Breeding for abiotic stress tolerance in barley. In: M. Ashraf, and P. J. C. Harris, eds. *Abiotic Stresses. Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches*, pp. 491-511. Haworth Press, New York. Jones, H. G. (1983)

Jenner C.F., Ugalde T.D., Aspinall D. (1991): The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 18, 211-226.

Jovanović B., Đokić A., Prodanović S., Mladenov N., Maletić R. (1992): Uticaj morfoloških osobina klasa na masu zrna pšenice. *Savremena poljoprivreda*, Vol. 40, 4: 31-35

Jovanović O., Popović T., Spasova D. (1996): Spreading of the area with long term drought duration in the Federal Republic of Yugoslavia. *Book of Abstracts of 4th ESAcongress, Veldhoven-Wageningen*, pp 34-35.

Jocković B., Mladenov N., Hristov N., Aćin V., Djalović I. (2014): Interrelationship of grain filling rate and other traits that affect the yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Romanian Agricultural Research* no. 31, 81-87.

Johansson, E., Kuktaite R., Andersson A. Prieto-Linde M.L. (2005): Protein polymer buildup during wheat grain development: influences of temperature and nitrogen timing. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85(3), 473-479.

Johansson E., Prieto-Linde M.L., Gissén C. (2008): Influences of weather, cultivar and fertiliser rate on grain protein polymer accumulation in field-grown winter wheat, and relations to grain water content and falling number. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88(11), 2011-2018

Jovanović B., Đokić A., Prodanović S., Mladenov N., Maletić R. (1992): Uticaj morfoloških osobina klasa na masu zrna pšenice. *Savremena poljoprivreda*, Vol.40, 4, 31-35.

Jui P.Y., Choo T.M., Ho C.M., Konishi T., Martin R.A. (1997): Genetic analysis of a two row × six row cross of barley using DH lines. *Theor. App. Genet.*, 94: 549- 556.

Karami E., Ghanadha M.R., Naghavi M.R., Mardi M. (2005): Identifying of drought tolerant varieties in barley. *Iran. J. Agric Sci.* 37, 371- 379.

Katsantonis N., Gagianas A., Sfakianakis J., Fotladi N. (1986): Inheritance of duration and rate of grain filling and their relationship to grain yield in maize. *Z. Pflanzenzuchtg* 96, 115-121.

Khokhar M.I., Teixeira da Silva J.A., Spiertz H. (2012): Evaluation of Barley Genotypes for Yielding Ability and Drought Tolerance under Irrigated and Water-stressed Conditions. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 12 (3): 287- 292.

Kılıç H., Akar T., Kendal E., Sayım I. (2010): Evaluation of grain yield and quality of barley varieties under rainfed conditions. *African Journal of Biotechnology* Vol. 9(46), pp. 7825-7830

Kirby E.J.M. (2002): Botany of the wheat plant. In: Curtis BC, Rajaram S, Go´mez Macpherson H, eds. *Bread wheat: improvement and production*. Rome, Italy: Food and Agriculture organization of the United Nations, 19-38.

Knežević D., Paunović A., Madić M., Đukić N., Zečević V., Šurlan-Momirović G., Dodig D., Jelić M. (2007): Koncept oplemenjivanja strnih žita dostignuća i perspektive. XII Savetovanje o biotehnologiji, Agronomski fakultet, Zbornik radova, Čačak, 2-3. mart 2007. 271-283.

Knežević J., Aksić M., Ćirić S., Gudžić N., Tmušić N. (2014): Uticaj doze azotnih đubriva na elemente rodosti jarog pivskog ječma. *Journal of Agricultural Sciences* Vol. 59, No. 1, p 15-24.

Kobiljski B., Denčić S., Ivegeš M. (2000): Varijabilnost dužine I intenziteta nalivanja zrna i mogućnosti njenog korišćenja u oplemenjivanju pšenice. *Selekcija i Semenstvo* Vol VII, No 3-4, p 47-53.

Kolodinska-Brantestam A., Von Bothmer R., Rashal I., Gullord M., Martynov S., Weibull J. (2008): Variation of agronomic traits in nordic and baltic spring barley. In Ceccarelli S., Grandi S. (eds) 2010. *Proceedings of the 10th International Barley Genetics Symposium, 5-10 April 2008, Alexandria, Egypt*, 39-29.

Komatsuda, T., Pourkheirandish M., He C., Azhaguvel P., Kanamori H., Perovic D., Stein N., Graner A., Wicker T. and Tagiri A. (2007): Six - rowed barley originated from a mutation in a homeodomain - leucine zipper 1 - class homeobox gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104 : 1424 - 1429 .

Korff M. von, Wang H., Léon J., Pillen K. (2004): Development of candidate introgression lines using an exotic barley accession (*Hordeum vulgare* spp. *spontaneum*) as donor. *Theor. Appl. Genet.* 109:1736-1745.

Kuhbauch W., Thome U. (1989): Nonstructural carbohydrates of wheat stems as influenced by sink- source manipulations. *J. Plant Physiol.* 134: 243-250

Lacerenza J.A., Parrott D.L., Fischer A.M. (2010): A major grain protein content locus on barley (*Hordeum vulgare* L.) chromosome 6 influences flowering time and sequential leaf senescence. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 61, No. 11, pp. 3137-3149.

Lalić A. (1988): Usporedna analiza komponenata prinosa i prinosa zrna ječma F3 populacija dvoredog i višeredog tipa. Magistarski rad. Osijek.

Lalić A., Kovačević J., Novoselić D., Šimić G., Abičić I., Guberac V. (2009): Agronomic and Quality Traits of Winter Barley Varieties (*Hordeum vulgare* L.) under Growing Conditions in Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus* Vol. 74, No. 4, p 283- 289.

Lawlor D.W., Day W., Johnston A.E., Legg B.J., Parkinson K.J. (1981): Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry-matter accumulation and nutrient content. *J. Agric. Sci.* 96, 167-186.

Le Gouis J. (1993): Grain filling and shoot growth of 2-row and 6-row winter barley varieties. *Agronomie*, 13, pp 545-552.

Le Gouis J., Delebarre O., Beghin D., Heumez E., Pluchard P. (1999): Nitrogen uptake and utilisation efficiency of two-row and six-row winter barley cultivars grown at two N levels. *Eur. J. Agron.*, 10: 73-79.

Lewis P.O., Zaykin D. (2001): Genetic data analysis- Computer program for the analysis of allelic data. Version 1.0 (d16c). Free program distributed by the authors over the internet.

Long N.R., Logue S.J., Jenner C.F., Gianquitto P., MacLeod L.C., Barr A.R. (1998): Effects of genotype and environment on grain filling in barley grown in South-east Australia. "Agronomy, growing a greener future?". Edited by DL Michalk and JE Pratley. Proceedings of the 9th Australian Agronomy Conference, 20-23 July 1998, Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW.

Madre M. (2004): Progress in malting barley breeding in SECOBRA. pp. 374-383, in: J. Spunar and J. Janikova (editors). Proceedings of the 9th International Barley Genetics Symposium. Brno, Czech Republic, 20-26 June 2004. Agricultural Research Institute, Kromeriz, Brno, Czech Republic

Mackill D.J, Nguyen H.T., Zhang J. (1999): Use of molecular markers in plant improvement programs for rainfed lowland rice. *Field Crops Res.* 64:177-185.

Mamnouie E., Fotouhi Ghazvini R., Esfahany M., Nakhoda B. (2006): The Effects of Water Deficit on Crop Yield and the Physiological Characteristics of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Varieties. *J. Agric. Sci. Technol.* Vol. 8: 211-219.

Mano Y., Nakazumi H., Takeda K. (1996): Varietal variation in and effects of some major genes on salt tolerance at the germination stage in barley. *Breeding Sci* 46: 227-233.

McCree K.J. (1986): Whole-plant carbon balance during osmotic adjustment to drought and salinity stress. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13: 33- 43.

Metzger D.D., Szaplewski S.J., Rasmusson D.C. (1984): Grain-filling duration in spring barley. *Crop Sci.*, 24, 1101-1105.

Minch E., Ruiz-Linares A., Goldstein D.B., Feldman M.W., Cavalli-Sforza L.L. (1997): MICROSAT: a computer program for calculating various statistics on Microsatellite Allele Data. Version 1.5d. Department of Genetics, Stanford University, Stanford.

Mir R.R., Zaman-Allah M., Sreenivasulu N., Trethowan R., Varshney R.K. (2012): Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. *Theor Appl Genet* 125: 625-645.

Mišić T., Denčić S., Mihaljev I., Mladenov N., Jerković Z., Jevtić R., Pavković L. (1998): Novosadske sorte ozime pšenice priznate u 1997. godini. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad. Zbornik radova, 30: 483-486.

Mohammed K.A.H. (2004): Improving crop varieties of spring barley for drought and heat tolerance with AB-QTL analysis. Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, doktorska disertacija.

Mohammadi M., Taleei A., Aleei H., Zeinali H., Naghavi M.R., Ceccarelli S., Grandi S., Baum M. (2005): QTL Analysis for Phenologic Traits in Doubled Haploid Population of Barley. *Int. J. Agri. Biol.*, Vol. 7, No. 5, 820-823.

Mohammadi M., Karimizadeh R.A., Naghavi M.R. (2009): Selection of bread wheat genotypes against heat and drought tolerance on the base of chlorophyll content and stem reserves. *J. Agric. Soc. Sci.*, 5: 119-122.

Mohammed C.H.N.M. (2012): Response of Some Triticale and Barley Genotypes for Different Seed Rates. Master thesis, University of Sulaimani, Irak.

Moradi F. (2011): Effect of Drought at the Post-anthesis Stage on Remobilization of Carbon Reserves and Some Physiological Changes in the Flag Leaf of Two Wheat Cultivars Differing in Drought Resistance. *Journal of Agricultural Science* Vol. 3, No. 3 81-92.

Morgounov A., Huan S., Lang L., Martynov S., Sonder K. (2013): Climate change at winter wheat breeding sites in central Asia, eastern Europe and USA, and implication for breeding. *Euphytica* 194: 277-292.

Mou B., Kronsted E.W. (1994): Duration and rate of grain filling in selected winter wheat population. I. Inheritance. *Crop Sci* 34: 833-837.

Muhammad R.W., Qayyum A., Liaqat S., Hamza A., Yousaf M.M., Ahmad B., Shah J., Hussain M., Ahsan A.N., Qurashi S.H., Noor E. (2012): Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in arid conditions. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. Vol 10 (3&4): 626-629.

Naceura A.B., Chaabanea R., El-Falehb M., Abdellyc C., Ramlad D., Nadae A., Sakrf M., Naceur M.B. (2012): Genetic diversity analysis of North Africa's barley using SSR markers. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. Vol. 10, Issue 1, pp. 13-21.

Naghaii V., Asgharipour M.R. (2011): Difference in Drought Stress Responses of 20 Barley Genotypes with Contrasting Drought Tolerance During Grain Filling. *Advances in Environmental Biology*, 5(9): 3042-3049.

Naylor R.L, Falcon W.P., Goodman R.M., Jahn M.M., Sengooba T., Tefera H., Nelson R.J. (2004): Biotechnology in the developing world: a case for increased investments in orphan crops. *Food Policy*. 29:15-44.

Newman R.K., Newman C.W. (2008): *Barley for Food and Health: Science, Technology and Products*. John Wiley and Sons, Hoboken, NJ

Nicolas M.E., Lambers H., Simpson R.J., Dalling M.J. (1985): Effect of post anthesis drought on cell division and starch accumulation in developing wheat grains. *Annals of Botany* 55: 433-444.



Noshadifard H., Zare M. (2012): Evaluation of some traits in barley ( *Hordeum vulgare* ) under drought stress. *International journal of Agronomy and Plant Production*. Vol 3 (9), 327- 333.

Ore, R. (1991): Genetska analiza žetvenog indeksa i njegov uticaj na prinos zrna ječma. Magistarski rad. Univerzitet u Novom Sadu

Pasam R.K., Sharma R., Walther A., Özkan H., Graner A., Kilian B. (2014): Genetic Diversity and Population Structure in a Legacy Collection of Spring Barley Landraces Adapted to a Wide Range of Climates. *PLoS ONE* 9(12): e116164.

Pessarakli M.M., Morgan P.V., Gilbert J.J. (2005): Dry-Matter Yield, Protein Synthesis, Starch, and Fiber Content of Barley and Wheat Plants Under Two Irrigation Regimes. *Journal of Plant Nutrition*, 28: 1227-1241.

Pinheiro, C., and Chaves M.M. (2011): Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? *J. Exp. Bot.* 62, 869-882.

Pržulj N., Momčilović V. (1998): Novi Sad varieties of malting barley for the growing conditions of Yugoslavia. *A Periodical of Scientific Research on Field and Vegetable Crops*. Institute of Field and Vegetable Crops Novi Sad 30: 453-462.

Pržulj N. (2001): Cultivar and year effect on grain filling of winter barley. *Plant breeding and seed science*. Vol.45 (2)

Pržulj N., Momčilović V. (2001): Akumulacija suve materije i azota kod jarog ječma. *Arhiv za poljoprivredne nauke* 62: 216- 217: 57-73

Pržulj, N., Momčilović V., Mladenov N. (2001): Dinamika nalivanja zrna ozimog dvoredog ječma. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad* 35, 175-184.

Pržulj N. Momčilović V., Petrović N. (2004): Fiziološka osnova prinosa ječma u optimalnim uslovima i uslovima suše. "Selekcija i semenarstvo" *Plant breeding and seed production*, Vol. X, No. 1-4, 15-26.

Pržulj N., Grujić O., Momčilović V., Đurić V., Pejin J. (2005): Pivski ječam u uslovima visokih temperatura vazduha i deficita vode. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Sveska 41, 175-184.

Pržulj N., Momčilović V., Nožinić M., Jestrović Z., Pavlović M., Orbović B. (2010): Značaj i oplemenjivanje ječma i ovsa. Ratarstvo i povrtarstvo. Vol 47, br 1, str 33-42.

Pržulj N., Momčilović V. (2012): Spring barley performances in the Pannonian zone. Genetika, Vol. 44, No.3, 499-512.

Pržulj N., Momčilović V., Simić J., Mirosavljević M. (2014): Effect of growing season and variety on quality of spring two-rowed barley. Genetika, Vol. 46, No.1, 59-73.

Pswarayi A., Van Eeuwijk F.A., Ceccarelli S., Grando S., Comadran J., Russell J.R., Francia E., Pecchioni N., Li Destri O., Akar T., Al-Yassin A., Benbelkacem A., Choumane W., Karrou M., Ouabbou H., Bort J., Araus J.L., Molina-Cano J.L., Thomas W.T.B., Romagosa I. (2008): Barley adaptation and improvement in the Mediterranean basin. Plant Breeding 127, 554 – 560.

Pureisa M., Nabipur M., Meskarbashi M. (2013): Stem Internodes Reserves and Mobilization of Barley Genotypes during Grain Filling under Terminal Drought. International journal of Agronomy and Plant Production. Vol., 4 (10), 2673-2679.

Quarrie S.A., Stojanović J., Pekić S. (1999): Improving drought resistance in small grained cereals: A case study, progress and prospects. Plant Growth Regulation, 29, 1-21.

Radford, P.K. (1967): Growth analysis formulae. The uses and abuses. Crop Science, 7: 171-175.

Rajala A., Peltonen-Sainio P., Kauppila R., Wilhelmson A., Reinikainen P., Kleemola J. (2007): Within-field variation in grain yield, yield components and quality traits of two-row barley. Journal of Agricultural Science, 145, 445–454.

Rajala A., Hakala K., Mäkelä P., Peltonen-Sainio P. (2011): Drought Effect on Grain Number and Grain Weight at Spike and Spikelet Level in Six-Row Spring Barley. *J. Agronomy & Crop Science*. 197, 103–112.

Rasmusson D.C., McLean I., Tew T.L. (1979): Vegetative and grain filling periods of growth in barley. *Crop Sci*. 19, 5–9.

Rawson H.M., Begga A.K., Bremmer P.M. (1977): Aspects of adaptation by wheat and barley to soil moisture deficits, *Aust. J. Plant Physiol*. 4, 389–401.

Reynolds M.P., Rebetzke G., Pellegrinesci A., Trethowan R. (2006): Chapter 11, Drought adaptation in wheat. In *Drought Tolerance in Cereals* (ed. J.M. Ribaut), pp. 402-436.

Rosielle A.A., Hamblin J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment, *Crop Sci*. 21: 943-946.

Royo C., Abaza M., Blanco R., Garcia del Moral L.F. (2000): Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing, and simulated drought stress. *Aust. J. Plant Physiol*. 27, 1051–1059.

Royo C., Villegas D., Rharrabti Y., Blanco R., Martos V., Garcia del Moral L.F. (2006): Grain growth and yield formation of durum wheat grown at contracting latitudes and water regimes in a Mediterranean environment. *Cereal Research Communication*. 34: 1021–1028.

Saini H.S., Westgate M.E. (2000): Reproductive development in grain crops during drought. *Advances in Agronomy* 68, 59– 96.

Sanchez D., Garcia J., Antolin M. (2002): Effects of soil drought and atmospheric humidity on yield, gas exchange, and stable carbon isotope composition of barley. *Photosynthetica* 40, 415–421.

Salekjalali M., Haddad R., Jafari B. (2012): Effects of Soil Water Shortages on the Activity of Antioxidant Enzymes and the Contents of Chlorophylls and Proteins in Barley. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 12 (1): 57-63.

Samarah N.H. (2005): Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agron. Sustain. Dev*. 25, 145–149

Samarah N.H., Alquadh A.M., Amayreh J.A., McAndrews G.M. (2009): The effect of late-terminal drought stress on yield components of four barley cultivars. *J. Agron. Crop Sci.* 195, 427–441.

Savin R., Stone P.J., Nicolas M.E. (1996): Responses of grain growth and malting quality of barley to short periods of high temperature in field studies using portable chambers. *Australian Journal of Agricultural Research*, 47 (3): 465-477.

Savin R., Nicolas, A. (1999): Effects of timing of heat stress and drought on growth and quality of barley grains. *Aust. J. Agric. Res.* 50, 357- 364.

Sayed H.I., Gadallah A.M. (1983): Variation in dry matter and grain filling characteristics in wheat cultivars. *Field Crops Res.* 7, 61-71.

Schär C., Vidale P.L., Lüthi D., Frei C., Häberli C., Liniger M.A., Appenzeller C. (2004): The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves, *Nature*, 427, 332- 336.

Schwarz P., Li Y. (2011): Malting and Brewing Uses of Barley. Chapter 15 in *Barley Production, Improvement, and Uses*. Edited by Steven E. Ullrich. A John Wiley & Sons, Inc., Publication

Schwarz P., Harsley R. (1995): Malt Quality Improvement in North America Six-rowed Barley Cultivar since 1919. *Journal of the American Society of Brewery Chemists*, 53 (1): 14-18.

Setotaw T.A., Belayneh S.G., Gwinner R., Ferreira J.L. (2014): Developing selection criteria based on an ontogenetic path analysis approach to improve grain yield in barley. *Genetics and Molecular Research* 13 (2): 4635-4646

Shakhatreh Y., Kafawin O., Ceccarelli S., Saoub H. (2001): Selection of barley lines for drought tolerance in low rainfall areas. *J. Agron. Crop Sci.* 186, 119–127.

Sharafi S.K., Ghassemi-Golezani S., Mohammadi S., Lak S., Sorkhy B. (2014): Evaluation of barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) by drought tolerance indices and multivariate analysis. *International Journal of Biosciences*, Vol. 4, No. 7, p. 117-129.

Sharkey S.D., Seemann J.R. (1989): Mild water stress effects on carbon-reduction-cycle intermediates, ribulose biphosphate carboxylase activity, and spatial homogeneity of photosynthesis in intact leaves. *Plant Physiology*, 89, 1060-1065.

Singh A.P. (2000): *Plant Breeding: Principles and Methods*, Kalyani Publishers, New Delhi.

Singh A.P. (2011): Genetic variability in two rowed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Indian J. Sci. Res.* 2(3): 21-23.

Sio-Se Mardeh A., Ahmadi A., Poustini K., Mohammadi V. (2006): Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research* 98(2-3), 222-229.

SPSS. SPSS software for windows version 11.0. Inc., Chicago, IL.

Slafer G.A., Satorre E.H., Andrade H. (1994): Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. In G.A. Slafer (ed.). *Genetic Improvement of Field Crops*. p. 1 - 67, Marcel Dekker, New York.

Slafer G.A., Araus J.L., Royo C., Del Moral L.F.G. (2005): Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments *Ann. Appl. Biol.* 146 : 61 - 70.

Sofield I., Evans L.T., Cook M.G., Wardlaw I.F. (1977): Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 4, 785-797.

Stanca A.M., Romagosa I., Takeda K., Lundborg T., Terzi V., Cattivelli L. (2003): Diversity in abiotic stresses, pp. 179 - 199 . In R. von Bothmer, H. Knüpffer, T. Van Hintum and K. Sato (eds.). *Diversity in Barley* (*Hordeum vulgare* L.). Elsevier, Amsterdam.

Stapper M., Fischer R.A. (1990): Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yielding irrigated wheat in Southern New Wales. III Potential yields and optimum flowering dates. *Aust. J. Agric. Res.* 41, 1043-1056.

Stein N., Herren G., Keller B. (2001): A new DNA extraction method for high-throughput marker analysis in a large genome species such as *Triticum aestivum*. *Plant Breed.* 120: 354-356

Stojanović, Ž. (1993): Nasleđivanje dužine klasa i njen uticaj na ispoljavanje genetičkog potencijala rodnosti i kvaliteta kod hibridne kombinacije ozime pšenice 28/IIb-208. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu.

Stojanović Ž., Dodig D., Stanković S., Petrović R. (1998): Importance of Six-rowed Spike for Increasing in Genetic Fertility Potential of Barley. Breeding of Small Grains. Proceedings. Kragujevac, 209-215.

Szira F., Bálint A., Galiba G., Varshney R.K., Börner, A. (2006): Vortr. Pflanzenzüchtg, 70: 113-115.

Szira F., Balint A.F., Borner A., Galiba G. (2008): Evaluation of drought-related traits and screening methods at different developmental stages in spring barley. J. Agronomy & Crop Science, Blackwell Verlag 194: 334-342.

Šurlan Momirović G., Rakonjac V., Prodanović S., Živanović T. (2005): Genetika i oplemenjivanje biljka. Univerzitet u Beogradu p. 251.

Šurlan Momirović G., Kramer I., Bratković K., Zorić M., Momirović U., Branković G., Čalić I., Kandić V., Pržulj N., Ordon F., Perović D. (2013): Molecular characterization of barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions of the Serbian Genebank by SSR fingerprinting. Genetika Vol 45, No 1, p 167- 180.

Talamè V., Sanguineti M.C., Chiapparino E., Bahri H., Ben Salem M., Forster B.P., Ellis R.P., Rhouma S., Zoumarou W., Waugh R., Tuberosa R. (2004): Identification of *Hordeum spontaneum* QTL alleles improving field performance of barley grown under rainfed conditions. Ann. Appl. Biol. 144(3):309-319.

Tambussi E.A., Nogues S., Ferrio P., Voltas J., Araus J.L. (2005): Does higher yield potential improve barley performance in Mediterranean conditions? A case study Field Crop Res. 91: 149 – 160.

Tambussi E.A., Bort J., Guiamet J.J., Nogus S., Araus J.L. (2007): The photosynthetic role of ears in C3 cereals: metabolism, water use efficiency and contribution to grain yield. Critical Rev. Plant Sci. 26, 1-16.

Tamura K., Dudley J., Nei M., Tamura S. (2007): MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. *Mol. Biol. Evol.* 24: 1596-1599.

Teulat B., This D., Khairallah M., Borries C., Ragot C., Sourdille P., Leroy P, Monneveux P., Charrier A. (1998): Several QTLs involved in osmotic-adjustment trait variation in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Theor Appl Genet* 96: 688–698.

Teulat B., Merah O., Souyris I., This D. (2001): QTLs for agronomic traits from a Mediterranean barley progeny grown in several environments. *Theoretical and Applied Genetics*, 103: 774–787.

Teulat B., Zoumarou-Wallis N., Rotter B., Salem M.B., Bahri H., This D. (2003): QTL for relative water content in field-grown barley and their stability across Mediterranean environments. *Theor Appl Genet.* Vol. 108, Issue 1, pp 181-188.

Trethowan R.M., Reynolds M., Sayre K., Ortiz-Monasterio I. (2005): Adapting wheat cultivars to resource conserving farming practices and human nutritional needs. *Ann. Appl. Biol.* 146: 405–413.

Trnka M., Olesen J.E., Kersebaum K.C., Skjelvag C. i sar. (2011): A. Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology* 17:2298–2318.

Tuberosa R. (2010): Phenotyping drought-stressed crops: key concepts, issues and approaches. In: Monneveux P, Ribaut JM (eds) *Drought phenotyping in crops: from theory to practice*. Generation Challenge Programme, c/o CIMMYT, Mexico, p 3–35.

Turner N.C. (1979): Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In: Mussell H, Staples CR, eds. *Stress physiology in crop plants*. New York: John Wiley & Sons, 343–372.

Ullrich E.S. (2002): Genetics and breeding of barley feed quality, p. 115-142. In Slafer, G.A., Molina-Cano, J.L., R. Savin, R., Araus J.L. and Romagosa, I.

(eds.). *Barley Science: Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality*. Haworth Press, Binghamton, NY.

Ullrich S.E. (2011): Significance, Adaptation, Production and Trade of Barley. Book chapter in *Barley Production, Improvement and Uses*, Edited by Steven E. Ullrich, Blackwell Publishing Ltd, 3- 14.

Vaezi B., Bavei V., Shiran B. (2010): Screening of barley genotypes for drought tolerance by agro-physiological traits in field condition. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 5(9), pp. 881-892.

Van Ginkel M., Calhoun D.S., Gebeyehu G., Miranda A., Tian-You C., Pargas Lara R., Trethwan R.M., Sayre K., Crossa J., Rajaram S. (1998): Plant traits related to yield of wheat in early, late, and continuous drought conditions, Kluwer Publishers, the Netherlands, pp. 167-179.

Van Oosterom E., Kleijn D., Ceccarelli S., Nachit M. (1993): Genotype-by-environment interactions of barley in the Mediterranean region. *Crop Sci.* 33, 669-674.

Van Sanford D.A. (1985): Variation in kernel growth characters among soft red winter wheats. *Crop Sci* 25, 626-630.

Van Sanford D.A., MacKown, C.T. (1987): Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain fill in soft red winter wheat. *Crop Sci.* 27: 295-300.

Varshney R.K., Baum M., Guo P., Grando S., Ceccarelli S., Graner A. (2010): Features of SNP and SSR diversity in a set of ICARDA barley germplasm collection. *Mol. Breed.* 6: 229-242

Velasco J.V. (1998): *Barley improvement and yield constraints in Mediterranean environments: Interfacing crop physiology with plant breeding*. Doktorska disertacija. Univerzitet Lleida.

Verhoeven K.J.F., Vanhala T.K., Biere A., Nevo E, van Damme J.M.M. (2004): The genetic basis of adaptive population differentiation: A quantitative trait locus analysis of fitness traits in two wild barley populations from contrasting habitats. *Evolution* 58(2):270-283.



Verma I., Verma S.R. (2011): Genotypic variability and correlations among morpho-physiological traits affecting grain yield in barley (*Hordeum vulgare* L.). *J. Wheat Res.* 3(1) : 37-42.

Voltas J., Romagosa I., Araus J.L. (1998): Growth and final weight of central and lateral barley grains under Mediterranean conditions as influenced by sink strength. *Crop Sci.* 38, 84-89.

Voltas J., Van Eeuwijk F.A., Sombrero A., Lafarga A., Igartua E., Romagosa I. (1999a): Integrating statistical and ecophysiological analyses of genotype by environment interaction for grain filling of barley I. Individual grain weight. *Field Crops Res.* 62, 63-74.

Voltas J., Van Eeuwijk F.A., Araus J.L., Romagosa I. (1999b): Integrating statistical and ecophysiological analyses of genotype by environment interaction for grain filling of barley II. Grain growth. *Field Crops Research* 62 (1999) 75-84.

Von Bothmer R., Komatsuda T. (2011): Barley Origin and Related Species Book chapter in *Barley Production, Improvement and Uses*, Edited by Steven E. Ullrich, Blackwell Publishing Ltd, 14-62.

Wang J.M., Yang J.M., Zhu J.H., Jia Q.J., Tao Y.Z. (2010): Assessment of genetic diversity by simple sequence repeat markers among forty elite varieties in the germplasm for malting barley breeding. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology)*. 1(10):792-800.

Wardlaw I.F., Sofield I., Cartwright P.M. (1980): Factors limiting the rate of dry matter accumulation in the grain of wheat grown at high temperature. *Aust. J. Plant Physiol.* 73, 384-400.

Wardlaw I.F., Willenbrink J. (1994): Carbohydrate storage and mobilisation by the culm of wheat between heading and grain maturity: the relation to sucrose synthase and sucrose-phosphate synthase. *Aust. J. Plant Physiol.* 21: 255-271.

Wiegand C.L., Cuellar J.A. (1981): Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Sci.* 21: 95-101.

Wójcik-Jagła M., Rapacz M., Tyrka M., Koscielniak J., Crissy K., Zmuda K. (2013): Comparative QTL analysis of early short-time drought tolerance in Polish fodder and malting spring barleys. *Theor Appl Genet* 126: 3021–3034.

Xue D., Chen M., Zhou M., Chen S., Mao Y., Zhang G. (2008): QTL analysis of flag leaf in barley (*Hordeum vulgare* L.) for morphological traits and chlorophyll content. *J Zhejiang Univ Sci B*. 9(12): 938–943.

Zangi M.R. (2005): Correlations between drought resistance indices and cotton yield in stress and non stress condition. *Asian Journal of Plant Science*, 4, 106-108.

Zare M., Azizi M.H., Bazrafshan F. (2011): Effect of drought stress on some agronomic traits in ten barley (*Hordeum vulgare*) cultivars. *Tech. J. Eng. Applied Sci.*, 1: 57-62.

Zare M. (2012): Evaluation of drought tolerance indices for the selection of Iranian barley (*Hordeum vulgare*L.) cultivars. *Afr J Biotech*. 1: 15975-15981.

Zhu X., Gong H., Chen G., Wang S., Zhang C. (2005): Different solute levels in two spring wheat cultivars induced by progressive field water stress at different developmental stages. *J Arid Environ* 62: 1-14.

Zohary D., Hopf M. (2000): *Domestication of Plants in the Old World*. Oxford University Press, Oxford, New York.

Yan W., Hunt L.A., Sheng Q., Szlavnic Z. (2000): Cultivar evaluation and megaenvironment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science* 40: 596–605.

Yan W. (2002): Singular-value partition for biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy J*. 94. 990-996.

Yan W., Kang M.S., Ma B., Woods S., Cornelius P.L. (2007): GGE Biplot vs. AMMI Analysis of Genotype-by-Environment Data. *Crop Sci* 47:643–655.

Yan W., Rajcan I. (2002): Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science* 42: 11-20.

Yazdchi S. (2008): Evaluation of yield and some characteristics of ten spring barley (*Horedum vulgare*) varieties under limited and non limited irrigation. *Research Journal of Biological Sciences* 3 (12): 1456-1459.

Yang J., Zhang J., Wang Z., Zhu Q., L. Liu (2001): Water deficit induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. *Agronomy Journal*, 93, 196-206.

Yang J., Zhang J. (2005): Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytologist*, 169: 223-236.

Yeh F.C., Boyle T.J.B. (1997): Population genetic analysis of co-dominant and dominant markers and quantitative traits. *Belg. J. Bot.* 129: 157.

## BIOGRAFIJA AUTORA

*Vesna Kandić rođena je 15.04.1982. godine u Beogradu, gde završila Osnovnu školu i XI Beogradsku gimnaziju. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu upisala je školske 2001/2002 godine, Odsek za ratarstvo, a diplomski rad pod nazivom Nacionalna i međunarodna udruženja u oblasti semenarstva odbranila je 14.04.2007. godine sa ocenom 10. Tokom studija je preko Međunarodne organizacije studenata poljoprivrede (IAAS) obavila stručnu praksu u trajanju od po dva meseca, u Belgiji i Meksiku.*

*Doktorske studije na Poljoprivrednom fakultetu u Beogradu, smer „Ratarstvo i povrtarstvo“ upisuje 2009/2010. godine. Sve ispite predviđene planom i programom položila je sa prosečnom ocenom 9,0.*

*Od septembra 2008. godine zaposlena je u Institutu za kukuruz „Zemun polje“ na poziciji mlađi istraživač u Grupi za selekciju strnih žita. Trenutno je učesnik na dva projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (TR31023 i TR31005), kao i na bilateralnom projektu sa Nemačkom, pod nazivom: Analiza ksilema kod gajenih biljaka u uslovima suše.*

*Član je Društva genetičara Srbije i Društva selekcionara i semenara Republike Srbije. Autor je ili koautor 42 naučno-istraživačka rada i saopštenja, publikovanih u naučnim časopisima, kongresima i simpozijima. Koautor je jedne sorte ozime pšenice-Aurelia. Govori engleski, a služi se španskim jezikom.*

**Прилог 1.**

**Изјава о ауторству**

Потписани-а Весна Кандић

Број индекса или пријаве докторске дисертације 18/09

**Изјављујем**

да је докторска дисертација под насловом:

“Оцена генотипова јечма на отпорност према суши у фази наливања зрна”

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена докторска дисертација у целини ни у деловима није била
- предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима
- других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину
- других лица.

**Потпис докторанта**

У Београду, 03. 06. 2015.

Kandić Vesna

Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске  
верзије докторске дисертације**

Име и презиме аутора Весна Кандић \_\_\_\_\_

Број индекса или пријаве докторске дисертације 18/09 \_\_\_\_\_

Студијски програм Ратарство и повртарство \_\_\_\_\_

Наслов докторске дисертације "Оцена генотипова јечма на отпорност према суши у  
фази наливања зрна" \_\_\_\_\_

Ментор проф др Гордана Шурлан Момировић \_\_\_\_\_

Потписани/а \_\_\_\_\_

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис докторанта**

У Београду, 03.06.2015.

Kandić Vesna

**Прилог 3.**

**Изјава о коришћењу**

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

“ Оцена генотипова јечма на отпорност према суши у фази наливања зрна”

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на крају).

**Потпис докторанта**

У Београду, 03.06.2015.

Kayde Veme



**1. Ауторство** - Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

**2. Ауторство** – некомерцијално. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

**3. Ауторство** - некомерцијално – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

**4. Ауторство** - некомерцијално – делили под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

**5. Ауторство** – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

**6. Ауторство** - делили под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.