



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET



DOKTORSKA DISERTACIJA

# **Antioksidativni kapacitet, tolerantnost na oksidativni stres i životna sposobnost uljane repice**

Mentor: **Prof. dr Dubravka Štajner**

Kandidat: **Dušica Jovičić, dipl. inž.-master**

Novi Sad, 2014

**UNIVERZITET U NOVOM SADU**  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET**

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Dušica Jovičić
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Prof. dr Dubravka Štajner, redovni profesor
Naslov rada: NR	Antioksidativni kapacitet, tolerantnost na oksidativni stres i životna sposobnost uljane repice
Jezik publikacije: JP	Srpski jezik
Jezik izvoda: JI	srp. / eng.
Zemlja publikovanja: ZP	Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Vojvodina
Godina: GO	2014.
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad

Fizički opis rada: FO	(broj poglavlja 8 / stranica 185/ slika 12 / tables 72/ grafikona 71 / referenci 228)
Naučna oblast: NO	Biotehničke nauke
Naučna disciplina: ND	Semenarstvo
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Antioksidativni status, oksidativni stres, životna sposobnost semena, zaslanjenost, uljana repica
UDK	UDC 582.916.26:581.48(043.3)
Čuva se: ČU	Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad
Važna napomena: VN	Nema
Izvod: IZ	<p>Visoke koncentracije soli u zemljištu dovode do oksidativnog stresa u biljkama usled narušavanja procesa transporta elektrona u pojedinim ćelijskim organelama i nastajanja velike količine toksičnih oblika kiseonika kao što su superoksid-radikal, hidroksi-radikal, vodonik-peroksid i singlet kiseonik. Kako bi neutralisale štetne efekte reaktivnih kiseoničnih vrsta, biljke su razvile mehanizme odbrane poznate kao antioksidativni sistemi koji regulišu količinu navedenih toksičnih vrsta u zavisnosti od potreba. Osnovni cilj ovog istraživanja je bio da se utvrde razlike u biohemijskim i fiziološkim odbrambenim mehanizmima između različitih genotipova uljane repice u uslovima zaslanjenosti, kao i definisanje parametara antioksidativnog statusa koji ukazuju na povećanu tolerantnost ove vrste na veću količinu soli. U radu su prikazani rezultati ispitivanja uticaja različitih koncentracija NaCl (100 mmol/l, 150 mmol/l, 200 mmol/l) na antioksidativne osobine i parametre oksidativnog stresa u početnim fazama razvoja četiri genotipa uljane repice. Takođe, antioksidativni status određen je i u biljkama uljane repice gajene u polukontrolisanim uslovima na tri tipa zemljišta (černozem, solonjec, solončak). Merene su aktivnosti antioksidativnih enzima (SOD, GPx), intenzitet lipidne peroksidacije, količina redukovano glutationa, kapacitet skevindžer aktivnosti hidroksi-radikala, ukupna antioksidativna aktivnost FRAP metodom i DPPH - skevindžer aktivnosti. Ispitana je i životna sposobnost semena uljane repice u uslovima zaslanjenosti i određeni su klijavost semena i parametri porasta primenom različitih vigor testova. Antioksidativni status u semenu i poniku, kao i životna sposobnost semena ispitani su u godini proizvodnje semena i nakon godinu dana čuvanja u nekontrolisanim uslovima. Dobijeni rezultati ukazuju da postoje jasne razlike između ispitivanih genotipova kada se posmatra aktivnost antioksidativnih enzima (SOD, GPx), neenzimskih antioksidanata (GSH) i intenzitet lipidne peroksidacije kako u nadzemnom delu tako i u korenu. U prvoj godini antioksidativni enzimi su bili aktivniji kada su predstavljali osnovu antioksidativnog zaštitnog sistema, dok su u drugoj godini ispitivanja ovu ulogu</p>

<p>preuzeli neenzimski antioksidanti. Razlog za ovo je to što enzimi nakon godinu dana čuvanja semena gube aktivnost. Ogljed u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta ukazivao je da je aktivnost svih ispitivanih parametra antioksidantnog statusa na oba tipa zemljišta bila najveća u fazi nakon zimskog mirovanja jer su biljke, pored sonog stresa, bile izložene i niskim temperaturama. Ispitivanje životne sposobnosti semena u zaslanjenim uslovima pokazalo je da je seme nakon godinu dana čuvanja zadržalo visok stepen fiziološkog kvaliteta samo ukoliko su uslovi za klijanje bili optimalni, dok je pri nastupanju stresnih uslova (već pri najmanjoj koncentraciji NaCl), uočeno značajno smanjenje procenta klijavosti. Rezultati dobijeni ovim istraživanjem se mogu se koristiti kao pokazatelji korisni za izbor tolerantnih genotipova uljane repice u uslovima zaslanjenosti.</p>	
<p>Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP</p>	<p>01.04.2011.</p>
<p>Datum odbrane: DO</p>	
<p>Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status) KO</p>	<p>_____</p> <p><i>Prof. dr Dubravka Štajner, redovni profesor, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, mentor</i></p> <p>_____</p> <p><i>Dr Ana Marjanović Jeromela, viši naučni saradnik, Institut za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu, predsednik</i></p> <p>_____</p> <p><i>Dr Boris Popović, vanredni profesor, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, član</i></p>

**UNIVERSITY OF NOVI SAD**  
**FACULTY OF AGRICULTURE**  
**KEY WORD DOCUMENTATION**

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	PhD thesis
Author: AU	Dušica Jovičić
Mentor: MN	Dubravka Štajner, PhD, full professor
Title: TI	Antioxidant capacity, tolerance to oxidative stress and viability of oilseed rape
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	eng. / srp.
Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2014.
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad

Physical description: PD	(chapter number 8 / pages 185 / pictures 12 / tables 72 / figures 72 / references 228)
Scientific field SF	Biotechnology
Scientific discipline SD	Seed science
Subject, Key words SKW	Antioxidant status, oxidative stress, seed viability, salinity, rapeseed
UDC	UDC 582.916.26:581.48(043.3)
Holding data: HD	Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad
Note: N	No
Abstract: AB	<p>High concentrations of salt in soil lead to oxidative stress in plants due to a breach in the process of electron transport in certain cell organelles and to a creation of a large quantity of toxic forms of oxygen such as superoxide radicals, hydroxyl radicals, hydrogen peroxide and singlet oxygen. In order to neutralise the harmful effects of reactive oxygen species, plants have developed defence mechanisms known as antioxidant systems which regulate the amount of listed toxic forms depending on needs. The main aim of this research is to determine the differences in biochemical and physiological defence mechanisms among different genotypes of oil seed rape within salinity surroundings, as well as to define the parameters of antioxidant statuses that indicate increased tolerance of this species to larger amounts of salt. This paper shows the results of examining the influence of various concentrations of NaCl (100 mmol/l, 150 mmol/l, 200 mmol/l) on antioxidant features and oxidative stress parameters in the initial stages of development of 4 oil seed rape genotypes. Also, the antioxidant status has been determined within oil seed rape plants grown in semi-controlled conditions on 3 types of soil (chernozem, solonetz, solonchak). The following have been measured: the activities of antioxidant enzymes (SOD, GPx), the intensity of lipid peroxidation, the amount of reduced glutathione, the capacity of scavenger activity of hydroxyl radicals, the total antioxidant activity by using the FRAP method, as well as the DPPH scavenger activity. The viability of oil seed rape seeds within salinity has also been examined which has led to determining the seed germination and the growth parameters by using various vigour tests. The antioxidant status in seeds and seedlings and the seed viability have been tested in the year of seed production after a year of storing them in non-controlled conditions. The results given show that there are clear differences between the examined genotypes when one observes the activity of antioxidant enzymes (SOD, GPx), non-enzyme antioxidants (GSH) and the intensity of lipid peroxidation both in shoots and roots. In the first year, the antioxidant enzymes were more active when they served as the basis for antioxidant protective system, while in the second year of testing non-enzyme antioxidants took over this role. The reason for this is that after a year-long seed storage the enzymes lose their activity. The experiment in semi-controlled conditions on different types of soil was showing that the activity of all tested parameters of antioxidant status on both types of soil was the highest after the winter dormancy phase as the plants, apart from salinity stress, had been exposed to low temperatures too.</p>

<p>The examination of seed viability in saline conditions has shown that following a year-long storage the seed has kept a high level of physiological quality only if the germination conditions were optimal, while in the case of stress conditions (at the lowest concentration of NaCl), a significant decrease in germination percentage has been noticed. The results obtained in this research can be used as indicators that can be useful for the choice of tolerant genotypes of oil seed rape within salinity.</p>	
<p>Accepted on Scientific Board on: AS</p>	<p>April 1<sup>st</sup> 2011.</p>
<p>Defended: DE</p>	
<p>Thesis Defend Board: DB</p>	<p style="text-align: center;"> <hr/> <i>Dubravka Štajner, PhD, Full Professor, Faculty of Agriculture, Novi Sad, mentor</i> </p> <p style="text-align: center;"> <hr/> <i>Ana Marjanović Jeromela, PhD, Senior Research Associate, Institute of Field and Vegetables Crops, Novi Sad, president</i> </p> <p style="text-align: center;"> <hr/> <i>Boris Popović, PhD, Associate Professor, Faculty of Agriculture, Novi Sad, member</i> </p>

**SADRŽAJ**

1	UVOD .....	6
2	PREGLED LITERATURE.....	8
2.1	Uljana repica kao gajena biljka.....	8
2.1.1	Poreklo .....	8
2.1.2	Morfološke karakteristike.....	9
2.1.3	Privredni značaj.....	10
2.1.4	Gajenje uljane repice .....	12
2.2	Problem zaslanjenosti.....	12
2.2.1	Zaslanjenost – najvažniji abiotički faktor.....	12
2.2.2	Biljke i soni stres .....	14
2.3	Antioksidativni status biljaka .....	17
2.3.1	Biljke i abiotički stres.....	17
2.3.2	Reaktivne kiseonične vrste (ROS) .....	17
2.3.3	Lipidna peroksidacija.....	20
2.3.4	Antioksidanti u biljkama i oksidativni stres.....	21
2.3.5	Enzimski antioksidanti.....	22
2.3.5.1	Neenzimski antioksidanti .....	25
2.4	Životna sposobnost semena .....	26
2.4.1	Koncept pojma životne sposobnosti semena.....	26
2.4.2	Testovi za ispitivanje životne sposobnosti semena .....	27
2.4.2.1	Standardna laboratorijska klijevost (SLT) .....	28
2.4.2.2	Hladni – cold test (CT).....	29
2.4.2.3	Test ubrzanog starenja (TUS) .....	30
2.4.2.4	Hiltner test (HT).....	30
3	CILJ ISTRAŽIVANJA.....	31
4	MATERIJAL I METODE RADA .....	32
4.1	Materijal .....	32
4.2	Dinamika istraživanja.....	33
4.3	Ispitivanje tolerantnosti uljane repice prema zaslanjenosti .....	33
4.3.1	Biohemijski parametri.....	33



---

4.3.1.1	Uzgoj ponika .....	33
4.3.1.2	Ogled na biljkama u polukontrolisanim uslovima.....	34
4.3.1.3	Metode ispitivanja.....	37
4.3.1.3.1	Priprema uzoraka .....	37
4.3.1.3.2	Određivanje aktivnosti superoksid-dismutaze .....	37
4.3.1.3.3	Određivanje aktivnosti gvajakol-peroksidaze .....	38
4.3.1.3.4	Određivanje intenziteta lipidne peroksidacije .....	38
4.3.1.3.5	Određivanje ukupne antioksidativne aktivnosti FRAP metodom.....	39
4.3.1.3.6	Određivanje kapaciteta skevindžer aktivnosti hidroksi-radikala.....	39
4.3.1.3.7	Određivanje kolčine redukovanoog glutationa.....	40
4.3.1.3.8	Određivanje skevindžer aktivnosti ekstrakta DPPH metodom (metoda vezivanja slobodnih radikala).....	40
4.3.2	Fiziološki parametri.....	42
4.3.2.1	Klijavost semena .....	42
4.3.2.2	Ispitivanje životne sposobnosti semena.....	42
4.4	Statistička obrada podataka.....	43
5	REZULTATI I DISKUSIJA.....	44
5.1	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na antioksidativni status odabranih genotipova uljane repice tokom klijanja i rane faze razvoja u godini proizvodnje i nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima .....	44
5.1.1	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na aktivnost superoksid-dizmutaze (SOD) u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice.....	45
5.1.1.1	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na aktivnost SOD u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena .....	45
5.1.1.2	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na aktivnost SOD u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima .....	49
5.1.2	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na aktivnost gvajakol-peroksidaze (GPx) u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice.....	54
5.1.2.1	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na aktivnost GPx u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena .....	55
5.1.2.2	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na GPx u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima.....	58
5.1.3	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na intenzitet lipidne peroksidacije (LP) u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice.....	63

5.1.3.1	Uticaj različitih koncentracija NaCl na intenzitet LP u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena.....	63
5.1.3.2	Uticaj različitih koncentracija NaCl na intenzitet LP u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima .....	67
5.1.3.2.1	Odnos lipidne preoksidacije i superoksid - dismutaze .....	73
5.1.3.2.2	Odnos lipidne preoksidacije i gvajakol-peroksidaze.....	73
5.1.4	Uticaj različitih koncentracija NaCl na količinu redukovanog glutationa (GSH) u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice.....	75
5.1.4.1	Uticaj različitih koncentracija NaCl na količinu GSH u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena.....	75
5.1.4.2	Uticaj različitih koncentracija NaCl na količinu GSH u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima .....	79
5.1.5	Uticaj različitih koncentracija NaCl na kapacitet skevindžer aktivnosti hidroksi-radikala ( $\bullet$ OH radikala) u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice.....	84
5.1.5.1	Uticaj različitih koncentracija NaCl na kapacitet skevindžer aktivnosti $\bullet$ OH radikala u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena.....	84
5.1.5.2	Uticaj različitih koncentracija NaCl na kapacitet skevindžer aktivnosti $\bullet$ OH radikala u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima .....	87
5.1.6	Uticaj različitih koncentracija NaCl na ukupnu antioksidativnu aktivnost (FRAP) u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice.....	90
5.1.6.1	Uticaj različitih koncentracija NaCl na vrednost FRAP-a u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena.....	91
5.1.6.2	Uticaj različitih koncentracija NaCl na vrednost FRAP-a u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima .....	93
5.1.7	Uticaj različitih koncentracija NaCl na DPPH skevindžer aktivnost u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice.....	97
5.1.7.1	Uticaj različitih koncentracija NaCl na DPPH skevindžer aktivnost u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena.....	97
5.1.7.2	Uticaj različitih koncentracija NaCl na DPPH skevindžer aktivnost u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima .....	100
5.2	Antioksidativni status odabranih genotipova uljane repice uzgajanih u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta .....	103

5.2.1	Aktivnost enzima SOD u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta .....	103
5.2.2	Aktivnost enzima GPx u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta .....	105
5.2.3	Intenzitet LP u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta.....	107
5.2.4	Količina GSH u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta.....	109
5.2.5	Ukupna antioksidativna vrednost (FRAP) u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta.....	111
5.3	Ispitivanje životne sposobnosti semena odabranih genotipova uljane repice u zaslanjenim uslovima .....	115
5.3.1	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na klijavost semena odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova.....	115
5.3.1.1	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na klijavost semena odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena).....	115
5.3.1.2	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na klijavost semena odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima).....	117
5.3.2	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na dužinu nadzemnog dela ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova .....	120
5.3.2.1	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na dužinu nadzemnog dela ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena) ..	121
5.3.2.2	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na dužinu nadzemnog dela ponika kod odabranih genotipova uljane repice primenom vigor testova (ispitivano nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima) .....	122
5.3.3	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na dužinu korena ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova.....	123
5.3.3.1	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na dužinu korena ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena) ..	123
5.3.3.2	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na dužinu korena ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godinu dana čuvanja semena u kontrolisanim uslovima).....	124
5.3.4	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na svežu masu nadzemnog dela ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova .....	125
5.3.4.1	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na svežu masu nadzemnog dela ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena).....	125
5.3.4.2	Uticaoj različitih koncentracija NaCl na svežu masu nadzemnog dela ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima) .....	127

---

5.3.5	Uticaj različitih koncentracija NaCl na svežu masu korena ponika kod odabranih genotipova uljane repice primenom vigor testova.....	128
5.3.5.1	Uticaj različitih koncentracija NaCl na svežu masu korena ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena) ..	128
5.3.5.2	Uticaj različitih koncentracija NaCl na svežu masu korena ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima).....	129
6	ZAKLJUČAK.....	133
7	LITERATURA.....	136
8	PRILOZI.....	156
	BIOGRAFIJA.....	186

## 1 UVOD

Oksidativni stres u biljnim ćelijama prouzrokovan zaslanjenošću zemljišta je jedan od značajnijih faktora koji ograničava prinos gajenih biljaka i na taj način ugrožava poljoprivrednu proizvodnju koja treba da prati stalni porast stanovništva (Munns i Tester, 2008). Soni stres je oblik oksidativnog stresa i utiče nepovoljno na rast biljaka na nekoliko načina izazivajući vodni stres, neravnomerno usvajanje hranljivih materija, toksičnost jona, promene u metaboličkim procesima, oštećenja ćelijskih membrana, smanjenje deobe ćelija i njihovo izduživanje (Zhu, 2007). Tolerantnost biljaka na soni stres je vrlo kompleksna osobina biljaka i kontrolisana je velikim brojem mehanizama od ćelijskog nivoa do nivoa biljke kao celine (Purty i sar., 2008).

Visoke koncentracije soli u zemljištu dovode do oksidativnog stresa u biljkama usled narušavanja procesa transporta elektrona u pojedinim ćelijskim organelama i nastajanja velike količine toksičnih oblika kiseonika kao što su superoksid-radikal ( $O_2^{\cdot-}$ ), hidroksi-radikal ( $\cdot OH$ ), vodonik-peroksid ( $H_2O_2$ ) i singlet kiseonik ( $^1O_2$ ). Posledice ovog stanja su fitotoksične reakcije kao što su lipidna peroksidacija, inaktivacija enzima, degradacija proteina i denaturacija molekula DNK (Bor i sar., 2003). Kod biljaka oksidativni stres izaziva oštećenja svih ćelijskih komponenti što dovodi do poremećaja u rastu i razviću i do smanjene tolerantnosti na različite oblike stresa, što za krajnju posledicu ima poleganje biljaka i smanjenje prinosa (Popović i Štajner, 2008). Kako bi neutralisale štetne efekte reaktivnih kiseoničnih vrsta, biljke su razvile mehanizme odbrane poznate kao antioksidativni sistemi koji regulišu količinu navedenih toksičnih vrsta kiseonika u zavisnosti od potreba ćelije i obuhvataju enzimske i neenzimske antioksidante (Hossain i sar., 2012). Određivanje antioksidativnog kapaciteta može imati veliki značaj jer se merenjem aktivnosti antioksidativnih enzima, intenziteta lipidne peroksidacije i ostalih parametara antioksidativnog statusa, mogu utvrditi razlike u tolerantnosti genotipova i biljnih vrsta prema salinitetu.

Većina gajenih biljaka spada u grupu glikofita jer nisu u stanju da spreče apsorbovanje soli iz zemljišta uz istovremeno obezbeđivanje dovoljne količine vode za rast. Uljana repica se svrstava u grupu umereno tolerantnih biljnih vrsta prema zaslanjenosti zbog čega se može gajiti

u ovakvim uslovima, ali se faze klijanja i početnog porasta smatraju najosetljivijim (Ashraf i McNeilly, 2004).

Zbog svoje raznovrsne primene (ishrana ljudi i domaćih životinja, sirovina za biodizel, proizvodnja sapuna, deterdženta i drugo), površine pod ovom kulturom se povećavaju iz godine u godinu, pa je potrebno obezbediti dovoljne količine kvalitetnog semena. Pojam životna sposobnost ili vigor semena se koristi za opisivanje fizioloških karakteristika koje kontrolišu njegovu sposobnost da brzo klija u zemljištu i da toleriše razne, uglavnom negativne činioce spoljašnje sredine (Milošević i sar., 2010).

Stalno povećanje zaslanjenih površina je jedna od posledica uticaja klimatskih promena na poljoprivrednu proizvodnju. S obzirom na povezanost poljoprivrede i globalog zagrevanja, savremena poljoprivredna praksa mora imati značajnu ulogu u borbi protiv klimatskih promena putem izbora sortimenta koji se može prilagoditi nastalim uslovima. Zbog toga, razumevanje osnova biološkog i fiziološkog uticaja sonog stresa na biljke je neophodno za pružanje dodatnih informacija o odgovoru biljaka na salinitet, pronalaženje načina za ublažavanje štetnih posledica uz poboljšavanje tolerantnosti biljaka na stresne uslove.

## 2 PREGLED LITERATURE

### 2.1 Uljana repica kao gajena biljka

#### 2.1.1 Poreklo

Rod *Brassica* pripada familiji *Brassicaceae* (kupusnjače) i obuhvata oko 100 vrsta, među kojima su najpoznatije vrste *Brassica carinata*, *Brassica juncea*, *Brassica napus*, *Brassica oleracea* i *Brassica rapa*. Pored varijeteta vrste *B. oleracea* gde pripadaju povrtarske vrste: kupus, kelj, prokelj, karfiol, keleraba i brokoli, ekonomski najznačajnija je vrsta *B. napus* spp. *oleifera*, poznatija kao uljana repica.

**Klasa:** *Magnoliopsida* – Dikotiledone

**Podklasa:** *Dilleniidae*

**Red:** *Capparales*

**Familija:** *Brassicaceae*

**Rod:** *Brassica*

**Vrste:** *Brassica carinata*

*Brassica juncea*

*Brassica napus*

*Brassica oleracea*

*Brassica rapa*

Ne postoje tačni podaci o poreklu ove uljane vrste. Pretpostavlja se da vodi poreklo iz jugoistočne Azije i sa Mediterana. Iako postoje dokazi da je prvi put gajena još pre 4000 godina u Indiji (Przybylski i sar., 2005), u Evropi je ova vrsta počela da se koristi u XIII veku, uglavnom za proizvodnju ulja za svetiljke. Smatra se da je nastala ukrštanjem dve bliske vrste *Brassica oleracea* i *Brassica rapa* (Wang i sar., 2011).

### 2.1.2 Morfološke karakteristike

U Srbiji se najviše uzgaja ozima forma kupusne uljane repice. To je jednogodišnja zeljasta biljka (slika 1), koja u visinu može da izraste od 100 do 150 cm, pa i više, u zavisnosti od sorte i uslova proizvodnje. Stablo je zeljasto, uspravno i razgranato, na preseku okruglo. Listovi se formiraju po celoj dužini stabla i manje-više su usečeni i sedeći. Obično ih ima 10-15 na stablu. Ozime forme do ulaska u zimu stvaraju rozetu. Cvetno stablo se pojavljuje tek u proleće. Cvetanje započinje krajem aprila i početkom maja i traje od 25 do 30 dana. Jarko žuti cvetovi su smešteni u grozdolikoj cvasti. Koren uljane repice je vretenast, u gornjem delu malo zadebljao. Iako je snažan, slabe je usisne moći. Dostiže dubinu 80-100 cm, a najintenzivniji rast korena odvija se na početku vegetacije. Plod je ljuska, dužine 4-11 cm, u kojoj se nalazi 20-40 semenki. Seme je sitno, veličine 1,5–2,5 mm, okruglog oblika, tamno smeđe boje. Masa 1000 semena je 3-7 g.



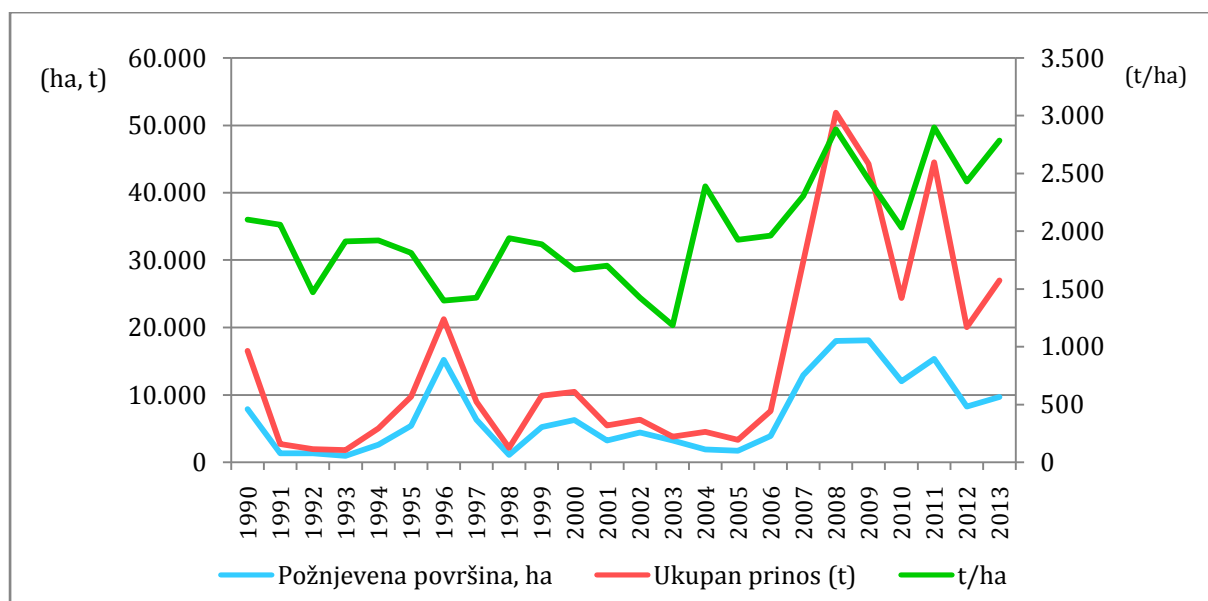
Slika 1. *Brassica napus* spp. *oleifera* L.  
(<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Koeh-169.jpg>)



### 2.1.3 Privredni značaj

Dugo vremena ova vrsta nije bila pogodna kao hrana za ljude i domaće životinje zbog prisustva toksičnih materija kao što su eruka kiselina u ulju i glukozinolati, koji nakon ceđenja ostaju u sačmi i toksični su za domaće životinje. Međutim, sedamdesetih godina prošlog veka širom sveta otpočeo je vrlo intenzivan rad na oplemenjivačkim programima u cilju proizvodnje visokokvalitetnih sorti koje bi sadržale značajno niže količine ove dve nepoželjne materije. Gajenje uljane repice je dobilo značajno mesto tek sa stvaranjem novih sorti sa povoljnim sadržajem i sastavom ulja i povećanim prinosom.

Danas je uljana repica najvažnija uljana biljka umerenog klimata i po površinama na kojima se gaji zauzima treće mesto među uljaricama u svetu. Površine pod ovom vrstom se konstantno povećavaju tokom poslednjih 10 godina, dostižući površinu od oko 32,5 miliona hektara u 2011. godini (FAO, 2011). Najveći proizvođači su Kina, Indija i Kanada, dok je u Srbiji tokom 2011. godine gajena na površini od 15,3 hiljada hektara, sa prosečnim prinosom od 2,9 t/ha. Međutim, u 2012. godini došlo je do smanjenja površina pod ovom kulturom za 46,2% , a u 2013. godini za 36,9% (Slika 2) (RZS, 2013). Iako postoje postrojenja za preradu semena radi proizvodnje ulja i biodizela, to nije glavni razlog za ovakvu situaciju već nepovoljni meteorološki uslovi u vreme pripreme za setvu i tokom same setve uljane repice. Pored navedenog, razlog je i niska otkupna cena.



Slika 2. Proizvodnja uljane repice u Srbiji u periodu 1990-2013. godine (RZS, 2013)

Uljana repica se gaji pre svega zbog semena koje sadrži veliku količinu ulja (40–48%) (Marinković i sar., 2009). Nakon ekstrakcije ulja ostaje nusproizvod sačma koja sadrži 25–40% proteina (Enami, 2011) i 8% ulja te predstavlja kvalitetnu komponentu hrane za domaće životinje. O važnosti ove vrste govori i činjenica da se preko 13% ukupne svetske potrošnje jestivog ulja obezbeđuje iz uljanih vrsta roda *Brassica*, pre svege iz uljane repice (Kondić i sar., 2008).

Sa 7% zasićenih masti, ovo ulje sadrži najmanju količinu ovih supstanci kada se govori o jestivim uljima (Emrani i sar., 2011). Upotrebna vrednost ulja repice zavisi od odnosa pojedinih masnih kiselina. Visokokvalitetno prirodno rafinisano ulje bogato je nezasićenim masnim kiselinama koje mu daju izuzetnu biološku vrednost i posebno mesto u ljudskoj ishrani. Sadržaj nezasićenih masnih kiselina (oleinska i linolna) daje kvalitet ulju, dok su neke masne kiseline manje poželjne (linoelinska) ili čak nepoželjne (eruka). Poseban značaj pridaje se linolnoj kiselini koja je neophodna za ljudsku ishranu i s obzirom da ne može biti sintetisana u organizmu mora biti uneta hranom. Visok sadržaj oleinske kiseline i nizak sadržaj zasićenih masnih kiselina veoma je važna karakteristika ulja uljane repice, koja zajedno sa prisustvom linolne i linolenske kiseline daje ovom ulju jedinstvenu nutritivnu vrednost korisnu za prevenciju kardiovaskularnih oboljenja (Massaro i sar., 2006). Ovo ulje je takođe dobar izvor vitamina E i K i biljnih sterola (McDonald, 2011). Sorte uljane repice sa sadržajem eruka kiseline u ulju ispod 2% pripadaju tzv. "0" tipu (LEAR - Low Erucic Acid Rapeseed). Daljim oplemenjivanjem ove kulture dobijene su tzv. "00" sorte koje karakteriše smanjen sadržaj glukozionolata u semenu, a poslednjih godina u Evropi je otpočelo gajenje tzv. "000" sorte sa još povoljnijim karakteristikama ulja.

Ova uljarica ima značajnu ulogu u proizvodnji biodizela koji je važan izvor bioobnovljive energije (Jovičić i sar., 2011). Može se koristiti kao zamena fosilnih, tečnih goriva i ekološki je prihvatljiviji energent od mineralnog dizela (Marjanović-Jeromela i sar., 2006). U poslednjih nekoliko godina, proizvođači biodizela u EU značajno su povećali potražnju za ovom vrstom. Iako je proizvodnja repice povećana sa tim ciljem, EU je takođe postala značajan uvoznik semena uljane repice pre svega iz Ukrajine, Belorusije i Rusije. U mnogim evropskim državama biodizel se uspešno proizvodi i primenjuje već skoro dve decenije, dok je u Srbiji ova mogućnost tek na početku značajnije realizacije.

Pored proizvodnje uljane repice za dobijanje ulja i biodizela, može se koristiti i kao zelena krma u svežem stanju ili kao silaža, kultura za zelenišno đubrivo i kao medonosna biljka,

a u plodoredu je idealna treća kultura u dvopoljnom plodoredu kukuruz – pšenica (Mustapić, 2008). Takođe, ova vrsta danas ima veliku industrijsku primenu - hidraulična ulja, maziva otporna na visoke temperature, u proizvodnji sapuna, deterdženata i biorazgradive plastike.

U 2011. godini, na 26% površina u svetu pod uljanom repicom, gajene su genetski modifikovane sorte (GM) (James, 2011). Najveći proizvođači su Kanada i SAD, dok u Evropi nije dozvoljena komercijalna proizvodnja GM uljane repice. Evropska uprava za bezbednost hrane (EFSA) je 2012. godine odobrila upotrebu GM repice u proizvodnji hrane za ishranu ljudi i životinja na tržištu EU. GM uljana repica je tolerantna na herbicide sa aktivnom materijom glifosat (Roundup) i glufozinate (Liberty). Iako je GM repica proizvedena kako bi se smanjila upotreba hemijskih sredstava i povećala kontrola korova te se na taj način obezbedilo povećanje prinosa, postoji niz štetnih efekata kao što je opasnost od potencijalnog prenošenja transgena sa GM uljane repice na njene divlje srodnike i na druge površine sa ne-GM repicom.

#### **2.1.4 Gajenje uljane repice**

Gajenje uljane repice obavezno je u plodoredu, a među vrlo važnim agrotehničkim merama mogu se izdvojiti priprema zemljišta i đubrenje. Posebnu važnost ima đubrenje azotom od čega u mnogome može zavisiti prinos i stabilnost proizvodnje. Prema zemljištu nije posebno zahtevna, a mnogi autori smatraju da je ova biljna vrsta umereno tolerantna na soli u zemljištu i može se gajiti na zemljištima sa većim sadržajem soli. Zbog toga se često naziva kulturom marginalnih zemljišta. Ipak, tolerantnost uljane repice prema sonom stresu zavisi od niza faktora, a pre svega genotipa i faze razvika.

### **2.2 Problem zaslanjenosti**

#### **2.2.1 Zaslanjenost – najvažniji abiotički faktor**

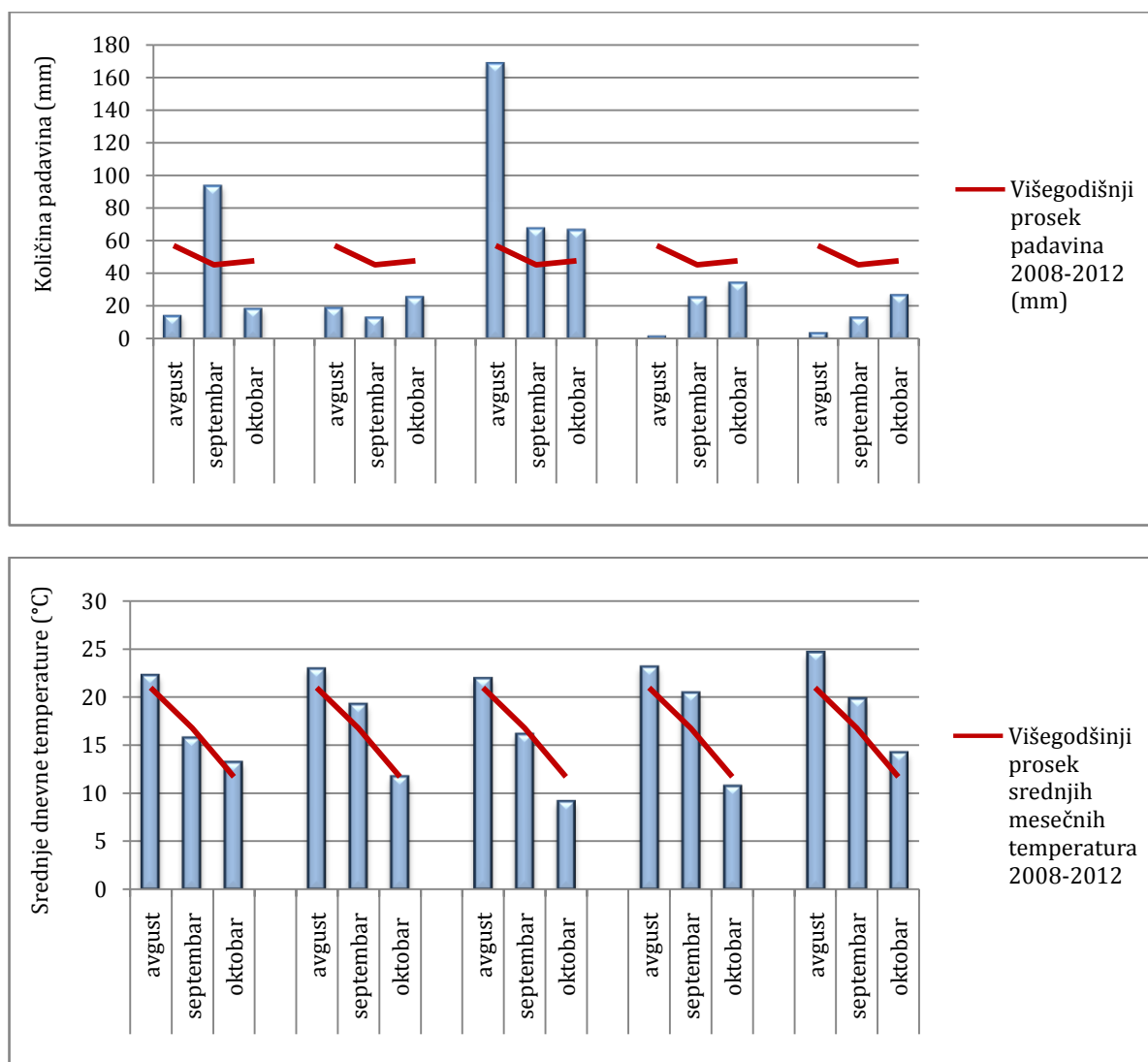
Najznačajniji faktori koji ograničavaju poljoprivrednu proizvodnju jesu pre svega smanjena dostupnost poljoprivrednog zemljišta, iscrpljivanje slatkovodnih resursa, stalno povećavanje biotičkih i abiotičkih stresova, kao i smanjena ekonomska efikasnost u poljoprivrednom sektoru. Međutim, smatra se da su ipak abiotički stresovi glavni čionoci koji značajno utiču na ekonomske gubitke (Reynolds i Tuberosa, 2008). Procenjuje se da suša umanjuje prinos za 17%, salinitet za 20%, visoke temperature za 40%, niske temperature za 15% i ostali faktori za 8% (Ashraf i sar., 2008). Visoke koncentracije soli u zemljištu izazivaju značajna smanjenja prinosa kod velikog broja kultura (Sekmen i sar., 2007). Poslednjih decenija, problem zaslanjenosti postaje sve veći zbog smanjenja dostupnosti slatke vode, zbog čega se sve

više pribegava upotrebi neadekvatne vode sa većim sadržajem soli u poljoprivrednoj proizvodnji (Bridgman i sar., 2008).

Postoje dva osnovana tipa zaslanjenosti: primarna i sekundarna. Primarna zaslanjenost je prirodan proces koji zahvata zemljišta i vode u različitim regionima sveta, gde količina padavina nije dovoljna da ispere soli iz zemljišta a intenzitet evaporacije ili transpiracije je visok (Cuttle, 2008). Sekundarna zaslanjenost podrazumeva zaslanjivanje zemljišta, površinskih ili podzemnih voda usled ljudske aktivnosti kao što su urbanizacija i poljoprivreda. Savremeni načini intenzivnog korišćenja poljoprivrednog zemljišta povećavaju zaslanjene površine, što predstavlja veliki problem, pre svega, kada je reč o zaštiti životne sredine. Procenjuje se da je oko 20% navodnjavanih površina, koje obezbeđuju jednu trećinu hrane na svetu, suočeno sa ovim problemom. Štaviše, značajan procenat nedavno kultivisanog poljoprivrednog zemljišta su postala zaslanjena zbog navodnjavanja (Munns, 2005).

Velike površine u Srbiji, posebno u Vojvodini, su zaslanjene. U ovoj pokrajini zastupljena su dva tipa zaslanjenih zemljišta – solonjec i solončak (Škorić i sar., 1985). Solončak zauzima oko 25 000 ha, dok solonjec oko 90 000 ha (Benka i Salvai, 2005).

Na osnovu analize meteoroloških podataka u poslednjih 5 godina može se predvideti da se u Srbiji očekuje dalje smanjenje količine padavina i porast dnevnih temperatura u toku vegetacionog perioda. U Vojvodini postoje i zemljišni i klimatski uslovi koji mogu prouzrokovati zaslanjivanje zemljišta upotrebom neadekvatne vode za navodnjavanje (Nešić i sar., 2003). Na slici 3 su prikazane mesečne količine padavina i dnevne temperature u periodu 2008-2012. godine za tri meseca (avgust, septembar, oktobar) u poređenju sa višegodišnjim prosekom. Odabrana su tri meseca jer se u to vreme odvija setva i klijanje semena uljane repice kao najosetljivije faze rasta. Prikazane vrednosti pokazuju nedovoljnu količinu padavina što zahteva postavku sistema za navodnjavanje na što većem procentu površina u narednom periodu. Nešić i sar. (2003) takođe navode da hemijski sastav vode za navodnjavanje koja se koristi u Vojvodini, predstavlja opasnost u pogledu zaslanjivanja zemljišta u zoni korenovog sistema, posebno kada je nivo podzemne vode iznad kritične dubine tokom dužeg perioda.



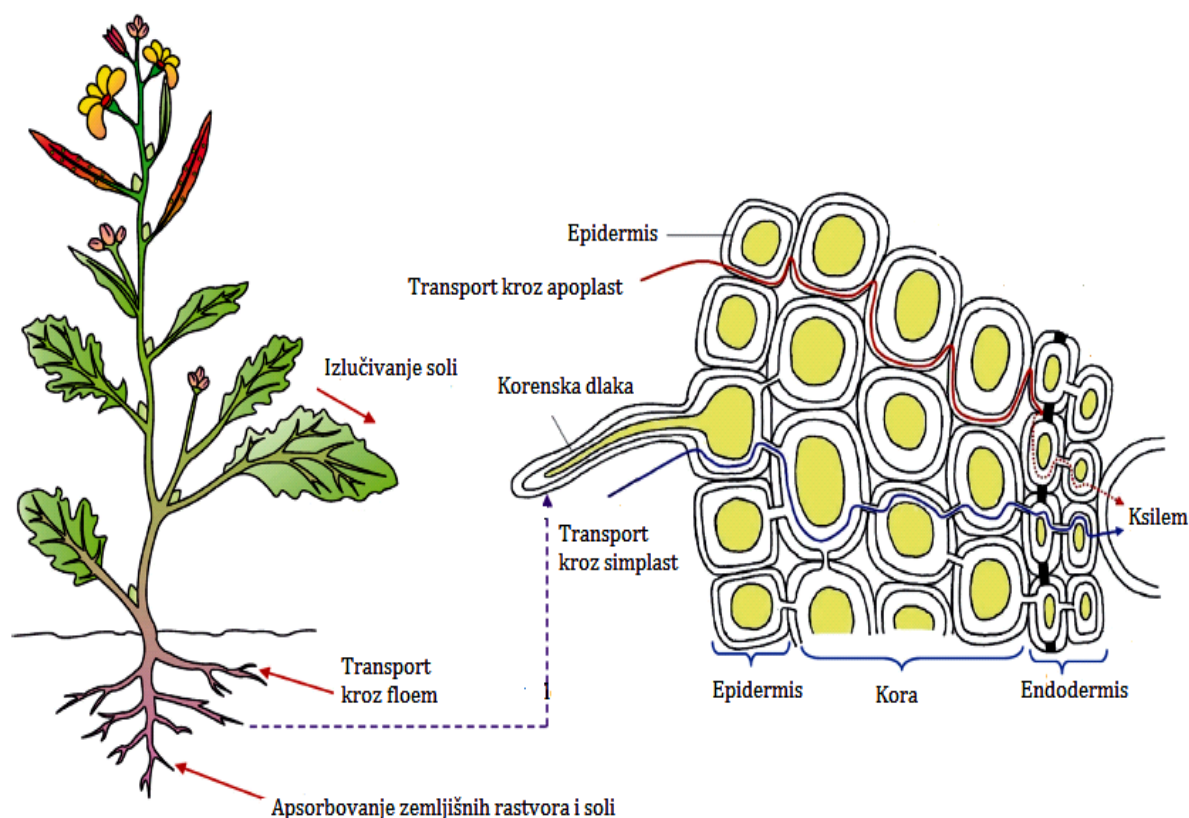
Slika 3. Količina padavina i srednje mesečne temperature vazduha za avgust, septembar i oktobar u periodu 2008-2012. godine

## 2.2.2 Biljke i soni stres

Različite biljne vrste ne podnose stresne uslove zaslanjenosti na isti način i na osnovu njihove tolerantnosti biljke se mogu svrstati u dve grupe: halofite i glikofite. Halofite (*halos* = so, *phytos* = biljka) apsorbuju soli zajedno sa vodom iz zemljišnih ratvora i mogu podneti visoke koncentracije soli, za razliku od glikofita (*glyco* = slatko, *phytos* = biljka, „slatkovodne“ biljke) koje ne mogu tolerisati zaslanjenu sredinu. Većina gajenih biljaka spadaju u grupu glikofita jer nisu u stanju da spreče apsorbovanje soli iz zemljišta uz istovremeno obezbeđivanje dovoljne količine vode za rast.

Joni iz zemljišta se pomoću apoplasta i simplasta transportuju u provodni sistem korena i nadzemnog dela. Kroz simplast, zemljišni rastvori zajedno sa solima se apsorbuju u koren kroz ćelijske membrane epidermisa, dalje se kreću od ćelije do ćelije do ksilema pomoću plazmodezmi (kanalići koji obezbeđuju komunikaciju među ćelijama), sve dok ksilem ne postane zasićen. Takođe, transportovanje do ksilema se odvija i putem apoplasta tj. kroz intracelularne prostore (slika 4). S obzirom da se transport jona kroz apoplast odvija bez potrošnje energije, za razliku od transporta kroz simplast, biljke delimično mogu da kontrolišu usvajanje toksičnih jona kao što je  $\text{Na}^+$  uz pomoć energetskih puteva (Garcia-deblas i sar., 2003). Apsorpcija i transport soli kroz biljku odvija se kroz sledeće faze (Munns, 2002):

- selektivno apsorbovanje iz zemljišnog rastvora,
- prenos u ksilem,
- transport iz ksilema u nadzemne delove biljaka,
- prenos iz ksilema u floem,
- izlučivanje preko sonih žlezda i stoma.



Slika 4. Apsorpcija i transport soli kroz biljku (Hasanuzzaman i sar., 2013)

Iako postoje brojni dokazi da je soni stres uticao na smanjenje prinosa zbog različitih promena u biohemijskim ili fiziološkim procesima poput fotosinteze, disbalansa hraniva, aktivnosti enzima, promene u metaboličkoj aktivnosti, poremećaja usvajanja zemljišnih rastvora, sada je opšteprihvaćeno da salinitet inhibira rast biljaka uzrokujući (Iqbal i sar., 2006, Munns i Tester, 2008):

- vodni stres izazavan osmotskim potencijalom u zemljištu;
- toksičnost određenih jona i disbalans hraniva;
- pojavu oksidativnog stresa (proizvodnja reaktivnih vrsta kiseonika);
- pojavu hormonske neravnoteže.

Salinitet negativno utiče na rast i razvoj biljaka stvaranjem osmotskog potencijala u spoljašnjoj sredini koji onemogućava normalno usvajanje vode (Khajeh-Hosseini i sar., 2003). Drugi, ne manje bitan, negativan efekat je toksičnost prevelike količine natrijumovih jona, što dovodi do nedostatka kalcijuma i kalijuma i narušavanje ravnoteže drugih hranljivih elemenata. Takođe, povećana koncentracija jona hlora izaziva nekrotične simptome toksičnosti zbog negativnog uticaja na proizvodnju hlorofila, značajno smanjuje porast i efikasnost korišćenja vode u biljkama (Hasanuzzaman i sar., 2013).

Odavno je poznato da tolerantnost biljaka prema većem sadržaju soli nije ista u svim fazama rasta i razvića. Klijanje je sigurno jedna od najkritičnijih faza posebno u zaslanjenim uslovima. Otežano klijanje u ovakvim uslovima je često posledica visoke koncentracije soli u zonama setve semena zbog kapilarnog penjanja zemljišnih rastvora, a kasnije i zbog isparavanja na površini zemljišta (Zamani i sar., 2010). S obzirom da proces klijanja semena nije moguć bez vode, glavni negativni efekat soli u zemljištu odražava se kroz stvaranje osmotskog potencijala koji onemogućava da seme apsorbuje dovoljnu količinu vode i klija. Pored navedenog, povećana koncentracija soli tokom klijanja može da izazove toksičnost koja menja aktivnost enzima metabolizma nukleinskih kiselina (Gomes-Filho i sar., 2008), menja metabolizam proteina (Dantas i sar., 2007), remeti hormonski balans (Khan i Rizvi, 1994), smanjuje korišćenje hranljivih rezervnih materija u semenu (Othman i sar., 2006), a takođe može negativno uticati na strukturu ćelija, tkiva i organa (Koyro, 2002).

Wahid i sar. (2011) navode da postoje razni endogeni (biljka) i egzogeni (spoljašnja sredina) faktori koji utiču na klijavost semena u zaslanjenim uslovima kao što su struktura semenjače, dormantnost, starost semena, životna sposobnost semena, temperatura, svetlost, voda i gasovi.

Munns i Tester (2008) smatraju da je smanjenje rasta u uslovima povećanog sadržaja soli u početnoj fazi razvoja posledica osmotskog potencijala izazvanog solima, dok se u kasnijim fazama ispoljava toksičan efekat Na<sup>+</sup> jona, koji se nakupljaju u listovima i smanjuju rast biljaka.

Zaslanjeni uslovi, pored navedenoga, mogu značajno degradirati fizičku strukturu zemljišta zbog visoke koncentracije Na<sup>+</sup> jona. Pozitivno naelektrisani katjoni Na<sup>+</sup> privlače negativno naelektrisane čestice gline u zemljištu, zbog čega zemljište postaje lepljivo kada je vlažno i nepropusno kada se osuši (Cuttle, 2008).

## **2.3 Antioksidativni status biljaka**

### **2.3.1 Biljke i abiotički stres**

Biljke su razvile veliki broj fizioloških, biohemijskih i molekularnih odbrambenih mehanizama kako bi podnele osmotski oksidativni stres. U ovakvim uslovima dolazi do promena u fotosintetskom putu i strukturi ćelijskih membrana, aktivaciji antioksidativnih enzima i indukciji biljnih hormona (Parida i Das, 2005). Kada se govori o ekspresiji gena, odgovor biljaka na ovakve uslove može se podeliti u četiri grupe: sinteza osmolita, zaštita integriteta ćelija, uspostavljanje jonske ravnoteže i antioksidativni mehanizmi zaštite (Vallyiodan i Nguyen, 2006). Munns (2002) navodi da su biljke, koje su prilagođene da žive u zaslanjenim uslovima, razvile i neke dodatne odbrambene mehanizme kao što su selektivna akumulacija i kontrola usvajanja jona preko korena i njihovog transporta u listove.

Brojna istraživanja pokazuju da, kada se govori o tolerantnosti biljaka na soni stres, presudnu ulogu ima antioksidativni sistem odbrane. Dokazano je da biljne vrste koje su tolerantne na prisustvo soli povećavaju aktivnost antioksidativnih enzima i količinu neenzimskih antioksidanata u cilju odbrane od stresnih uslova, dok kod vrsta osetljivih na soni stres to nije slučaj (Demiral i Turkan, 2005).

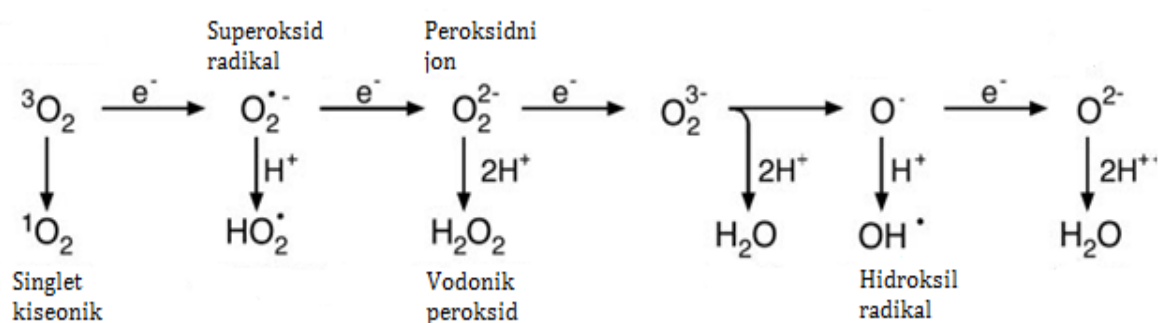
### **2.3.2 Reaktivne kiseonične vrste (ROS)**

Za sva aerobna bića karakterističan je tzv. „kiseonični paradoks“ (*oxygen paradox*). Postojanje aerobnih organizama praktično nije moguće bez kiseonika, međutim kiseonik može biti opasan za njihov opstanak. Štetno dejstvo kiseonika je posledica strukture njegovog molekula, koji u elektronskoj konfiguraciji ima dva nesparena elektrona. Od ukupne količine kiseonika, smatra se da 98% učestvuje u normalnim procesima u ćeliji pri čemu se stvara voda i oslobađa energija. Međutim, od preostalih 2% nastaju veoma nestabilna i reaktivna jedinjenja – slobodni radikali kiseonika. Ova jedinjenja predstavljaju reaktivne toksične oblike kiseonika



tzv. reaktivne kiseonične vrste ili ROS (*Reactive Oxygen Species*) (Matzinger, 2007). ROS reaguju spontano sa organskim molekulima i izazivaju lipidnu peroksidaciju membrana, oksidaciju proteina, inhibiciju enzima i oštećenja DNK i RNK (Vinocur i Altman, 2005).

Najvažniji toksični oblici kiseonika su superoksid-radikal ( $O_2^{\cdot-}$ ), hidroksi-radikal ( $\bullet OH$ ), hidroperoksil-radikal ( $HO_2^{\cdot}$ ), vodonik-peroksid ( $H_2O_2$ ), aloksi-radikal ( $RO^{\cdot}$ ), peroksi-radikal ( $ROO^{\cdot}$ ) - reaktivni intermedijeri lipidne peroksidacije, singlet kiseonik ( $^1O_2$ ) od kojih su svi citotoksični (slika 5) (Ajay i sar., 2002, Parida i Das, 2005, Vellosillo i sar., 2010, Karuppanapandian i sar., 2011).

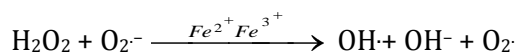


Slika 5. Nastajanje reaktivnih kiseoničnih vrsta (modifikovano prema Apel i Hirt, 2004)

Jedan od najštetnijih radikala iz ove grupe je superoksid-radikal ( $O_2^{\cdot-}$ ) koji nastaje redukcijom molekulskog kiseonika uz pomoć feredoksina ( $Fd_{red}$ ) (reakcija 1). Dismutacijom superoksid-radikala nastaje vodonik-peroksid  $H_2O_2$  (reakcija 2) (Ajay, 2002).

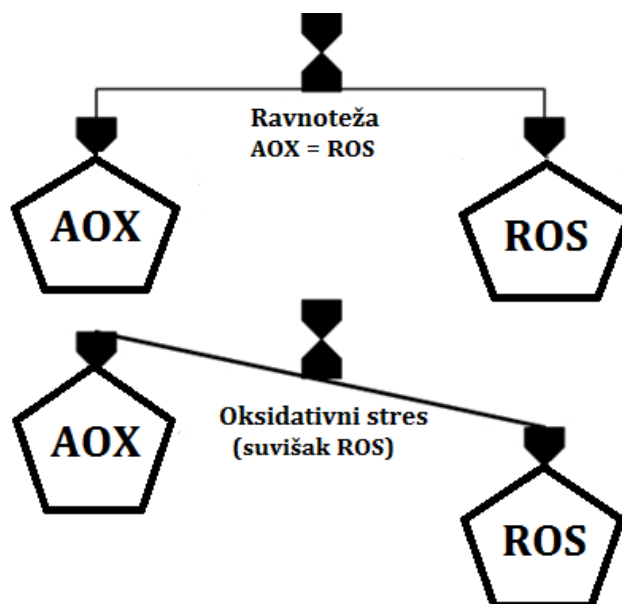


Superoksid-radikal i vodonik-peroksid sami po sebi ne stvaraju velika oštećenja ali takođe mogu da stvaraju vrste koje oštećuju osnovne ćelijske komponente kao što su hidroksi-radikal. Ovaj toksični oblik kiseonika može da pokrene proces lipidne peroksidacije, oštećenja DNK, proteina i drugih manjih molekula, a nastaje putem tzv. Haber-Weissove reakcije:



ROS su proizvodi normalnog ćelijskog metabolizma, nastaju u reakcijama fotosinteze, fotorespiracije, oksidativne fosforilacije,  $\beta$ -oksidacije masnih kiselina, kao i u drugim procesima oksidacija (Alscher i sar., 1997). U ovakvim uslovima, u svim ćelijama postoji odgovarajuća

ravnoteža između intercelularnog stvaranja i neutralisanja ROS (Dutilleul i sar., 2003). Međutim, u uslovima stresa, dolazi do poremećaja ravnoteže između proizvodnje i uklanjanja ROS u pojedinim delovima ćelije (slika 6) (Mittler, 2002, Vellosillo i sar., 2010). Povećana proizvodnja toksičnih derivata kiseonika se smatra zajedničkom karakteristikom stresnog stanja.



Slika 6. Šematski prikaz ravnoteže između antioksidativnog sistema i ROS  
(modifikovano po Gill i Tuteja, 2010)

Za ove čestice karakterističan je visok stepen toksičnosti zbog čega one mogu da dovedu do inaktivacije enzima, oštećenja ćelijskih organela, razaranja ćelijskih membrana, degradacije pigmenta, proteina, lipida i nukleinskih kiselina što na kraju može dovesti ćelijske smrti (Karuppanandian i sar., 2011). Ovakvo stanje u ćeliji dovodi do pojave oksidativnog stresa (Popović i Štajner, 2008).

Reaktivne vrste kiseonika su se prvobitno definisale kao toksični nusproizvodi aerobnog metabolizma, međutim, u poslednjih nekoliko godina, postalo je jasno da imaju i važnu ulogu u signalizaciji kod biljaka kontrolišući procese kao što su rast, razvoj, odgovor na biotičke i abiotičke faktore i programiranu ćelijsku smrt (Bailey-Serres i Mittler, 2006; Karuppanandian i sar., 2011).

Mnoga ispitivanja pokazala su da povećane koncentracije soli intenziviraju proizvodnju ROS u ćelijama (Hasegawa i sar., 2000). Oštećenja ćelijskih membrana nastala delovanjem ROS su glavni uzrok toksičnosti ćelija u zaslanjenim uslovima (Ahmad i sar., 2010). Biljke reaguju na

soni stres zatvaranjem stoma kako bi sprečile preterane gubitke vode i usled toga dolazi do smanjenja koncentracije dostupnog CO<sub>2</sub> što usporava njegovu redukciju u Calvinovom ciklusu. Ovakva reakcija dovodi do trošenja oksidovanog NADP<sup>+</sup>, koji deluje kao krajnji akceptor elektrona u fotosistemu I, pri čemu se povećava dostupnost elektrona kiseoniku a samim tim i stvaranje O<sub>2</sub><sup>•-</sup> (Hsu i Kao, 2003). Nastanak superoksid-radikala može biti i posledica toksičnosti Na<sup>+</sup>/Cl<sup>-</sup> koja može da dovede do prekida transporta elektrona u procesu fotosinteze (Borsani i sar., 2001). Tsai i sar. (2005) navode da se, u uslovima sonog stresa, NADPH oksidaze vezana za ćelijsku membranu i diamin-oksidaza iz apoplasta aktiviraju i tako doprinesu povećanom stvaranju ROS.

### 2.3.3 Lipidna peroksidacija

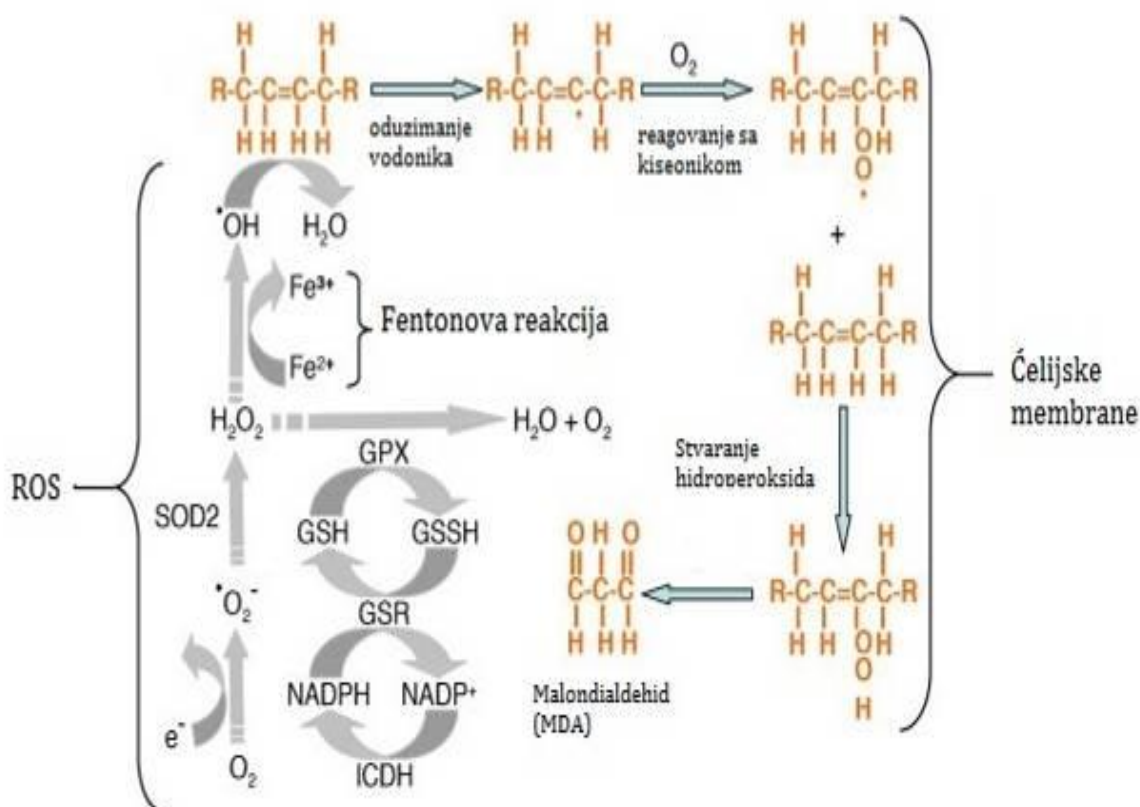
Lipidna peroksidacija (LP) je proces koji se odvija u uslovima oksidativnog stresa i predstavlja oksidativno oštećenje koje zahvata ćelijske membrane, lipoproteine i druge molekule koji sadrže lipide (Kagan, 1988). LP se odvija u svim ćelijskim membranama kada je koncentracija ROS suviše visoka i na taj način ne samo da direktno utiče na normalno funkcionisanje ćelije, već i olakšava oksidativni stres kroz proizvodnju lipidnih radikala (Montillet i sar., 2005). Dolazi do stvaranja i propagacije lipidnih radikala, promena u dvostrukim vezama nezasićenih masnih kiselina i oštećenja lipidnih membrana, pri čemu se stvaraju različiti toksični proizvodi, kao što su alkoholi, ketoni, alkani, aldehidi i etri (Dianzani i Barrera, 2008). Ova oštećenja se manifestuju kao gubitak fluidnosti membrana, pad membranskog potencijala, povećanje permeabilnosti prema H<sup>+</sup> i drugim jonima. U ovakvim uslovima ugrožena je zaštitna i transportna funkcija ćelijske membrane, poremećeni su enzimski procesi u njoj, ali i sveukupna ćelijska signalizacija (Denisov i Afanasev, 2005).

Lančana reakcija LP je najčešći i najviše proučavani negativni fenomen delovanja slobodnih radikala, ali svakako nije jedina posledica oksidativnog stresa nastalog u ćeliji pri poremećenom bilansu stvaranja i eliminacije slobodnih radikala.

Proces se odvija u tri faze - inicijacija, propagacija i terminacija. U početnoj fazi, visoko reaktivni hidroksi-radikali, stvoreni u Fentonovoj reakciji, oduzimaju vodonik od metilenskih grupa lipida, pri čemu se stvaraju alkil-radikali (R<sup>•</sup>), što dovodi do premeštanja dvostrukih veza i građenja konjugovanih diena. Ovi intermedijeri su vrlo nestabilni, kratkog životnog veka i reaguju sa kiseonikom obrazujući različite radikalske vrste, uključujući i peroksi-radikal (ROO<sup>•</sup>). Krajnji proizvod lipidne peroksidacije je lipidni hidroperoksid (ROOH) koji se zatim razlaže do aldehida, najčešće malonildialdehida-MDA, i isparljivih ugljovodonika - etan, pentan (Laguerre i

sar., 2007) (slika 7). Količina malonildialdehida se smatra pouzdanim pokazateljem za procenu intenziteta lipidne peroksidacije (Goel i Sheoran, 2003).

Mnoge polinezasićene masne kiseline, prisutne u semenu, imaju visoku osetljivost prema peroksidantnoj degradaciji (Milošević i Balašević-Tubić, 1998). McDonald (1999) navodi da su lipidna peroksidacija i gubitak membranskih fosfolipida glavni uzroci starenja semena.



Slika 7. Proces lipidne peroksidacije (modifikovano prema Al-Gubory, 2012)

#### 2.3.4 Antioksidanti u biljkama i oksidativni stres

Biljke su razvile različite antioksidativne mehanizme zaštite i prilagođavanja da bi smanjile negativan uticaj stresnih faktora na rast i razvoj. Postoje više različitih definicija antioksidanta ali najjednostavniju i ujedno najobuhvatniju dali su Halliwell i Gutteridge (1990) prema kojoj su antioksidanti supstance prisutne u malim koncentracijama u odnosu na supstrat koji oksiduju, i značajno odlažu ili inhibiraju njegovu oksidaciju. Antioksidanti se sami oksiduju da bi zaštili važne ćelijske komponente od oksidacije ili prevode prooksidante u manje reaktivna jedinjenja (Tumbas, 2010).

Sva živa bića imaju enzimске i neenzimске mehanizme odbrane koji deluju tako što neutrališu oksidante ili saniraju štetu izazvanu ROS. Zbog visoke reaktivnosti i toksičnosti ROS neophodno je da aktiviranje odbrambenih mehanizama dolazi odmah posle nastanka ROS i da su odbrambeni sistemi prisutni na mestu ROS proizvodnje (Carbone i sar., 2003).

Antioksidativni sistem zaštite deluje na više načina:

- uklanjanjem kiseonika ili smanjenjem njegove koncentracije;
- uklanjanjem jona metala koji su katalizatori u reakcijama oksidativnog stresa;
- uklanjanjem reaktivnih kiseoničnih vrsta.

Iako se aktivnosti antioksidativnih enzima intenzivno proučavaju i dalje postoje polemike vezane za njihov značaj kada se govori o tolerantnosti biljaka na zaslanjenost, pre svega zbog činjenice da je velika aktivnost antioksidativnih enzima povezana i sa torenacijom na ovaj stres, kao sa njihovom osetljivošću na stres (Abogadallah, 2010). Neutralisanje/uklanjanje (scavange) ROS povećanim aktiviranjem antioksidativnih enzima može poboljšati tolerantnost biljnih vrsta na zaslanjenost (Alscher i sar., 1997).

Antioksidanti se prema načinu delovanja mogu klasifikovati kao (Panda, 2012):

- *Primarni ili osnovi antioksidanti* – reaguju direktno sa prooksidantnim vrstama prekidajući slobodano-radikalisku lančanu reakcija doniranjem vodonika ili elektrona slobodnim radikalima i pretvarajući ih u stabilnija jedinjenja;
- *Sekundarni antioksidanti* – uklanjaju oksidante.

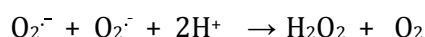
Sistem antioksidativne zaštite obuhvata enzimске antioksidante i neenzimске antioksidante.

### **2.3.5 Enzimski antioksidanti**

Ovi antioksidanti predstavljaju prvu liniju antioksidativne zaštite (Alscher i sar., 2002, Popović i Štajner, 2008). Najvažniji enzimi u biljnim ćelijama su superoksid-dismutaza (SOD), katalaza (CAT), peroksidaza (Px), askorbat peroksidaza (APx), glutation-reduktaza (GR) (Mittler i sar., 2004, Popović i Štajer, 2008, Singh i sar., 2008).

### *Superoksid-dismutaza (SOD)*

Superoksid-dismutaza je enzim pronađen u svim aerobnim organizmima gde igra glavnu ulogu u odbrani protiv toksičnih oblika kiseonika, koji nastaju kao nusprodukti mnogih bioloških oksidacija. Danas je dobro poznato da različiti stresni uslovi dovode do povećanog stvaranja ROS, gde je SOD od velike važnosti za tolerantnost biljaka na stres jer obezbeđuje prvu liniju odbrane (Gill i Tuteja, 2010). SOD su grupa metaloenzima koje štite ćelije od superoksid-radikala ( $O_2^-$ ) katalizujući njegovu dismutaciju do molekuskog  $O_2$  i  $H_2O_2$  (Meloni i sar., 2003).



U zavisnosti od vrste metalnog jona razlikuju se tri grupe SOD:

- Bakar, cink- SOD (CuZnSOD)
- Mangan- SOD (MnSOD)
- Gvožđe - SOD (FeSOD)

Sva tri oblika imaju istu funkciju, a to je otklanjanje superoksid-radikala. Međutim, navedeni oblici se razlikuju po strukturi, svojstvima, lokaciji unutar ćelije, distribuciji u tkivima, kao i mehanizmima kojima utiču na ekspresiju ovih enzima. CuZnSOD je smeštena u hloroplastima i moguće u citosolu, MnSOD u mitohondrijama i peroksizomima, a FeSOD u hloroplastima.

### *Katalaza (CAT)*

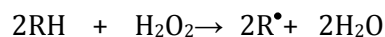
Katalaza je jedan od najrasprostranjenijih enzima u prirodi i nalazi se u svim živim organizmima. Sastavljena je od četiri identične podjedinice u čijem se središtu nalazi atom gvožđa koji predstavlja aktivno mesto enzima. Ovaj enzim katalizuje reakciju razlaganja vodonik-peroksida do vode i kiseonika.



CAT je smeštena u peroksizomima i neophodna je za detoksikaciju ROS u stresnim uslovima (Garg i Manchanda, 2009). U prilog ovome govori i činjenica da glavnu ulogu u odstranjivanju malih količina  $H_2O_2$  ima glutation-peroksidaza (GSH-Px), dok se katalazna aktivnost ispoljava tek pri većim koncentracijama  $H_2O_2$ . Gill i Tuteja (2010) navode da je ovaj enzim posebno važan u uklanjanju  $H_2O_2$  stvorenog u procesima oksidacije masnih kiselina, fotorespiracije i katabolizma purina.

*Peroksidaze (Px, POD)*

Peroksidaze pripadaju velikoj porodici enzima oksidoreduktaza koji katalizuju razgradnju H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pri čemu nastaje voda.



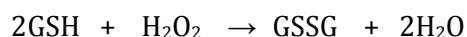
Peroksidaze su najčešće hemoproteini i nalaze se u mnogim ćelijskim delovima: vakuoli, Goldžijevom aparatu, endoplazmatičnom retikulumu, mitohondrijima i u međućelijskom prostoru.

*Askorbat-peroksidaza (APx)*

Askorbat-peroksidaza je hemoprotein koji detoksifikuje perokside pomoću askorbata u reakciji u kojoj nastaje dihidrogen-askorbat. Deo je glutation-askorbatnog ciklusa koji deluje u citosolu, mitohondrijama, plastidima i peroksozomima. Postoji najmanje pet izoformi APx uključujući tilakoidnu (tAPX), formu membrana glikozoma (gmAPX), rastvorljivu formu strome hloroplasta (sAPX) i citoslonu formu (cAPX) (Noctor i Foyer, 1998).

*Glutation-peroksidaza*

Glutation-peroksidaza (GSH-Px) je pronađena u svim eukariotama. Katalizuje reakciju redukcije H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ili organskih hidroperoksida u prisustvu redukovanog oblika glutaciona (GSH) koji prelazi u oksidovani oblik (GSSG) i nastaje voda.



Glutation-peroksidaza je odgovorana za razgradnju najvećeg dela H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> u ćeliji u normalnim uslovima.

*Glutation-reduktaza (GR)*

Glutation-reduktaza pomaže da se održi visok odnos GSH/GSSG kao deo askorbat-glutation ciklusa i na taj način igra važnu ulogu u metabolizmu ćelija (Beyer i Fridovich, 1987).



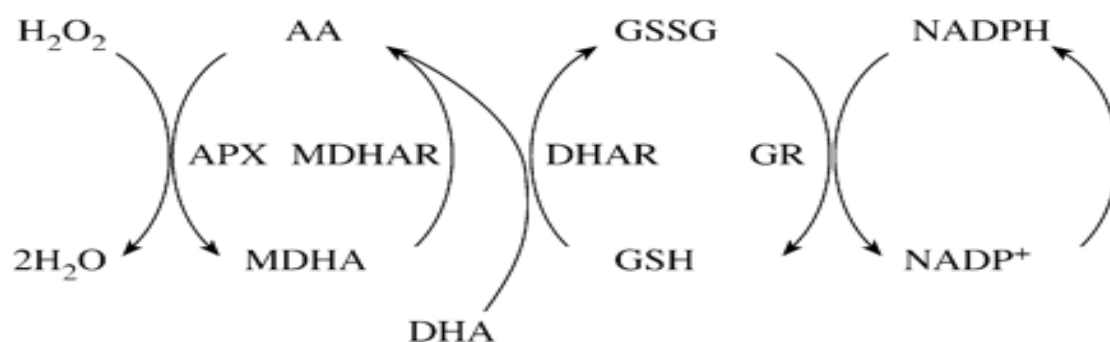
### 2.3.5.1 Neenzimski antioksidanti

U neenzimske antioksidante spadaju: vitamin C, glutation, tokoferoli,  $\beta$ -karoten, fenoli i drugi, koji, obzirom na različitu strukturu i afinitet, ostvaruju i različite mehanizme delovanja antioksidativne zaštite.

*Askorbinska kiselina* ili vitamin C je najzastupljeniji antioksidant koji deluje tako što sprečava i svodi na minimum oštećenja izazvana ROS u ćelijama (Athar i sar., 2008). Njegova aktivnost se zasniva na sposobnosti da donira elektrone u različitim enzimskim i neenzimskim reakcijama (Gill i Tuteja, 2010).

#### Redukovani glutation (GSH)

Redukovani glutation ima važnu ulogu u direktnoj i indirektnoj kontroli ROS (Foyer i Noctor, 2005). GSH služi kao donor elektrona u askorbat-glutation-ciklusu pri čemu se regeneriše askorbat iz njegove oksidovane forme u dehidroaskorbat, a GSH prelazi u oksidovanu formu glutation-disulfid (GSSG) (slika 8). Ovaj put se smatra najvažnijim načinom uklanjanja superoksid radikala i vodonik-peroksida iz horoplatsa (Noctor i Foyer, 1998).



Slika 8. Askorbat-glutation ciklus: AA-askorbat, APX-askorbat peroksidaza, MDHA – monodehidroaskorbat, MDHAR – monodehidroaskorbat reduktaza, DHA dehidroaskorbat, DHAR – dehidroaskorbat reduktaza, GR- glutation reduktaza (May i sar., 1998)

*Tokoferoli* su antioksidanti koji imaju važnu ulogu u zaštiti ćelijskih membrana neutrališući singlet kiseonik i lipidne perokside. Izuzetno su efikasni antioksidanti jer su relativno siromašni donatori elektrona u fiziološkim uslovima i deluju, pre svega, putem prenošenja atoma vodonika (Njus i Kelley, 1991). Od četiri izomera tokoferola ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -) koja se mogu naći u biljkama,  $\alpha$ -tokoferol ima najveću antioksidativnu aktivnost zbog prisustva trimetil grupe u svojoj molekularnoj strukturi (Kamal-Eldin i Appelqvist, 1996).



*Flavonoidi* spadaju među najaktivnije sekundarne metabolite biljaka. Uklanjaju ROS njihovom lokalizacijom i neutralizacijom pre nego što oštete ćelije (Cle i sar., 2008). Njihova funkcija zavisi od broja i rasporeda hidroksilnih grupa smeštenih u prstenastoj strukturi (Winkel-Shirley, 2002).

*Karotenoidi* su pigmenti koji se nalaze u biljkama i mikroorganizama i imaju mnoštvo funkcija u metabolizmu biljaka uključujući i tolerantnost na oksidativni stres. Pored toga što apsorbuju svetlost na talasnoj dužini od 400 i 550 nm i prenese je do hlorofila (Sieferman-Harms, 1987) štite fotosintetički aparat od štetnih slobodnih radikala koji se prirodno grade tokom fotosinteze (Collins, 2001), a takođe ulaze u sastav membrane tilakoida (Niyogi i sar., 2001).

## 2.4 Životna sposobnost semena

### 2.4.1 Koncept pojma životne sposobnosti semena

Životna sposobnost semena ili vigor predstavlja skup osobina koje određuju aktivnost i ponašanje partije semena komercijalno prihvatljive klijavosti u različitim uslovima spoljašnje sredine. Vigor semena ne pokazuje samo procenat vitalnog semena u uzorku, već odražava sposobnost semena da formiraju normalne ponike u nepovoljnim uslovima gajenja koji se mogu javiti u poljskim uslovima. To nije svojstvo koje je moguće pojedinačno izmeriti kao što je moguće klijavost semena, nego pojam koji obuhvata nekoliko osobina koje su povezane sa sledećim aspektima stanja partije semena (ISTA, 2014):

- brzina i ujednačenost klijanja semena i porast ponika,
- sposobnost nicanja semena u nepovoljnim uslovima spoljašnje sredine,
- stanje semena posle skladištenja, pre svega zadržavanje kapaciteta klijanja.

Brzo i ujednačeno nicanje u polju jeste od velike važnosti za postizanje visokih prinosa uz obezbeđivanje dobrog kvaliteta semena kod gajenih biljaka (Yari i sar., 2010).

Seme može imati visok procenat klijavosti pri standardnom laboratorijskom testu koji pruža optimalne uslove temperature, vlažnosti i svetlosti za klijanje. Međutim, to ne znači da bi ovo seme bilo u stanju da klija, niče i nastavi rast i u poljskim uslovima. Drugim rečima, partije semena koje se ne razlikuju po procentu klijavosti, mogu se razlikovati u stepenu sklonosti ka starenju i ponašanju semena u poljskim uslovima (Kolasinska i sar., 2000). O važnosti ispitivanja životne sposobnosti semena, kao sastavnom delu semenske proizvodnje, govori i činjenica da seme počne da gubi vigor pre nego što izgubi sposobnost da klija. Određivanje životne sposobnosti semena je veoma značajno za seme koje je skladišteno u nepoznatim ili

nepovoljnim uslovima, jer se ova osobina koristi i kao pokazatelj skladišnog potencijala partija semena (AOSA, 2002). Pored toga, ispitivanje životne sposobnosti semena daje bolje informacije za određivanje setvene norme u poređenju sa vrednostima dobijenim primenom standardnog laboratorijskog testa.

Utvrđeno je da uslovi proizvodnje, sazrevanja, skladištenja i starenja semena utiču na vigor semena. Proizvodnja semena u uslovima vodnog stresa, nedovoljne količine hraniva, ekstremnih temperatura, često dovodi do stvaranja semena sa lošim vigorom tzv. nisko vigoroznog semena (Castillo i sar., 1994). Takođe, mehanička oštećenja tokom žetve i dorade, kao i nepravilno skladištenje može se nepovoljno odraziti na vigor (Peksen i sar., 2004). Genetski faktori, kao što su tvrdosemenost, otpornost na bolesti i hemijski sastav povoljno utiču na vigor semena (AOSA, 2002).

S obzirom da ispitivanje kvaliteta semena i njegove životne sposobnosti ukazuje koje partije semena mogu da se nađu na tržištu, neophodno je detaljno razmotriti metode i testove koji se upotrebljavaju prilikom ispitivanja kvaliteta semena, odnosno vigora (Milošević i sar., 2010).

#### **2.4.2 Testovi za ispitivanje životne sposobnosti semena**

Vigor testovi danas nalaze veliku primenu kod odabira partija semena za setvu, kod procene skladišnog potencijala i stepena mogućeg oštećenja, kao i kod odabira genetskog materijala u oplemenjivanju biljaka. Ovi testovi su se pokazali kao bolji pokazatelji ponašanja semena u poljskim uslovima nego standardni test klijavosti (Kolasinska i sar., 2000) i zbog toga se smatra da je njihov osnovni cilj da odrede značajne razlike u fiziološkom kvalitetu semena između partija sa dobrim komercijalnim kvalitetom, pre svega između onih koje su imale iste ili približne vrednosti klijavosti u standardnom testu (Vieira i sar., 2004).

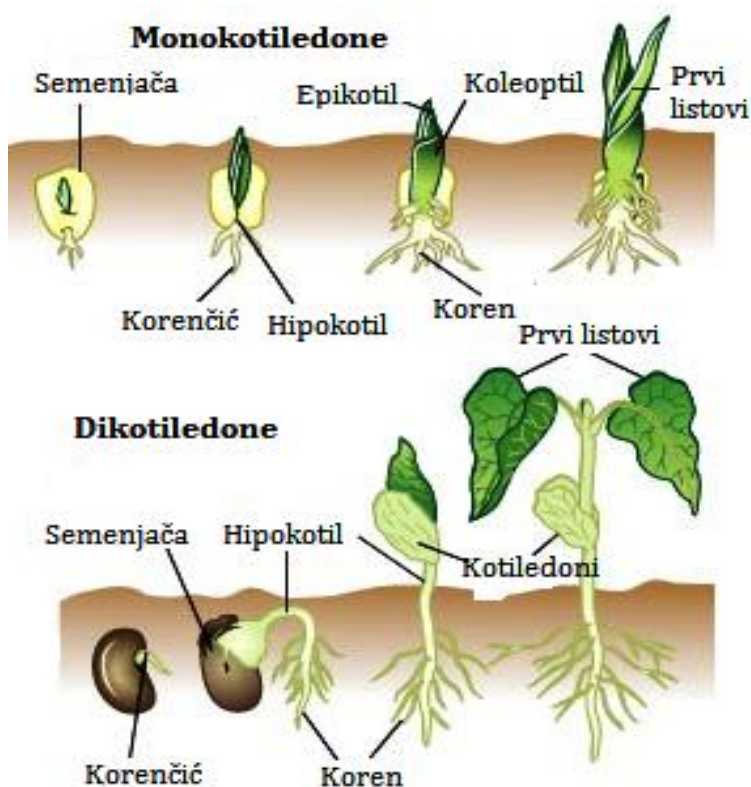
Da bi bio prihvatljiv i koristan za proizvođače semena, krajnje korisnike semena i za analitičare koji ispituju vigor semena u laboratoriji, vigor test bi trebalo da zadovoljava određene kriterijume. McDonald (1980) i Bennett (2002) navode da svaki vigor test treba da bude: *jednostavan* – kako bi moglo da ga izvodi već prisutno osoblje u laboratoriji; *brz* – kako bi u toku sezone zahtevao malo vremena za izvođenje i izdavanje rezultata; *objektivan* – da se lako može standardizovati i da izbegava subjektivnu ocenu analitičara; *ponovljiv* – ovo je najvažniji uslov koji vigor test treba da ispuni, da daje iste rezultate ukoliko se test ponovi ili ukoliko ispitivanje vrši drugi analitičar ili druga laboratorija; *pokazatelj nicanja u polju* – da daje

informacije o setvenom potencijalu; *relativno jeftin* – da se izvodi uz minimalna dodatna ulaganja u obuku osoblja, opremu i potrošni materijal.

AOSA (2002) vigor testove svrstava u tri grupe: (1) Stresni testovi gde se ubrajaju test ubrzanog starenja i hladni test, (2) testovi ocene porasta ponika gde spadaju klasifikacija ponika po vigoru i test porasta ponika, (3) biohemijski testovi gde spadaju tetrazolijum test i test provodljivosti.

#### 2.4.2.1 Standardna laboratorijska klijevost (SLT)

Klijavost semena se definiše kao pojava i razvoj ponika do onog stepena kada izgled njegovih osnovnih struktura pokazuje da li ponik jeste ili nije u stanju da se dalje razvija u normalnu biljku u povoljnim uslovima (ISTA, 2014) (slika 9). Mehanizam klijanja obuhvata nekoliko faza: aktivaciju enzima, razgradnju rezervnih materija, translokaciju i mobilizaciju rastvorljivih materija i zatim deobu ćelija (Kastori, 1998).



Slika 9. Klijanje semena (www.britannica.com)

Danas je test klijavosti standardizovan za veliki broj biljnih vrsta. Precizno su određene procedure za izvođenja ispitivanja, tj. uslovi – predtretman, tip podloge, temperatura i dužina

ispitivanja. Predtretmani uglavnom obuhvataju metode za prekidanje mirovanje kod semena kao što su hlađenje, zagrevanje, svetlo, tretiranje kalijum-nitratom, tretiranje giberelinskom kiselinom, skarifikacija ili ispiranje.

Durrant i Gummerson (1990) navode da je standardni laboratorijski test klijavosti dobar pokazatelj životne sposobnosti semena, koji bi mogao da predvidi poljsko nicanje, samo ako su uslovi zemljišta skoro idealni.

#### **2.4.2.2 Hladni - cold test (CT)**

Danas se ovaj vigor test uglavnom koristi za ispitivanje životne sposobnosti semena kukuruza, koji se seje rano u proleće kada su temperature vazduha i zemljišta niske. Ovaj test se može koristiti i za procenu efekata primene fungicida, odabir sorte i partije semena pogodne za ranu setvu, procenu fizioloških oštećenja nastalih usled produženog skladištenja u nepovoljnim uslovima, oštećenja od mraza ili suše, kao i za merenje uticaja mehaničkih oštećenja semena na klijanje u hladnom i vlažnom zemljištu (AOSA, 2002).

Pri izvođenju ovog testa seme se izlaže kombinovanim stresnim uslovima, niskoj temperaturi i patogenima. Seme se izlaže niskim temperaturama (5–10°C) u određenom vremenskom periodu (7–10 dana). Kao supstrat za naklijavanje koristi se zemlja sa parcela na kojima je prethodne godine bio kukuruz, jer ona sadrži određene prouzrokovane bolesti (Hampton i TeKrony 1995).

Nijestein i Kruse (2000) su došli do zaključka da je najmanje variranje rezultata ako se test izvodi u pesku. Oni smatraju da dužina izlaganja semena hladnom periodu treba da bude prilagođena klimatskim uslovima gde se test izvodi. Kraće izlaganje niskim temperaturama od 7 dana se preporučuje za oblasti sa toplijom i suvljom klimom, dok se duži period izlaganja od 10 dana preporučuje za hladnije i vlažnije oblasti.

Postoje i modifikovane metode hladnog testa pri čemu je seme izloženo samo niskim temperaturama, dok je uticaj patogena potpuno zanemaren, a kao supstrat uzima se mešavina zemlje i peska ili samo pesak. Kao supstrat može se koristiti mešavina sterilisane gline i peska, a seme se tada ređa okretanjem klice ka dole, ka supstratu. Ovakav postupak predstavlja ispitivanje tolerantnosti semena na anaerobne uslove, kakvi se često javljaju na zemljištima sa lošim mehaničkim sastavom. Međutim, iako hladni test danas ima veliku primenu, varijabilnost rezultata zbog primene različitih tipova zemljišta predstavlja veliki nedostatak ovog testa.

### 2.4.2.3 Test ubrzanog starenja (TUS)

Veoma važno pitanje koje se mora rešavati svake godine jeste koje partije semena bi trebalo plasirati na tržište, a koje bi se bezbedno mogle sačuvati za narednu sezonu. Ova odluka je posebno bitna kod niskih cena semena na tržištu, ili u slučajevima kada se žele formirati zalihe semena za narednu godinu. Dopunske informacije o rezultatima klijavosti može dati test ubrzanog starenja, kojim se vrši provera životne sposobnosti semena. Test ubrzanog starenja omogućava da se utvrdi da li određena partija semena ima manju ili veću sposobnost očuvanja klijavosti i da se relativno precizno odredi period bezbednog čuvanja semena u skladištu. Danas je test ubrzanog starenja jedan od najčešće korišćenih testova za ispitivanje vigora semena, pre svega zato što je pokazao dobru korelaciju sa nicanjem u polju (Lovato i sar., 2005).

Kod testa ubrzanog starenja seme se u kratkom periodu izlaže dvostrukim stresnim uslovima, visokoj temperaturi i visokoj relativnoj vlažnosti, koji prouzrokuju ubrzano starenje semena. Seme sa visokim vigorom će se odupreti ovim ekstremnim stresnim uslovima i propadaće sporije nego seme sa niskim vigorom (Hampton i TeKrony, 1995).

Često se koristi i modifikovani test ubrzanog starenja gde se upotrebljava voda zasićena solima. Na ovaj način sprečava se preterano usvajanje vode i samim tim i propadanje semena u velikoj meri pri izlaganju stresnim uslovima.

### 2.4.2.4 Hiltner test (HT)

Hiltner test je prvobitno korišćen za utvrđivanje semena zaraženih patogenim gljivama, pre svega iz roda *Fusarium*. Danas se ovaj test koristi kao test za ispitivanje zdravstvenog stanja semena i kao vigor test, pošto je utvrđeno da test otkriva i oštećenja drugačija od onih koje prouzrokuju gljive a koja onemogućavaju normalan rast ponika.

Oštećeno seme (fiziološka oštećenja, oštećenja od mraza, tretiranje semena fungicidima i sl.) često je slabo i nesposobno da izdrži nepovoljne uslove za vreme klijanja. Na ovoj činjenici zasniva se princip Hiltner testa. Naime, sloj kamenčića ili sitno lomljene cigle koji se koristi u ovom testu izaziva fizički stres i prepreku klijanju. U ovako nepovoljnim uslovima samo seme sa visokim vigorom će obrazovati tipičan ponik. Hiltner test se koristi samo u pojedinim laboratorijama u Evropi, a osnovni razlog za to je što je korelacija između dobijenih rezultata i nicanja u polju varijabilna, i ovaj test ponekad ne uspeva da da dodatne informacije o kvalitetu semena u odnosu na standardni test klijavosti (Hampton i TeKrony, 1995).

### **3 CILJ ISTRAŽIVANJA**

Osnovni cilj ovog istraživanja je bio da se utvrde razlike u biohemijskim i fiziološkim odbrambenim mehanizmima između različitih genotipova uljane repice u uslovima zaslanjenosti, kao i definisanje parametara antioksidativnog statusa koji ukazuju na povećanu tolerantnost ove vrste na veću količinu soli. Da bi ostvarili postavljene ciljeve sprovedena su sledeća istraživanja:

- ispitivanje uticaja različitih koncentracija NaCl na antioksidativni status i parametre oksidativnog stresa u semenu u početnim fazama razvoja uljane repice;
- određivanje antioksidativnog statusa uljane repice gajene na različitim tipovima zemljišta u različitim fazama rasta i razvoja;
- ispitivanje životne sposobnosti semena uljane repice primenom vigor testova, takođe u uslovima sonog stresa;
- praćenje uticaja sonog stresa i čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima na antioksidativni status i životnu sposobnost semena.

Navedena ispitivanja su imala za cilj ocenjivanje tolerantnosti odabranih genotipova uljane repice na prisustvo soli u zemljištu. Ispitivanja bi trebala takođe da pruže informacije o uticaju načina skladištenja na očuvanje kvaliteta i tolerantnosti semena prema ovom abiotskom faktoru.

Polazeći od navedenih ciljeva istraživanja, postavljena je sledeća hipoteza: biljke koje su tokom klijanja i početnog rasta izlagane različitim koncentracijama NaCl, imaju različito razvijene mehanizme odgovora na ovakav vid stresa. Pretpostavlja se da se veća efikasnost antioksidativnog sistema pojedinih genotipova može smatrati jednim od faktora odgovornim za njihovu tolerantnost na soni stres.

## **4 MATERIJAL I METODE RADA**

### **4.1 Materijal**

Antioksidativni status, pojava oksidativnog stresa i životna sposobnost semena u simuliranim uslovima zaslanjenosti ispitani su na četiri genotipa uljane repice (Banaćanka, Jasna, Kata, Zlata) proizvedena u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo, Odeljenje za uljane kulture iz Novog Sada. Genotipovi su odabrani na osnovu komercijalnog značaja, zastupljenosti u semenskoj i merkantilnoj proizvodnji kao i po preporuci stvaralaca genotipova. Međusobno se razlikuju po poreklu i kvalitativnim i kvantitativnim svojstvima važnim za ovu biljnu vrstu. Najznačajnije karakteristike odabranih genotipova:

#### **Banaćanka**

- Masa 1000 semena je 4,2 g.
- Genetski potencijal za prinos semena – preko 4,4 t/ha.
- Sadržaj ulja u semenu je oko 46%, a proteina 20%.

#### **Jasna**

- Masa 1000 semena je 3,4 g.
- Genetski potencijal za prinos semena – preko 5 t/ha.
- Sadržaj ulja u semenu je oko 43%.

#### **Kata**

- Masa 1000 semena je 3,5 g.
- Genetski potencijal za prinos semena – preko 4,1 t/ha.
- Sadržaj ulja u semenu je oko 44%.

#### **Zlatna**

- Masa 1000 semena je 3,9 g.
- Genetski potencijal za prinos semena – preko 4,5 t/ha.
- Sadržaj ulja u semenu je oko 44%.

Svi odabrani genotipovi su ozimi, pripadaju "00" tipu i zbog niskog sadržaja eruka kiseline (ispod 1%) i glukozinolata (ispod 20  $\mu\text{mol g}^{-1}$  semena) njihovo ulje je pogodno za ljudsku ishranu, a ostaci posle ceđenja za ishranu domaćih životinja.

## 4.2 Dinamika istraživanja

Eksperiment je obuhvatio četiri faze istraživanja (slika 10):

**I faza:** Praćenje uticaja različitih koncentracija rastvora NaCl (kontrola bez NaCl, 100 mmol/l, 150 mmol/l, 200 mmol/l) na pojavu oksidativnog stresa i antioksidativni status (određivanje aktivnosti superoksid-dizmutaze, gvajakol-peroksidaze, količine redukovanog glutationa, malonildialdehida i hidroksi-radikala, ukupne antioksidativne aktivnosti, DPPH skevindžer aktivnosti) u početnim fazama razvoja ponika.

**II faza:** Ispitivanje životne sposobnosti semena uljane repice primenom vigor testova (test ubrzanog starenja, Hiltner test i hladni test). Nakon izlaganja semena stresnim uslovima, zavisno od testa, seme je naklijavano u podlogama nakvašenim sa rastvorima NaCl koncentracija kao u prvoj fazi (kontrola bez NaCl, 100 mmol/l, 150 mmol/l, 200 mmol/l). I i II faza su izvedene u periodu optimalnog agrotehničkog roka za setvu.

**III faza:** Praćenje pojave oksidativnog stresa i merenje antioksidativnog kapaciteta uljane repice uzgajane u polukontrolisanim uslovima u polju, na tri tipa zemljišta černoziem, solonjec i solončak), u tri faze razvoja (faza formiranja lisne rozete i pripreme za niske zimske temperature, nakon zimskog mirovanja i u fazi cvetanja). Ova faza eksperimenta je poslužila kao indikator antioksidativnog statusa biljaka uljane repice gajene u poljskim uslovima.

**IV faza:** I i II faza su ponovljene nakon godinu dana čuvanja semena u skladištu u kojem nije moguće kontrolisati uslove relativne vlažnosti vazduha i temperature (nekontrolisani uslovi).

## 4.3 Ispitivanje tolerantnosti uljane repice prema zaslanjenosti

### 4.3.1 Biohemijski parametri

#### 4.3.1.1 Uzgoj ponika

Zaslanjeni uslovi simulirani su u laboratorijskim uslovima i u stakleniku korišćenjem 4 koncentracije rastvora NaCl (kontrola bez NaCl, 100 mmol/l, 150 mmol/l, 200 mmol/l). Svi analizirani parametri određeni su na semenu (nakon 24 časa potapanja semena) i na poncima starim 7 i 21 dan, posebno u nadzemnom delu i korenu.



*Seme* - Seme je posejano u Petri posude prečnika 15 cm, na filter papiru koji je navlažen sa 10 ml destilovane vode ili rastvora NaCl odgovarajuće koncentracije. Ovako pripremljene posude sa semenom stavljene su u klima komoru na temperaturu 20-30°C (16 sati 20°C, 8 sati 30°C) u trajanju od 24 časa.

*Ponik* - Seme je posejano u žardinjerama u sterilnom pesku, nakvašenom odgovarajućim rastvorom NaCl. Žardinjere su smeštene u staklenik sa prosečnom temperaturom vazduha tokom izvođena eksperimenta 18°C. Mlade biljke su tokom 7 i 21 dan redovno zalivane istom količinom rastvora.

#### **4.3.1.2 Ogled na biljkama u polukontrolisanim uslovima**

Ogled na biljkama u polu-kontrolisanim uslovima je izveden na Rimskim šančevima u Odeljenju za soju, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo. Biljke su gajene u Mičerlihovim sudovima, a kao supstarat korišćena su tri tipa zemljišta: černo zem, solonjec i solončak. Osnovna hemijska svojstva i pokazatelji zasla-njenosti prikazani su u Tabeli 1.



Slika 9. Ogled u polukontrolisanim uslovima

Tabela 1. Osnovna hemijska svojstva i pokazatelji zaslanjenosti

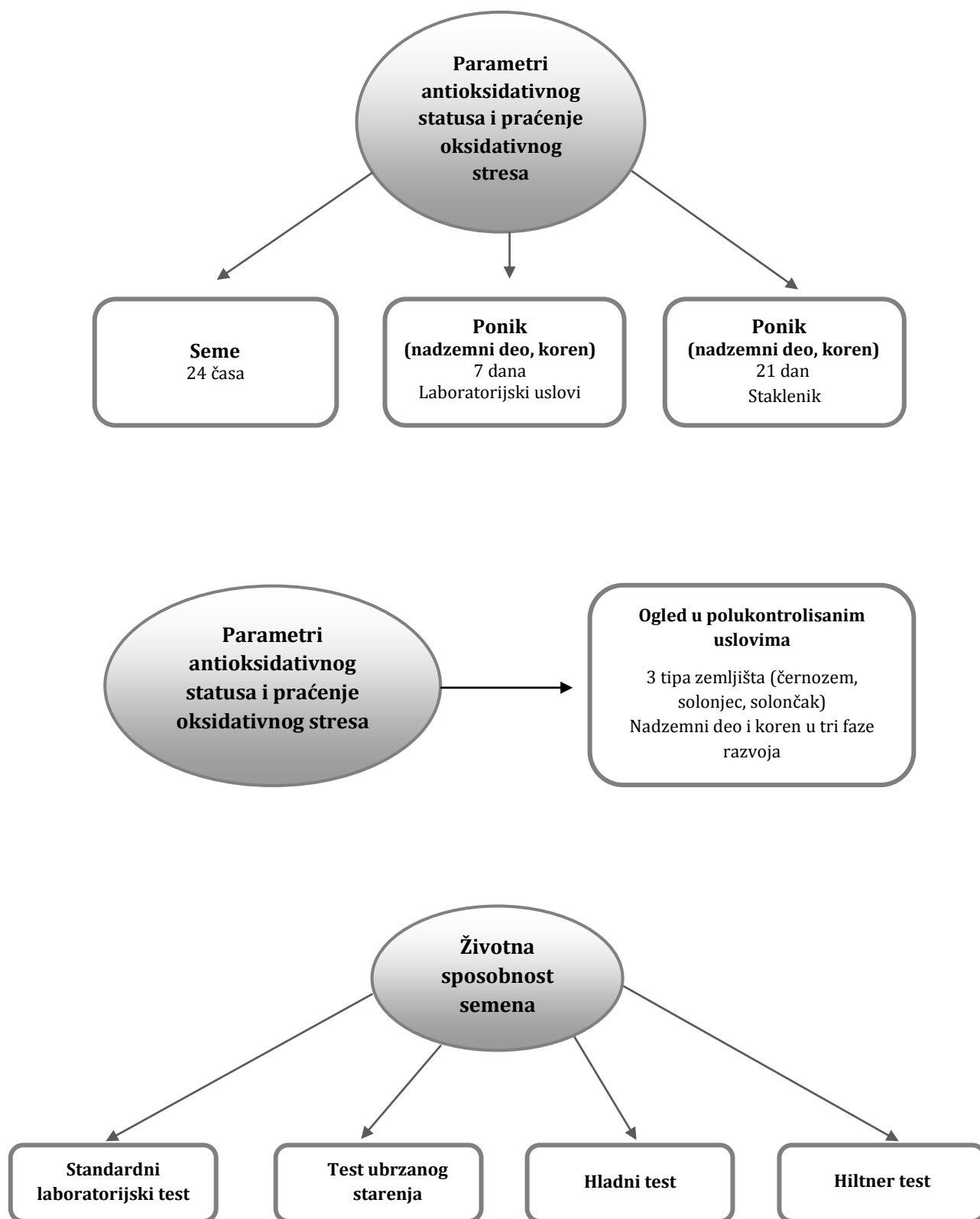
Tip zemljišta	Lokalitet sa kojeg je uzeto zemljište 0-40 cm	Osnovna hemijska svojstva zemljišta		Pokazatelji zaslanjenosti			
		CaCO <sub>3</sub> %	Humus %	Vodorrastvorljive soli* %	ECe 25°C** dS/m	pH zemljišne paste***	pH vodnog ekstrakta***
Černozem	Rimski Šančevi	11,68	2,15	0,06	1,27	7,96	7,84
Solonjec	Kumane	0,25	3,14	0,10	1,40	7,85	7,87
Solončak	Bački Brestovac	12,09	1,54	0,69	11,90	10,01	9,94

\* zaslanjeno zem. sa vrednostima > 0,15 % za sodno zaslanjivanje, tj. > 0,25 % za sulfatno i hloridno zaslanjivanje - prema Klasifikaciji zemljišta Jugoslavije (Škorić i sar., 1985)

\*\* ECe - električna provodljivost saturisanog vodnog ekstrakta zemljišta zaslanjeno zemljište sa vrednostima > 4 dS/m, solončak > 8 dS/m - ukoliko je pH vodnog ekstrakta > 8,5, inače solončak mora imati > 15 dS/m - prema WRB klasifikaciji (Food and Agriculture Organization (FAO), International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) and International Union of Soil Science (IUSS) (2006): World Reference Base for Soil Resources)

\*\*\* vrednosti > 8,5 ukazuju na sodno zaslanjivanje

U svakoj posudi zasejano je 20 semena uljane repice, a nakon nicanja broj biljaka sveden je na šest po sudu. Tokom vegetacije biljke su bile izložene uticajima spoljašnje sredine, uz neophodne mere prihrane i zaštite, bez dodatnog zalivanja vodom (slika 9).



Slika 10. Šema plana ogleda

### **4.3.1.3 Metode ispitivanja**

#### **4.3.1.3.1 Priprema uzoraka**

Ekstrakcija biljnog materijala za određivanje količine hidroksi-radikala, aktivnosti antioksidativnih enzima, sadržaja redukovano glutationa i ukupne antioksidativne aktivnosti FRAP metodom, dobijena je iz 1 g biljnog materijala homogenizovanog sa 10 cm<sup>3</sup> fosfatnog pufera pH=7, koncentracije 0,1 mol dm<sup>-3</sup> (Quy Hai i sar., 1975). Homogenat je centrifugiran 10 minuta na 11000 ob/min. Ovako dobijeni supernatant korišćen je dalje prema protokolu za pojedine analize.

Za određivanje DPPH - skevindžer aktivnosti ekstrakt je pripreman sušenjem biljnog materijala na sobnoj temperaturi i zatim maceriran sa 70% etanolom.

#### **4.3.1.3.2 Određivanje aktivnosti superoksid-dismutaze**

Aktivnost enzima superoksid-dismutaze određena je po metodi Auclair i Voisin (1985) koja je zasnovana na sposobnosti superoksid-radikala da redukuje nitro grupu supstituisanih aromatičnih jedinjenja kao što je nitroblu-tetrazolium (NBT) u kojoj nastaje formazan plave boje. Redukcija žuto obojenog NBT do plavog formazana se koristi kao mera stvaranja superoksid-radikala u hemijskim i biološkim sistemima.

Radna proba:

- 2,6 ml fosfatnog pufer (6,8045 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> / 1 l destilovane vode, pH=7,8),
- 100 µl metionina (2,9097 g metionina / 50 ml fosfatnog pufera),
- 100 µl NBT (0,09198 g / 50 ml fosfatnog pufera),
- 100 µl EDTA - etilendiaminotetrasirćetna kiselina (0,055836 g EDTA / 50 ml fosfatnog pufera),
- 50 µl riboflavin (0,002258 g riboflavina / 50 ml fosfatnog pufera),
- enzimskog ekstrakta (10-50 µl).

Slepu probu čine svi navedeni rastvori osim enzimskog ekstrakta, umesto kojeg je dodata ista zapremina fosfatnog pufera (pH=7,8).

Nakon mešanja rastvora u epruветama, postavljaju se ispred svetlosnog izvora u trajanju od 4 minuta. Jedinica aktivnosti SOD je ona količina enzima koja inhibira redukciju NBT za 50% na 25°C i 560 nm (Auclair i Voisin, 1985).

#### **4.3.1.3.3 Određivanje aktivnosti gvajakol-peroksidaze**

Aktivnost gvajakol-peroksidaze određena je prema metodi Simon i sar. (1974) koja se zasniva na promeni gvajakola u tetragvajakol u toku jednog minuta, pri čemu se ova promena absorbancije meri spektrofotometrijski na 436 nm.

Radana proba:

- 3,0 cm<sup>3</sup> 0,1 mol dm<sup>-3</sup> fosfatnog pufera (pH=7,0),
- 50 μl rastvora gvajakola (0,25 cm<sup>3</sup> gvajakola do 100 cm<sup>3</sup> destilovane vode),
- 30 μl 30% rastvora H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,
- 100 μl ekstrakta uzorka.

Slepu probu čine svi navedeni rastvori osim enzimskog ekstrakta.

Aktivnost gvajakol-peroksidaze izražena je brojem jedinica - U ("units") po miligramu proteina i predstavlja onu količina enzima koja izaziva transformaciju 1 μmol gvajakola u toku 1 minuta na 25°C.

#### **4.3.1.3.4 Određivanje intenziteta lipidne peroksidacije**

Intenzitet lipidne peroksidacije određen je TBA testom. Zasniva na sposobnosti TBA (tiobarbiturne kiseline) da reaguje sa aldehidima prisutnim u sekundarnim produktima lipidnih peroksida i naročito je specifičan prema malonildialdehidu (MDA) ili supstancama koje će tokom testa dati MDA (Matkovics i sar., 1989). U ovom testu, tokom zagrevanja reakcijske smeše dolazi do raspadanja lipidnih peroksida nastalih kao posledica stresa pri čemu nastaje MDA, koji reaguje sa TBA gradeći MDA-TBA kompleks narandžastožute boje. Intenzitet ovog obojanja se direktno odnosi na koncentraciju TBA-reaktivnih supstanci u originalnom uzorku.

0,5 g biljnog materijala homogenizovano je sa 4,5 ml rastvora za LP (10 ml 10% perhlorne kiseline - HClO<sub>4</sub> zasiti se na hladno sa TBA, a nakon filtriranja se doda 30 ml 20% trihlorsirćetnekiseline - TCA). Homogenat je zagrevan 20 minuta u vodenom kupatilu na 95 °C, naglo ohlađen i centrifugiran 10 minuta na 3500 ob/min, nakon čega je količina MDA u dobijenom supernatantu očitana spektrofotometrijski na 532 nm. Slepa proba je sadržala samo rastvor za LP.

Količina MDA se računa na osnovu promene absorbancije u odnosu na slepu probu. Intenzitet LP izražen je brojem nmolMDA/mg proteina.

#### 4.3.1.3.5 **Određivanje ukupne antioksidativne aktivnosti FRAP metodom**

Ukupna antioksidativne aktivnost merena je FRAP testom (*Ferric Reducing Ability of Plasma* ili *Ferric Reducing Antioxidant Power*) prema Benzie i Strain (1999). Ova metoda se zasniva na sposobnosti fenolnih supstanci, rastvorljivih u vodi, da redukuju  $\text{Fe}^{3+}$  do  $\text{Fe}^{2+}$ . Redukovani  $\text{Fe}^{2+}$  sa TPTZ reagensom (2,4,6-tripiridil-s-triazin) stvara intenzivno plavo obojen kompleks. Razvijanje boje u toku 4 minuta očitava se spektrofotometrijski na 593 nm u odnosu na destilovanu vodu. Reakcija je nespecifična, što znači da svi antioksidanti prisutni u uzorku, koji imaju dovoljno nizak redoks potencijal, će redukovati  $\text{Fe}^{3+}$ .

Radna proba:

- a) 300 mM acetatnog pufera pH 3,6 (3,1 g  $\text{NaCH}_3\text{COO} \times 3\text{H}_2\text{O}$  + 10 ml glacijalne sirćetne kiseline / 700 ml destilovane vode),
- b) 10 mM TPTZ u 40 mM HCl,
- c) 20 mM  $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$  (0,5406 g  $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$  na 100 ml destilovane vode),
- d) 50-200  $\mu\text{l}$  ekstrakta uzorka.

Slepu probu je činio samo FRAP reagens, dobijen mešanjem rastvora a), b) i c) u odnosu 10:1:1. Rezultat se izražava kao u FRAP jedinicama (1 FRAP - jedinica odgovara 100  $\mu\text{mol dm}^{-3}$   $\text{FeCl}_2$ ).

#### 4.3.1.3.6 **Određivanje kapaciteta skevindžer aktivnosti hidroksi-radikala**

Kapaciteta uklanjanja hidroksi-radikala ekstrakta uzorka je određen modifikovanim metodom prema Halliwell i sar. (1987) i zasniva se na merenju sposobnosti uzorka da neutrališe hidroksi-radikale nastale u  $\text{Fe}^{3+}$ -askorbat-EDTA- $\text{H}_2\text{O}_2$  sistemu (Fenton reakcija). Hidroksi-radikali napadaju supstrat dezoksiribozu (deoxyribose method) i stvaraju proizvode koji pri zagrevanju i niskim pH postaju ljubičaste boje i može se meriti na 532 nm.

Reakcioni medijum:

- 0,1 ml 1 mM komplekson III Na – EDTA (0,0037 g / 10 ml destilovane vode),
- 0,01 ml  $\text{FeCl}_3$  (0,027 g  $\text{FeCl}_3$  / 10 ml destilovane vode),
- 0,1 ml 1 mM askorbinske kiseline (0,0017 g / 10 ml destilovane vode),
- 0,1 ml 50%  $\text{H}_2\text{O}_2$  (7  $\mu\text{l}$   $\text{H}_2\text{O}_2$  / 10 ml destilovane vode),
- 0,36 ml 10 mM D-dezoksiriboze (0,0670 g / 50 ml destilovane vode),
- 0,33 ml 50 mM fosfatnog pufera (6,8 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  / 1 l destilovane vode, pH=7,4),
- 1 ml ekstrakta uzorka.

Mešavina navedenih rastvora i uzorka je zatim inkubirana na 37 °C u trajanju od 1 čas. Radnu probu je činio 1 ml inkubirane smeše pomešan sa 2 ml rastvora za lipidnu peroksidaciju (3 g TBA + 10,4 ml HClO<sub>4</sub> + 120 g TCA / 800 ml destilovane vode). Apsorbanca je očitana na 532 nm.

Kapaciteta uklanjanja hidroksi-radikala ekstrakta je izražen kao procenat inhibicije degradacije dezoksiriboze.

#### **4.3.1.3.7 Određivanje kolčine redukovano<sup>g</sup> glutationa**

Količina redukovano<sup>g</sup> glutationa određena je po metodi Sedlak i Lindsay (1968) na osnovu bojene reakcije neproteinskih tiolnih (-SH) grupa, u prisustvu DTNB (5,5-ditiobis[2-nitrobenzoeva kiselina]). Apsorbancija nastalog obojenog proizvoda je očitana nakon 5 minuta spektrofotometrijski na 412 nm.

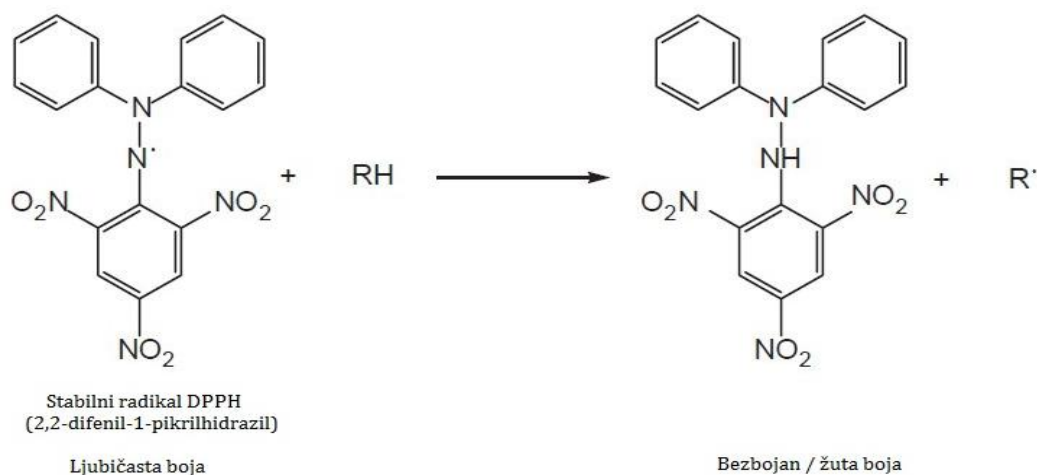
Reakcioni medijum:

- 2,0 cm<sup>3</sup> 0,4 mol dm<sup>-3</sup> Tris-HCl pufera pH 8,9 (24,23 g do 500 cm<sup>3</sup> vode),
- 0,9 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O,
- 0,1 cm<sup>3</sup> 6 mmol dm<sup>-3</sup> DTNB (0,0198 g u 5 cm<sup>3</sup> MeOH),
- ekstrakt uzorka.

Količina GSH određena je u radnim probama u odnosu na slepu i taj odnos izražen je brojem μmol GSH/mg proteina.

#### **4.3.1.3.8 Određivanje skevindžer aktivnosti ekstrakta DPPH metodom (metoda vezivanja slobodnih radikala)**

Skevindžer aktivnost ekstrakta određena je DPPH metodom po Soler-Rivasi i sar. (2000) sa manjim modifikacijama. Ovo je indirektna metoda za određivanje antioksidativnog kapaciteta i zasniva se na redukciji stabilnog 2,2-difenil-1-pikrilhidrazila (DPPH) koji zbog prisustva nesporenog elektrona pokazuje jaku apsorpciju u vidljivom delu spektra. Sparivanjem elektronskog para stabilnog radikala DPPH u prisustvu elektron donora (antioksidant), ljubičasta boja menja se u žutu, što dovodi do opadanja apsorbanje. DPPH radikal ima ljubičastu boju u rastvoru, a obezbojava se ili postaje žut kada se redukuje (Slika 11). Ovo svojstvo omogućava kvalitativno praćenje reakcije, a kvantitativno broj radikala na početku može se utvrditi po promeni apsorbanje na 520 nm.



Slika 11. Reakcija Stabilnog radikala 2,2-difenil-1-pikrilhidrazila (DPPH) sa antioksidantom

Radna proba:

- 3 ml radnog rastvora DPPH:

- Osnovi rastvor: 0,1 mmol dm<sup>-3</sup> etanolni rastvor DPPH reagensa (0,0157 g DPPH sa 100 ml 96% EtOH);
- Radni rastvor: 90 mmol dm<sup>-3</sup> metanolnog rastvor osnovnog DPPH rastvora (22,5 ml osnovnog rastvora sa 100 ml MeOH);

- Ekstrakt uzorka.

Slepa proba je sadržala sve rastvore osim uzorka, umesto čega je dodat 96% EtOH. Nakon 30 minuta očitane su absorbancije na 520 nm. Kapacitet hvatanja DPPH radikala (Radical Scavenger Capacity - RSC) proporcionalna je promeni absorbancije, a izražena je u procentima u odnosu na slepu probu.



## 4.3.2 Fiziološki parametri

### 4.3.2.1 Klijavost semena

Klijavost semena određena je standardnim laboratorijskim testom (SLT) na 400 semena (4 ponavljanja po 100 semena) i izražena je u procentima (ISTA, 2014). Kao podloga za naklijavanje korišćen je filter papir, kvašen destilovanom vodom u kontroli i sa 3 koncentracije rastvora NaCl - 100 mmol/l, 150 mmol/l, 200 mmol/l. Inkubacioni period trajao je 7 dana, nakon čega je određen procenat klijavosti semena ocenjivanjem tipičnog ponika. Tipičan ili normalni ponik ima dobro razvijene sledeće strukture: primarni koren, prav i neoštećen izdanak, zdrave i cele kotiledone i začetke prvih pravih listova. Isti kriterijum ocene ponika korišćen je i za određivanje klijavosti kod vigor testova. Takođe, nakon završetka inkubacionog perioda od 7 dana određeni su parametri porasta: dužina nadzemnog dela i korena (mm) i sveža masa nadzemnog dela i korena (g).

### 4.3.2.2 Ispitivanje životne sposobnosti semena

Životna sposobnosti semena uljane repice ispitana je primenom vigor testova (test ubrzanog starenja, hladni test i Hiltner test). Nakon izlaganja semena nepovoljnim uslovima, zavisno od testa, podloge za naklijavanje su kvašene sa različitim koncentracijama NaCl kao kod standardnog laboratorijskog testa. Klijavost (%) i parametri porasta (dužina nadzemnog dela i korena i masa svežeg nadzemnog dela i korena) su određeni kod svih navedenih testova nakon sedam dana. Dužina nadzemnog dela i korena određena je pomoću lenjira na 40 odabranih ponika. Masa svežeg nadzemnog dela i korena je takođe određena merenjem 40 odabranih ponika, na kojima je izmerena i masa suvih ponika nakon sušenja u termostatu na temperaturi od 80 °C u trajanju od 24 časa.

Svi vigor testovi izvedeni su u skladu sa Hampton i TeKroni (1995).

*Test ubrzanog starenja (TUS)* - seme je izloženo dvostrukim stresnim uslovima visoke temperature i visoke relativne vlažnosti vazduha (100%). Seme je boravilo u vodenom kupatilu na 39°C u periodu od 72 časa nakon čega je posejano u Petri posude kao kod standardnog laboratorijskog testa. Nakon sedam dana utvrđeni su navedeni parametri.

*Hladni test (CT)* - Seme je izloženo niskoj temperaturi (5°C) u trajanju od 7 dana. Kao supstrat korišćena je mešavina zemlje i peska u odnosu 2:1, koja je kvašena vodom (kontrola) i različitim koncentracijama NaCl do vlažnosti oko 70% PVK. Seme je posejano u plastične posude

veličine 15 x 24 cm koje su smeštene u optimalne uslove u klima komoru na 25 °C. Nakon sedam dana utvrđeni su navedeni parametri.

*Hiltner test (HT)* – Seme je posejano u plastične posude veličine 15 x 24 cm na navlažen sterilisan pesak, a prekriveno je slojem od 3 cm lomljene cigle i sitnog kamenja prethodno natopljeno u vodi. Nakon sedmodnevnog inkubacionog perioda na temperaturi od 25 °C određeni su navedeni parametri.

#### **4.4 Statistička obrada podataka**

Svi dobijeni podaci obrađeni su uz pomoć softverskog paketa Statistica 10. Razlike aritmetičkih sredina između tretmana testirane su dvo- i trofaktorijalnom analizom varijanse (ANOVA) a razlike u srednjim vrednostima između analiziranih faktora su upoređene Dankanovim testom. Između pojedinih parametara određeni su korelacioni odnosi.

## **5 REZULTATI I DISKUSIJA**

Zaslanjenost i ostali abiotički činioci neminovno utiču na pojavu oksidativnog stresa usled intenzivne produkcije ROS, prvenstveno superoksid-radikala, hidroksi-radikala i vodonik-peroksida u hloroplastima, mitohondrijama i peroksizomima. Pored toga što neprekidna produkcija ROS izaziva oštećenja ćelijskih membrana i organela, ona je istovremeno povezana sa signalnom ulogom u procesima rasta i razvića biljaka (Hendry i Crawford, 1994). Zbog navedenog, indukcija enzima antioksidativnog sistema se smatra odgovorom biljaka koji se koristi za prevazilaženje oksidativnog stresa (Foyer i Noctor, 2003). Antioksidativni enzimi CAT, SOD i Px, kao i neenzimski antioksidativni su aktivni u svim fazama razvića biljaka, od sušenja semena, preko klijanja, do rasta i razvića.

Zbog kompleksnosti sprovedenog eksperimenta, rezultati su obrađeni i analizirani kroz tri poglavlja:

1. Uticaj različitih koncentracija NaCl na antioksidativni status odabranih genotipova uljane repice tokom klijanja i rane faze razvoja u godini proizvodnje semena (u periodu optimalnog agrotehničkog roka), kao i nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima;
2. Antioksidativni status odabranih genotipova uljane repice uzgajanih u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta;
3. Ispitivanje životne sposobnosti semena odabranih genotipova uljane repice pri različitim koncentracijama NaCl.

### **5.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na antioksidativni status odabranih genotipova uljane repice tokom klijanja i rane faze razvoja u godini proizvodnje i nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima**

U ovom poglavlju su razmatrani i diskutovani rezultati dobijeni ispitivanjem parametara oksidativnog statusa nakon izlaganja semena različitim koncentracijama NaCl u trajanju od 24 časa, 7 dana i 21 dan. Kontrolu su predstavljali nakvašeno seme, nadzemni deo i koren gajeni u vodi. Parametri oksidativnog statusa mereni su u godini proizvodnje semena uljane repice i

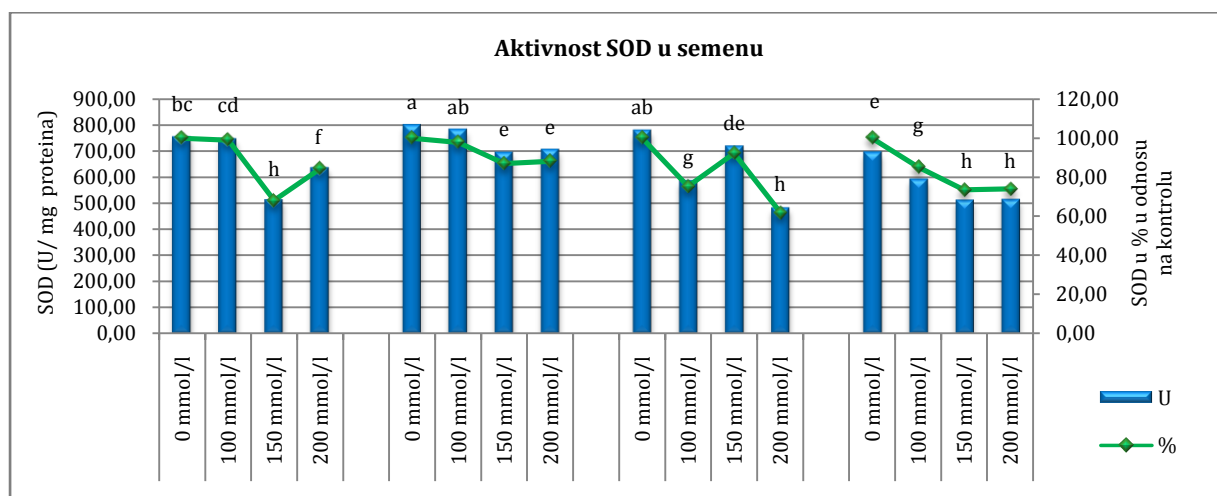
nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima. Radi boljeg razumevanja sprovedenog istraživanja, dobijeni rezultati su prikazani zasebno za ispitivanja sprovedena u godini proizvodnje semena i za ispitivanja sprovedena nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima.

### **5.1.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na aktivnost superoksid-dizmutaze (SOD) u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice**

Na grafikonima 1-10 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja različitih koncentracija NaCl na aktivnost superoksid-dizmutaze u nakvašenom semenu, nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana i 21 dan. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti koncentracije NaCl (K), genotipa (G) i dela ponika (NDK), što je prikazano u tabelama 1a i 1b u Prilogu 1. Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabelama 1-6 u Prilogu 2. Takođe, rangovi dobijeni ovim testom označeni su i na prikazanim grafikonima, kao i procentualne vrednosti izračunate u odnosu na kontrolu koja je predstavljala 100%.

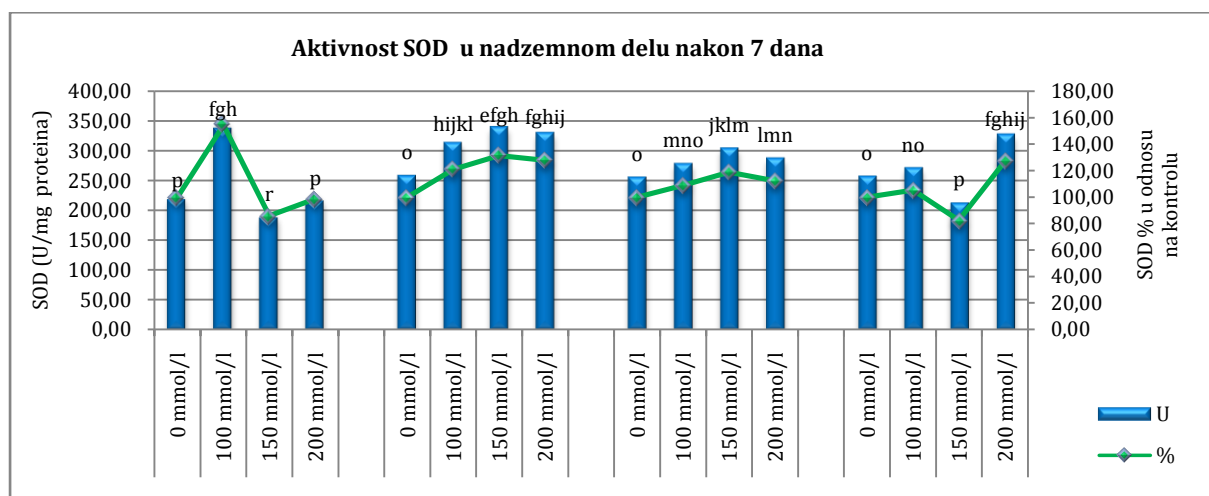
#### **5.1.1.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na aktivnost SOD u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena**

**Seme:** Aktivnost SOD u kontrolama je iznosila: 751,77 U/mg proteina (Banaćanka), 798,19 U/mg proteina (Jasna), 777,56 U/mg proteina (Kata) i 694,39 U/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u semenu nakon natapanja u različitim koncentracijama NaCl menjala su se u opsegu: 512,60-744,04 U/mg proteina (Banaćanka), 694,02-780,79 U/mg proteina (Jasna), 482,36-717,06 U/mg proteina (Kata), 511,88-591,88 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 1). Kod genotipova Banaćanka, Jasna i Zlatna uočeno je smanjenje aktivnosti sa povećanjem stepena sonog stresa i najniže vrednosti bile su pri koncentraciji od 150 mmol/l. Iako kod genotipa Kata nije došlo do pravilne promene aktivnosti ovog enzima sa povećanjem koncentracije NaCl, u poređenju sa ostalim genotipovima uočeno je najveće smanjenje aktivnosti pri 200 mmol/l u odnosu na kontrolu (37,96%). Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (39,9%) i genotipa (31,8%), ali takođe i interakcije  $K \times G$  (28,3%) na aktivnost SOD (Tabela 1a – Prilog 1).

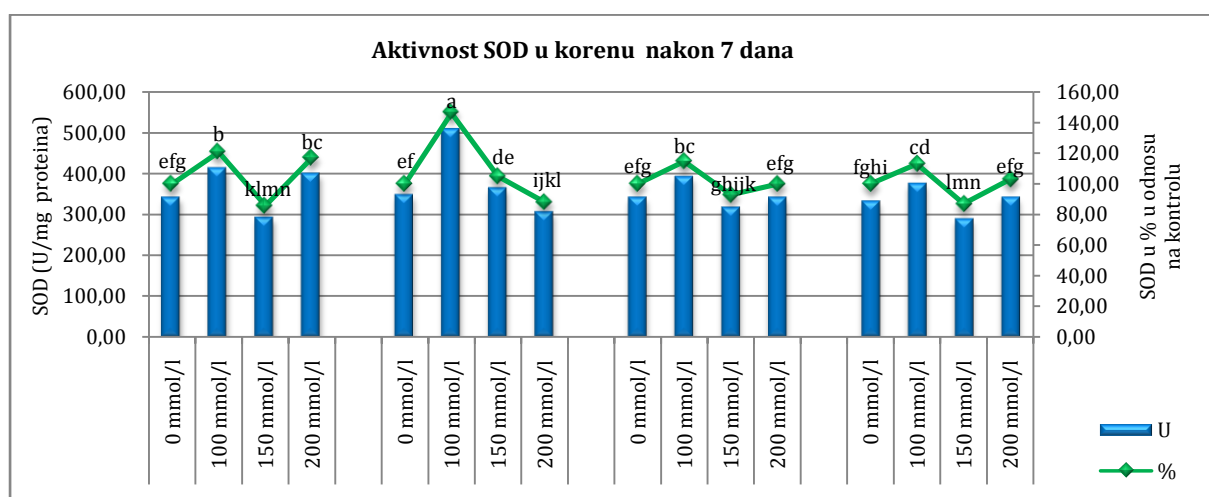


Grafikon 1. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti SOD u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** Aktivnost SOD u nadzemnom delu u kontrolama je iznosila: 217,66 U/mg proteina (Banačanka), 257,95 U/mg proteina (Jasna), 254,99 U/mg proteina (Kata) i 256,24 U/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 187,29 - 336,29 U/mg proteina (Banačanka), 312,64 - 339,23 U/mg proteina (Jasna), 277,90 - 303,45 U/mg proteina (Kata), 212,12 - 270,51 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 2). U nadzemnom delu kod genotipova Jasna i Kata uočen je porast aktivnosti ovog enzima do koncentracije od 150 mmol/l NaCl, dok je kod najviše koncentracije došlo do smanjenja. Suprotno tome, genotipovi Banačanka i Zlatna imali su najviše vrednosti pri koncentracijama od 150 mmol/l. Aktivnost SOD u korenu u kontrolama je iznosila: 341,42 U/mg proteina (Banačanka), 347,25 U/mg proteina (Jasna), 341,42 U/mg proteina (Kata) i 331,88 U/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u korenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 292,72 - 412,46 U/mg proteina (Banačanka), 306,03 - 507,89 U/mg proteina (Jasna), 317,12 - 391,25 U/mg proteina (Kata), 288,84 - 374,82 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 3). Kod svih ispitivanih genotipova aktivnost ovog enzima bila je najizraženija pri najmanjoj koncentraciji, dok je kod genotipova Banačanka, Kata i Zlatna najniža aktivnost uočena pri koncentraciji od 150 mmol/l. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (19,6%), genotipa (8,2%) i dela ponika (40,5%). Sve interakcije prvog i drugog reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije  $K \times G$  (12,4%), dok je  $K \times G \times \text{NDK}$  interakcijom objašnjeno 11,5% ukupne varijacije aktivnosti SOD (Tabela 1a - Prilog 1).



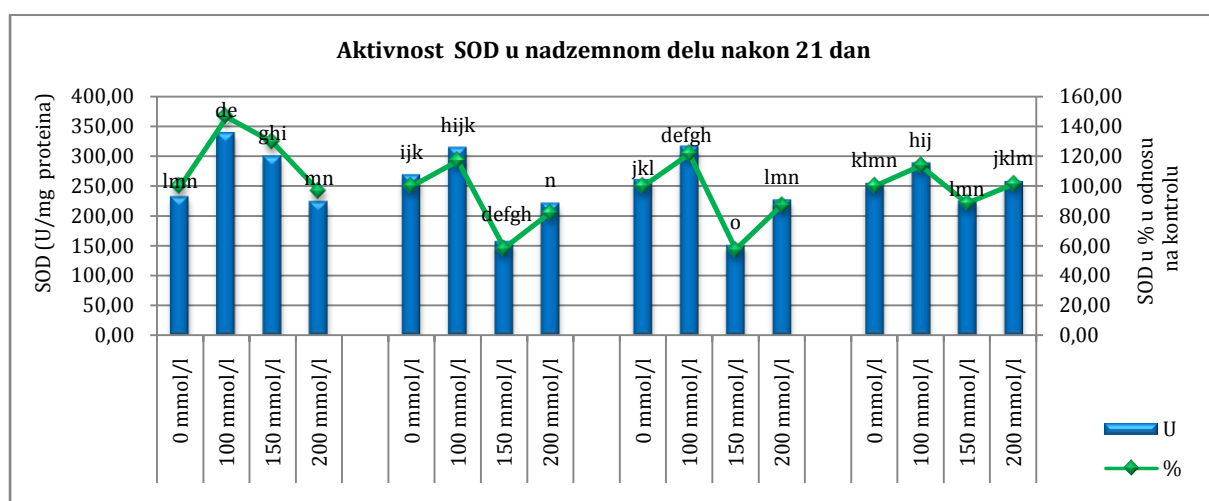
Grafikon 2. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti SOD u nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena



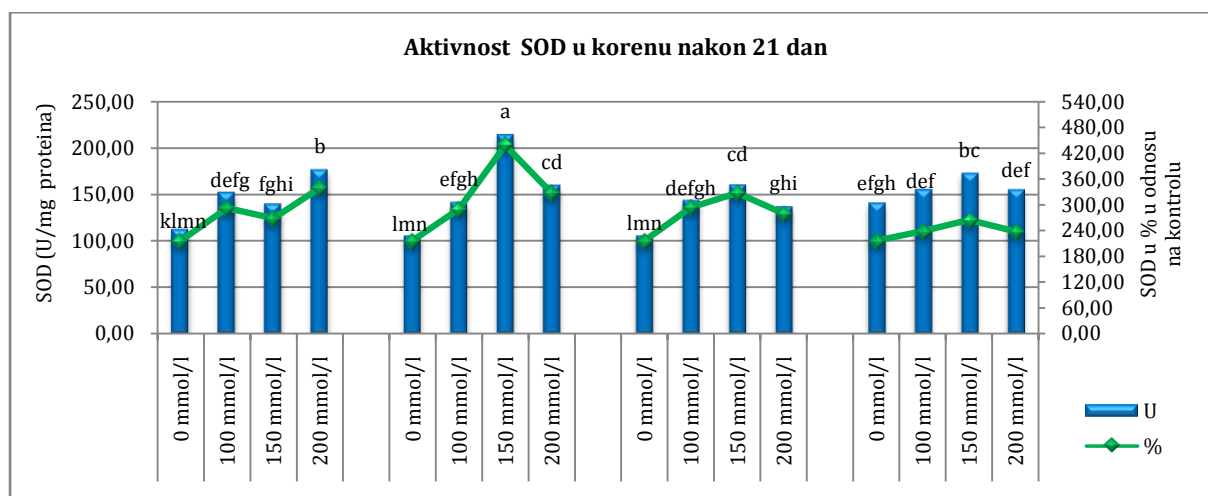
Grafikon 3. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti SOD u korenu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** Aktivnost SOD u nadzemnom delu u kontrolama je iznosila: 231,25 U/mg proteina (Banačanka), 267,92 U/mg proteina (Jasna), 259,58 U/mg proteina (Kata) i 253,33 U/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjale su se u opsegu: 223,33 – 338,33 U/mg proteina (Banačanka), 156,67 – 313,33 U/mg proteina (Jasna), 149,58 – 315,42 U/mg proteina (Kata), 224,58 – 287,92 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 4). Kod svih ispitivanih genotipova aktivnost ovog enzima bila je najveća pri najmanjoj koncentraciji NaCl i u odnosu na kontrolu bila je uvećana za 46,31% kod Banačanke, 16,95% kod Jasne, 21,51% kod Kate i 13,65% kod Zlatne. Najniža aktivnost uočena je pri koncentraciji od 150 mmol/l kod svih genotipova osim kod

genotipa Banaćanka. Aktivnost SOD u korenu u kontrolama je iznosila: 342,62 U/mg proteina (Banaćanka), 227,87 U/mg proteina (Jasna), 228,42 U/mg proteina (Kata) i 304,37 U/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u korenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 301,57 – 380,54 U/mg proteina (Banaćanka), 305,46 – 462,37 U/mg proteina (Jasna), 295,28 – 345,64 U/mg proteina (Kata), 334,76 – 372,53 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 5). Vrednost ovog parametra u korenu ponika kod genotipova Jasna, Kata i Zlatna nakon 21 dan se povećavala do koncentracije od 150 mmol/l, a zatim opadala. Kod genotipa Banaćanka, aktivnost u korenu ponika pri svim nivoima sonog stresa je bila veća u odnosu na kontrolu, ali nije pokazivala pravilnost srazmerno povećanju koncentracije NaCl. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (17,1%), genotipa (4,4%) i dela ponika (37,8%). Sve interakcije prvog i drugog reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija drugog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije  $K \times$  NDK (5,3%), dok je  $K \times G \times$  NDK interakcijom objašnjeno 26,6% ukupne varijacije aktivnosti SOD (Tabela 1a – Prilog 1).



Grafikon 4. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti SOD u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

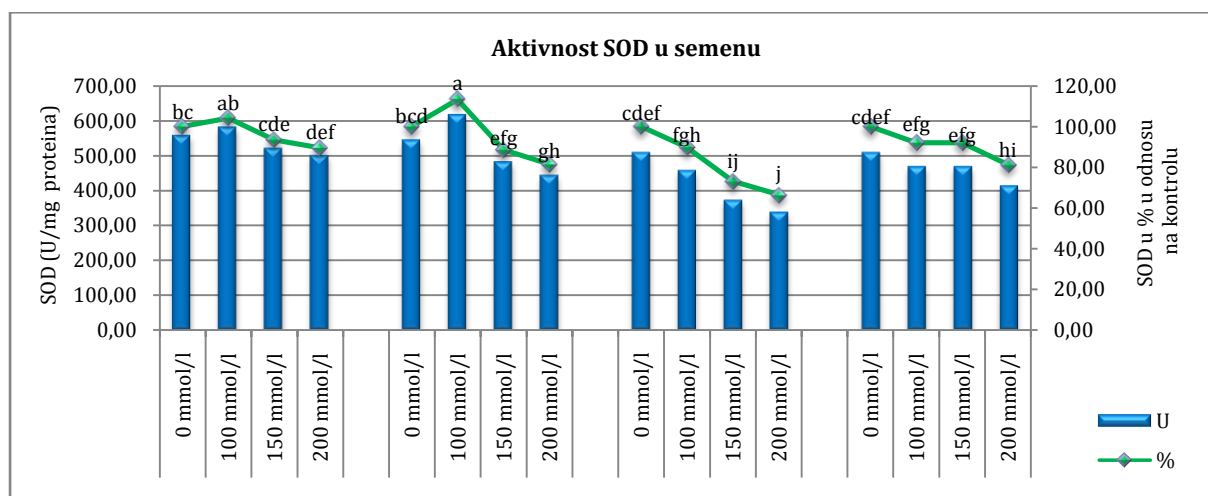


Grafikon 5. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti SOD u korenu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

### 5.1.1.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na aktivnost SOD u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Seme:** Aktivnost SOD u kontrolama je iznosila: 558,33 U/mg proteina (Banaćanka), 545,10 U/mg proteina (Jasna), 509,31 U/mg proteina (Kata) i 509,31 U/mg proteina (Zlatna). Aktivnost SOD u semenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 500,27 – 581,86 U/mg proteina (Banaćanka), 444,26 – 617,65 U/mg proteina (Jasna), 338,82 – 457,84 U/mg proteina (Kata), 414,06 – 469,12 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 6). Kod genotipova Kate i Zlatne došlo je postepenog smanjenja aktivnosti SOD sa povećanjem koncentracije NaCl. Kod druga dva genotipa Banaćanke i Jasne, vrednost ovog parametra bila je najveća pri najnižoj koncentraciji soli, a zatim postepeno opadala kod koncentracija 150 mmol/l i 200 mmol/l. Najniže vrednosti pri svim nivoima stresa uočeni su kod genotipa Kata, kod kojeg je istovremeno došlo do najznačajnijeg smanjenja u odnosu na kontrolu (33,47%). Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (42,0%) i genotipa (45,3%), kao i interakcije  $K \times G$  (12,7%) na aktivnost SOD (Tabela 1b – Prilog 1).

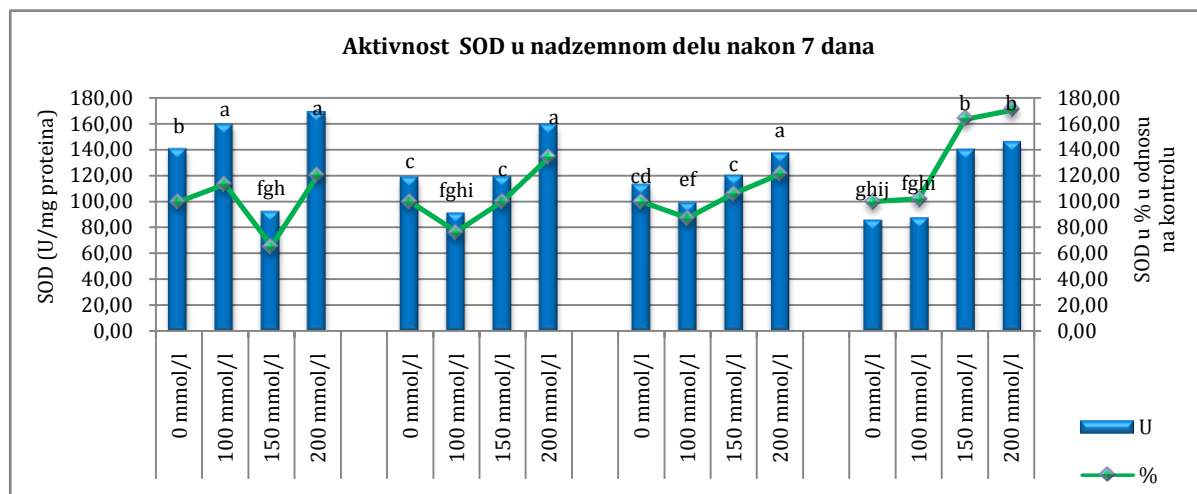




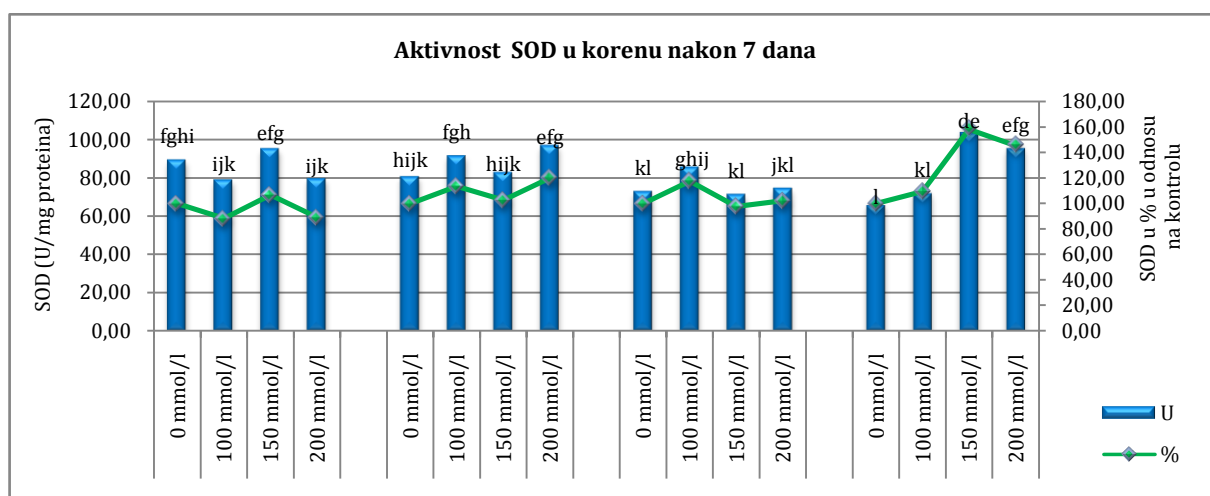
Grafikon 6. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti SOD u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** Aktivnost SOD u nadzemnom delu u kontrolama je iznosila: 140,10 U/mg proteina (Banačanka), 118,48 U/mg proteina (Jasna), 112,88 U/mg proteina (Kata) i 85,26 U/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 92,11 – 168,57 U/mg proteina (Banačanka), 90,73 – 158,86 U/mg proteina (Jasna), 98,60 – 136,89 U/mg proteina (Kata), 87,13 – 145,39 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 7). U nadzemnom delu ponika kod genotipa Zlatna došlo je do postepenog porasta aktivnosti enzima sa porastom nivoa sonog stresa. Kod genotipova Jasna i Kata, aktivnost je bila najniža pri najmanjoj koncentraciji NaCl, ali se sa daljim povećanjem koncentracije sonog stresa postepeno povećavala. Aktivnost SOD u korenu u kontrolama je iznosila: 89,38 U/mg proteina (Banačanka), 80,76 U/mg proteina (Jasna), 72,99 U/mg proteina (Kata) i 65,57 U/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u korenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 79,03 – 95,32 U/mg proteina (Banačanka), 82,92 – 96,97 U/mg proteina (Jasna), 71,40 – 85,76 U/mg proteina (Kata), 71,78 – 103,68 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 8). Kod genotipova Jasna i Zlatna uočeno je povećanje aktivnosti SOD pri svim nivoima sonog stresa. Kod genotipa Banačanka do najznačajnije promene došlo je pri koncentraciji NaCl od 100 mmol/l, kada je uočeno smanjenja za 11,58% u odnosu na kontrolu. Takođe, pri koncentraciji od 100 mmol/l kod genotipa Kata uočeno je najizrazitije povećanje aktivnosti SOD (17,49%). Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (11,9%), genotipa (4,9%) i dela ponika (48,9%). Sve interakcije prvog i drugog reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija drugog reda

najveći doprinos je zabeležen kod interakcije K × G (13,8%), dok je K × G × NDK interakcijom objašnjeno 10,4% ukupne varijacije aktivnosti SOD (Tabela 1b – Prilog 1).



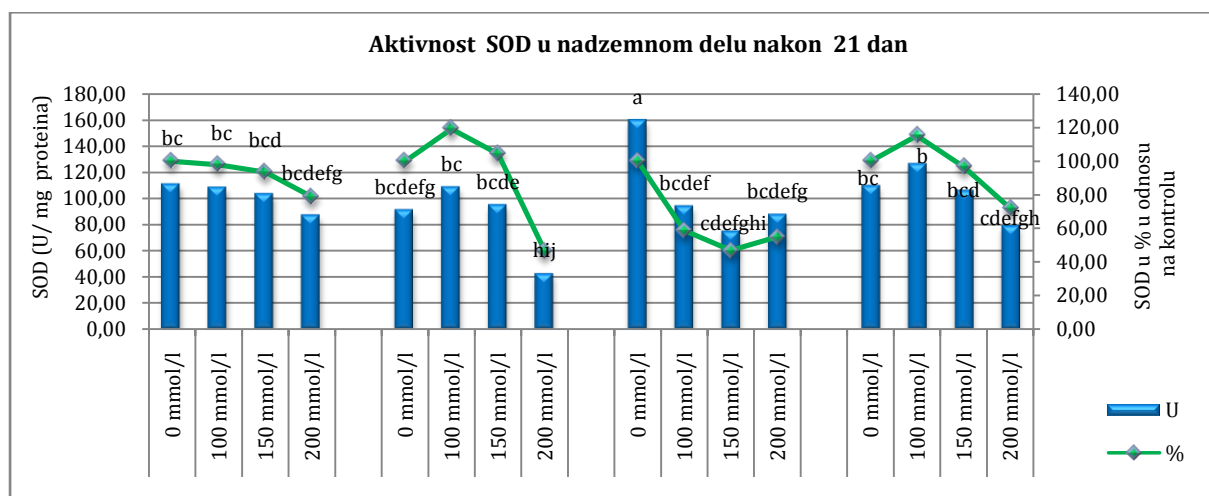
Grafikon 7. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti SOD u nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima



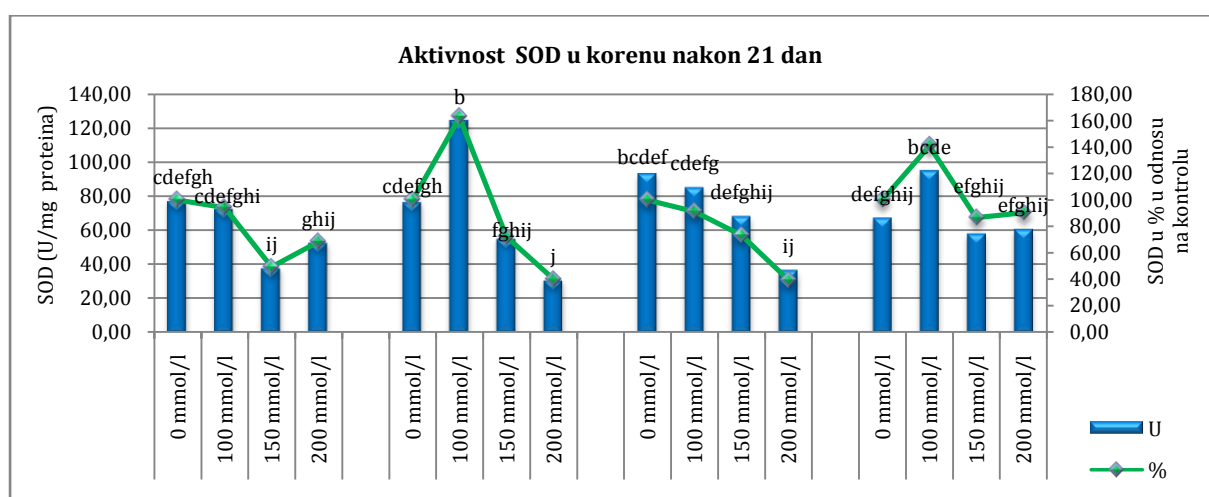
Grafikon 8. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti SOD u korenu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** Aktivnost SOD u nadzemnom delu u kontrolama je iznosila: 110,47 U/mg proteina (Banačanka), 90,96 U/mg proteina (Jasna), 159,42 U/mg proteina (Kata) i 109,32 U/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 86,93 – 108,19 U/mg proteina (Banačanka), 42,53 – 108,43 U/mg proteina (Jasna), 74,86 – 93,83 U/mg proteina (Kata), 78,89

- 126,02 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 9). Kod genotipa Kata, aktivnost SOD u nadzemnom delu se smanjivala pri svim koncentracijama NaCl, a najveće smanjenje je uočeno kod koncentracije 150 mmol/l i iznosilo je 45,02%. Kod genotipa Jasna značajna promena aktivnosti SOD je utvrđena jedino pri najvišoj koncentraciji pri kojoj je aktivnost SOD smanjena za 53,24%. Kod genotipa Banaćanka aktivnost SOD se smanjivala pri svim koncentracijama NaCl, dok se kod genotipa Zlatna povećala kod najniže koncentracije NaCl a zatim smanjivala sa povećanjem koncentracije NaCl u odnosu na kontrolu. Kod genotipa Banaćanka nije utvrđena statistički značajna razlika između kontrole i najmanje koncentracije NaCl, dok je do najznačajnijeg smanjenja došlo pri koncentraciji od 150 mmol/l. Kod genotipa Jasna aktivnost SOD je bila najveća pri najmanjoj koncentraciji NaCl, ali je sa daljim povećanjem intenziteta sonog stresa postepeno opadala u odnosu na kontrolu. Aktivnost SOD u nadzemnom delu u kontrolama je iznosila: 77,18 U/mg proteina (Banaćanka), 76,62 U/mg proteina (Jasna), 93,59 U/mg proteina (Kata) i 67,52 U/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u korenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 37,99 – 72,69 U/mg proteina (Banaćanka), 30,64 – 124,59 U/mg proteina (Jasna), 36,88 – 85,38 U/mg proteina (Kata), 58,37 – 95,27 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 10). Kod genotipa Kata, aktivnost SOD u korenu se smanjivala u uslovima sonog stresa. Najizrazitije smanjenje aktivnosti enzima bilo je kod najveće koncentracije NaCl i iznosilo je 60,12% u odnosu na kontrolu. Kod genotipa Zlatna zapaženo je da je aktivnost SOD bila najveća pri koncentraciji od 100 mmol/l, dok se pri višim koncentracijama smanjivala ali se vrednosti pri ovim koncentracijama nisu statistički značajno razlikovale. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (37,2%) i dela ponika (28,8%), dok efekat genotipa nije bio statistički značajan. Od interakcija prvog i drugog reda, značajna je bila samo interakcija  $K \times G$  i sa njom je objašnjeno 17,4% ukupne varijacije aktivnosti SOD (Tabela 1b – Prilog 1).



Grafikon 9. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti SOD u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima



Grafikon 10. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti SOD u korenu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

O značajnoj ulozi SOD u tolerantnosti biljaka na oksidativni stres izazvan većim količinama soli govore brojna istraživanja koja su pokazala povećanu aktivnost ovog enzima u genotipovima tolerantnim na zaslanjenost (Hernandez i sar., 1999, Shalata i sar., 2001, Mittova i sar., 2003, Dai i sar., 2009). Povećana aktivnost SOD u biljkama u zaslanjenim uslovima potvrđena je i promenama u ekspresiji gena (Dai i sar., 2009). Ispitujući aktivnost SOD kod tolerantnih i osetljivih genotipova uljane repice na zaslanjenost, Jalali-e-Emama i sar. (2011) ukazali su da ovaj enzim ima važnu ulogu kada je u pitanju tolerantnost na soni stres. Takođe, Ben Amor i sar. (2005) su svojim istraživanjima uočili povećanje ukupne aktivnost SOD u

nadzemnom delu pri koncentraciji od 50 mmol/l NaCl dok je aktivnost SOD u korenu smanjena pri visokim koncentracijama NaCl. Ovi rezultati su pokazali da aktivnost antioksidativnih enzima pod uticajem sonog stresa može da varira u zavisnosti od tkiva, ali i od uslova proizvodnje. Aktivnost ovog enzima u zaslanjenim uslovima zavisi od biljne vrste, genotipa, faze razvoja, dela biljke i stepena zaslanjenosti (Chaparzadeh i sar., 2004).

Ovaj rad kao i mnogobrojna druga istraživanja su potvrdili vrlo veliku efiksanost ovog enzima. Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da različite koncentracije NaCl dovode do indukcije aktivnosti SOD u različitim fazama razvoja uljane repice u zavisnosti od genotipa. Smanjenje aktivnosti SOD u semenu sa povećanjem koncentracije NaCl ukazuje da kod uljane repice ovaj enzim igra važnu ulogu u detoksifikaciji reaktivnih oblika kiseonika. Zhang i sar. (2004) su ukazali na potrebu istraživanja pojedinih izoformi SOD u svrhu dobijanja novih saznanja, upravo iz razloga što brojna dosadašnja istraživanja nisu pokazala iste efekte ovog enzima tokom stresa.

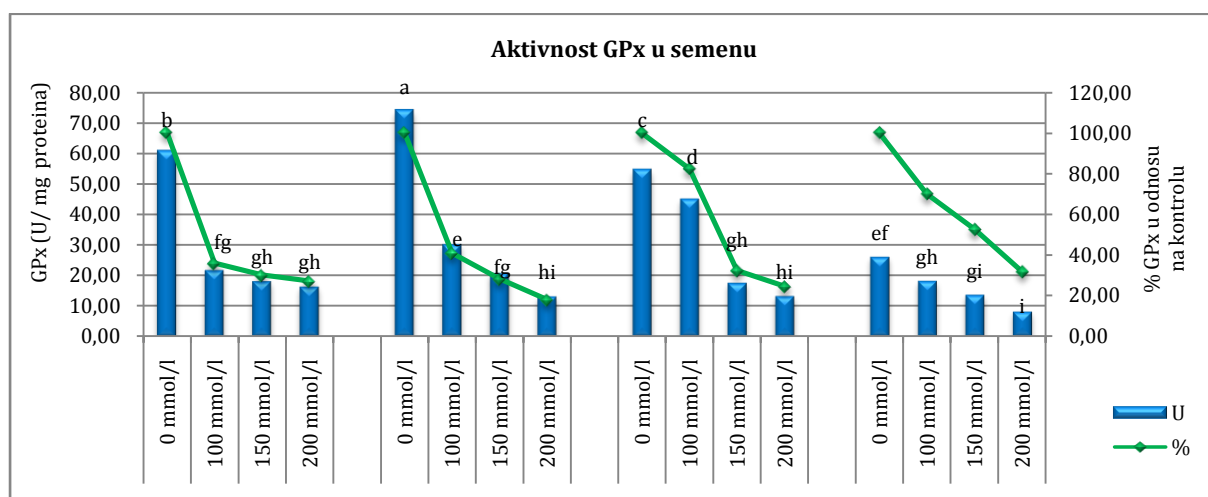
Dai i sar. (2009) smatraju da pri veoma visokim koncentracijama soli, smanjena aktivnost SOD i ostalih antioksidativnih enzima, može biti prouzrokovana otežanim apsorbovanjem dovoljne količine vode zbog visoke koncentracije jona u području korenovog sistema. Ukoliko biljka ne usvaja vodu, samim tim količina soli u biljci se smanjuje što ometa funkciju antioksidativnog sistema. Drugi mogući razlog za smanjenje aktivnosti ovog enzima u uslovima visokog nivoa sonog stresa je velika količina toksičnih Na<sup>+</sup> jona koji utiču na stvaranje veće količinu ROS koju sistem antioksidativne odbrane ne može da kontroliše. Takođe, smanjenje aktivnosti SOD ukazuje da je skevindžer aktivnost ovog enzima ugrožena ili može biti rezultat adaptacije biljaka na soni stres (Shahbazi i sar., 2011).

### **5.1.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na aktivnost gvajakol-peroksidaze (GPx) u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice**

Na grafikonima 11-20 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja različitih koncentracija NaCl na aktivnost gvajakol-peroksidaze u nakvašenom semenu, nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana i 21 dan. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti koncentracije NaCl (K), genotipa (G) i dela ponika (NDK), što je prikazano u tabelama 2a i 2b u Prilogu 1. Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabelama 7-12 (Prilog 2). Takođe, rangovi dobijeni ovim testom označeni su i na prikazanim grafikonima, kao i procentualne vrednosti izračunate u odnosu na kontrolu koja je predstavljala 100%.

### 5.1.2.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na aktivnost GPx u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena

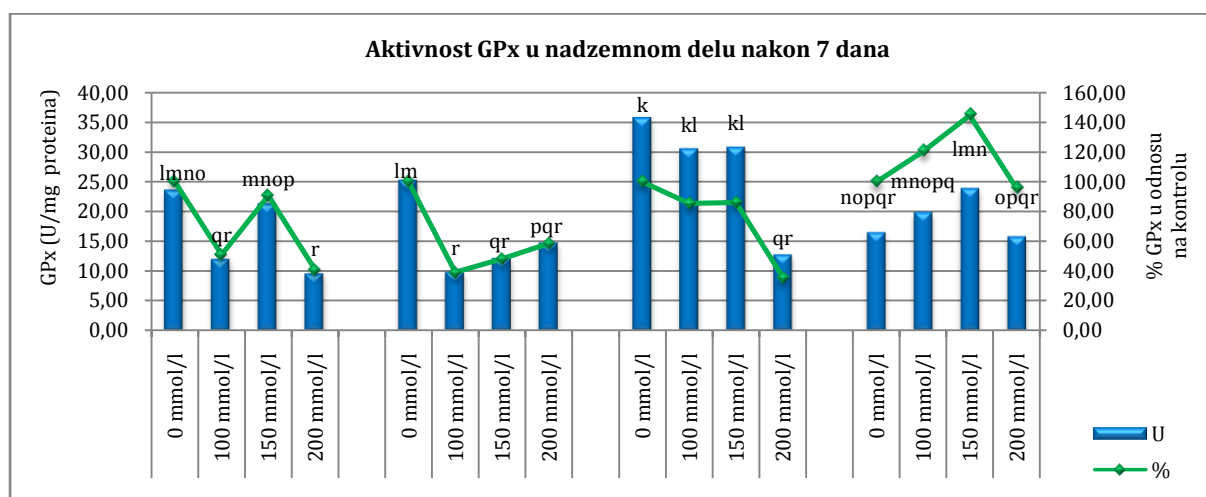
**Seme:** Aktivnost GPx u kontrolama je iznosila: 60,80 U/mg proteina (Banaćanka), 74,04 U/mg proteina (Jasna), 54,66 U/mg proteina (Kata) i 26,10 U/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra u semenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 16,43 – 21,78 U/mg proteina (Banaćanka), 13,24 – 30,23 U/mg proteina (Jasna), 13,39 – 44,98 U/mg proteina (Kata), 8,30 – 18,27 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 11). Kod svih ispitivanih genotipova, aktivnost ovog enzima postepeno se smanjivala sa povećanjem intenziteta stresa. Kod genotipa Banaćanka, između umerene i visoke koncentracije NaCl nije bilo statistički značajnih razlika, dok je kod genotipa Kata došlo do najznačajnijeg smanjenja aktivnosti u odnosu na kontrolu (82,12%). Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (70,2%) i genotipa (13,7%), ali takođe i interakcije  $K \times G$  (16,1%) na aktivnost GPx (Tabela 2a – Prilog 1).



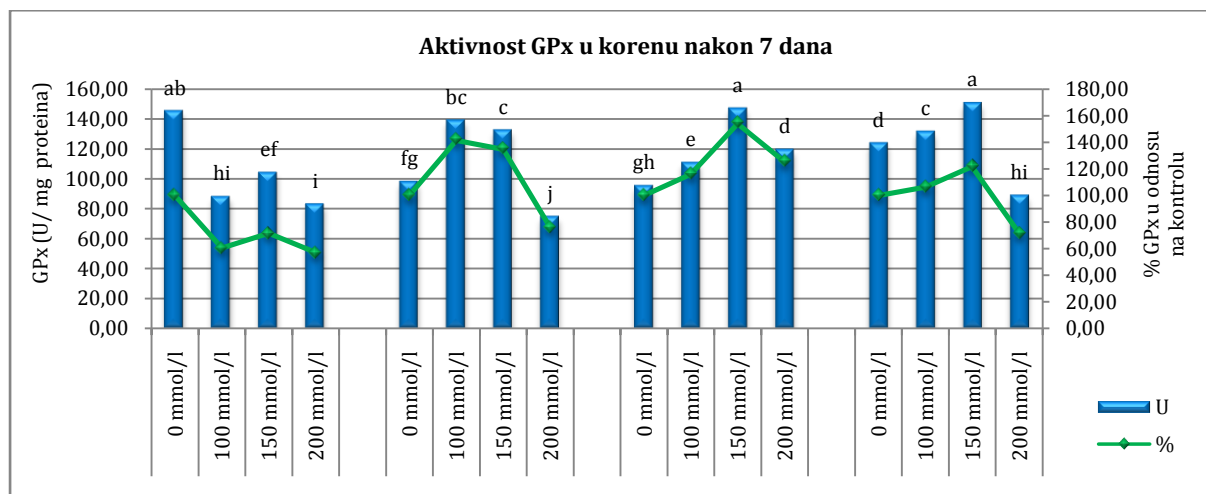
Grafikon 11. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti GPx u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** Aktivnost GPx u nadzemnom delu u kontrolama je iznosila: 23,67 U/mg proteina (Banaćanka), 25,35 U/mg proteina (Jasna), 35,81 U/mg proteina (Kata) i 16,54 U/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 9,68 – 21,44 U/mg (Banaćanka), 9,90 – 14,85 U/mg proteina (Jasna), 12,83 – 30,86 U/mg proteina (Kata), 15,83 – 23,95 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 12). Kod genotipova Banaćanka, Jasna i Kata utvrđeno je značajno opadanje aktivnosti GPx sa povećanjem intenziteta sonog stresa. Najizraženije smanjenje došlo je pri

koncentraciji 200 mmol/l u odnosu na kontrolu kod genotipova Kata (64,17%) i Banačanka (59,11%). Kod genotipa Zlatna, aktivnost je rasla do koncentracije od 150 mmol/l, a zatim je uočen blag pad u odnosu na tu vrednost. Aktivnost GPx u kontrolama u korenu je iznosila: 145,24 U/mg proteina (Banačanka), 98,17 U/mg proteina (Jasna), 95,38 U/mg proteina (Kata) i 123,75 U/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra u korenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 83,08 – 104,09 U/mg proteina (Banačanka), 74,78 – 139,03 U/mg proteina (Jasna), 110,68 – 146,99 U/mg proteina (Kata), 88,87 – 150,68 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 13). Kod genotipa Jasna došlo je do postepenog opadanja aktivnosti sa povećanjem koncentracije. Jedina značajna promena aktivnosti kod genotipa Banačanka utvrđena je pri koncentraciji od 150 mmol/l kada je došlo do uvećanja za 58,52%. Kod genotipova Kata i Zlatna uočena je ista pravilnost promene aktivnosti GPx i do najznačajnijih promena je došlo pri koncentraciji od 150 mmol/l, povećanjem za 67,94% i 37,83% u odnosu na kontrolu. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (87,5%), genotipa (3,3%) i dela ponika (1,0%). Sve interakcije prvog i drugog reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije  $K \times G$  (2,6%) dok je  $K \times G \times NDK$  interakcijom objašnjeno 3,8% ukupne varijacije aktivnosti GPx (Tabela 2a – Prilog 1).



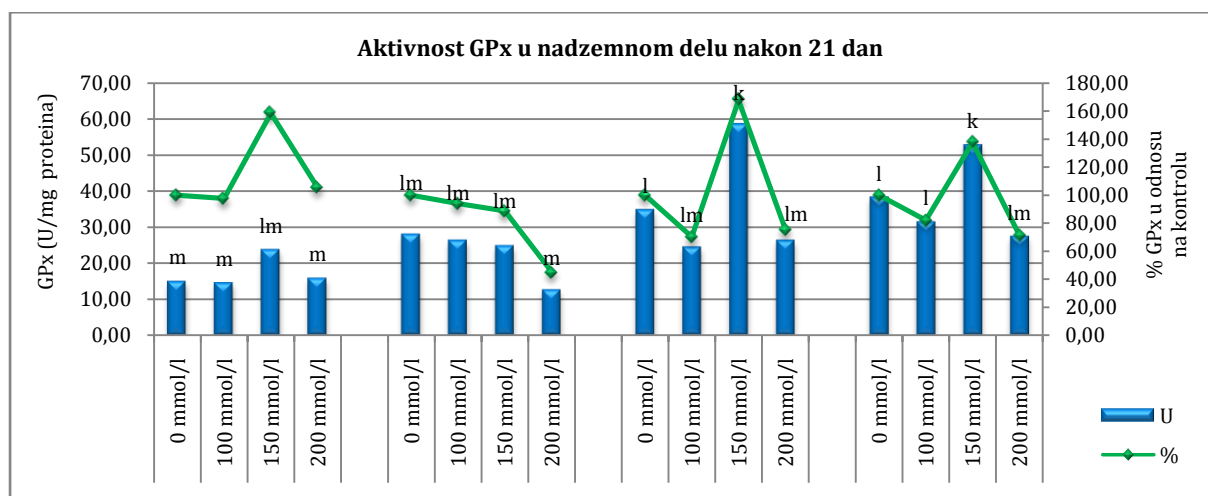
Grafikon 12. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti GPx u nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena



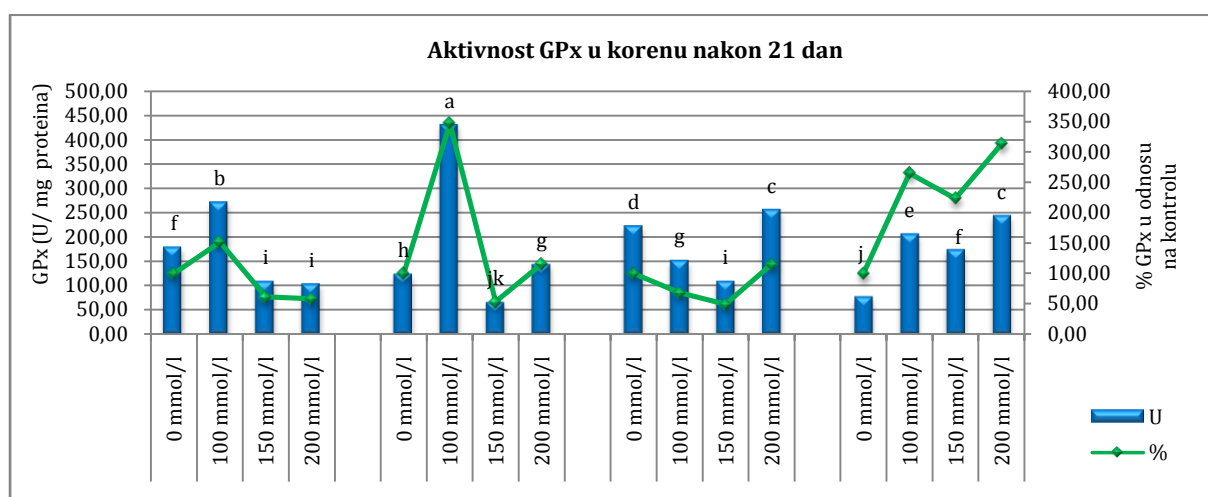
Grafikon 13. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti GPx u korenu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** Aktivnost GPx u nadzemnom delu u kontrolama je iznosila: 15,04 U/mg proteina (Banačanka), 28,08 U/mg proteina (Jasna), 34,91 U/mg proteina (Kata) i 38,31 U/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 14,70 – 23,85 U/mg proteina (Banačanka), 12,72 – 26,39 U/mg proteina (Jasna), 24,55 – 58,62 U/mg proteina (Kata), 27,46– 52,81 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 14). U nadzemnom delu kod svih genotipova uočeno je uvećanje aktivnosti GPx u zaslanjenim uslovima. Do najznačajnijih promena kod genotipova Jasna i Zlatna došlo je pri najmanjoj koncentraciji NaCl kada je uočeno povećanje aktivnosti u odnosu na kontrolu i to za 69,82% i 26,41%. Sa druge strane, kod genotipova Banačanka i Kata do najznačajnijeg povećanja došlo je pri koncentraciji od 150 mmol/l (65,50% i 40,26%). Aktivnost GPx u korenu u kontrolama je iznosila: 178,99 U/mg proteina (Banačanka), 124,05 U/mg proteina (Jasna), 223,04 U/mg proteina (Kata) i 77,86 U/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 104,17 – 271,61 U/mg proteina (Banačanka), 65,90 – 430,24 U/mg proteina (Jasna), 109,65 – 256,21 U/mg proteina (Kata), 174,08 – 243,87 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 15). Kod genotipova Banačanka, Jasna i Kata najznačajnije promene aktivnosti GPx uočene su pri koncentraciji od 150 mmol/l, kada je došlo do smanjenja. Kod genotipa Zlatna intenzitet sonog stresa značajno je uticao na povećanje aktivnosti ovog enzima. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (6,5%), genotipa (0,5%) i dela ponika (58,3%). Sve interakcije prvog i drugog reda su bile značajne. Interakcija prvog reda  $K \times G$  imala je najveći doprinos (13,0%), dok je  $K \times G \times NDK$  interakcijom objašnjeno 11,8% ukupne varijacije aktivnosti GPx (Tabela 2a – Prilog 1).





Grafikon 14. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti GPx u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

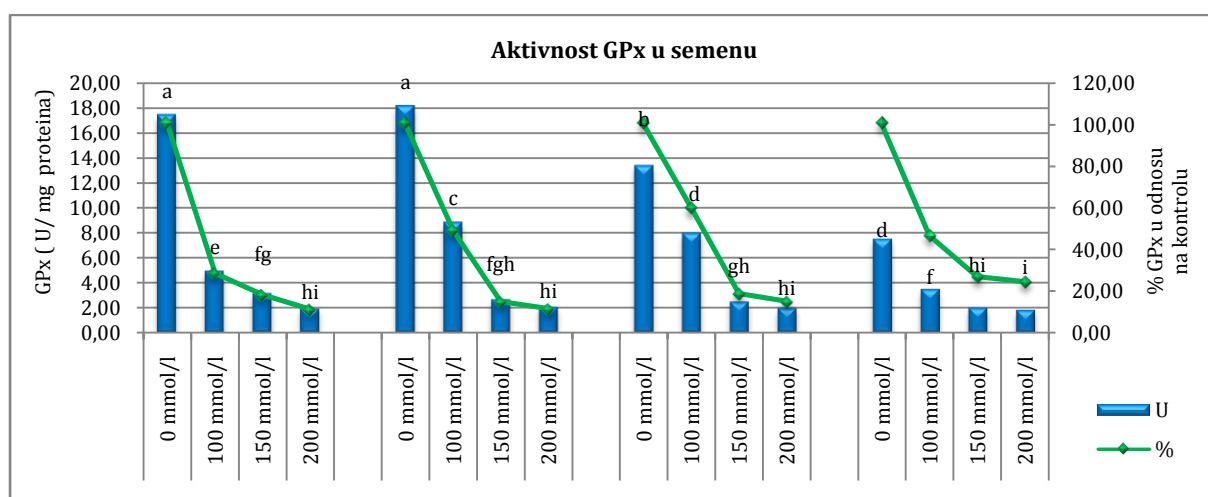


Grafikon 15. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti GPx u korenu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

### 5.1.2.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na GPx u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Seme:** Aktivnost GPx u semenu u kontrolama je iznosila: 17,47 U/mg proteina (Banačanka), 18,17 U/mg proteina (Jasna), 13,41 U/mg proteina (Kata) i 7,54 U/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 1,96 – 4,98 U/mg proteina (Banačanka), 2,10 – 8,90 U/mg proteina (Jasna), 2,02 – 8,01 U/mg proteina (Kata), 1,85 – 3,51 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 16). Kod svih ispitivanih

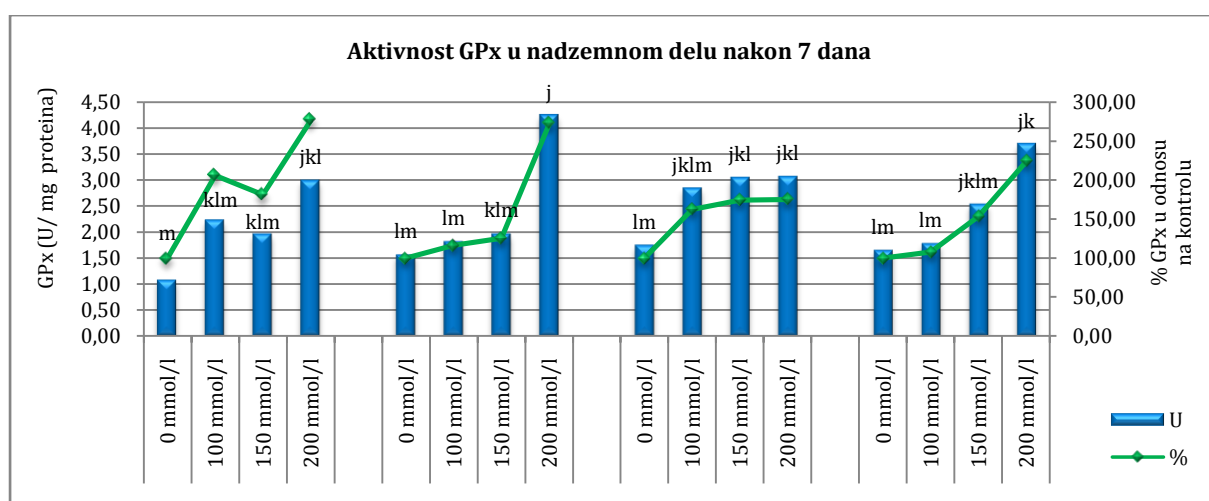
genotipova aktivnost ovog enzima se postepeno smanjivala sa porastom koncentracije NaCl. Kod genotipa Banaćanka uočeno je najznačajnije smanjenje pri koncentraciji 200 mmol/l u odnosu na kontrolu (88,76%), dok je kod genotipa Zlatna to smanjenje bilo najmanje (75,44%). Analizom varijanse utvrđen je značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (80,5%), genotipa (8,4%) i interakcije između ispitivanih faktora (11,1%) na aktivnost GPx (Tabela 2b – Prilog 1).



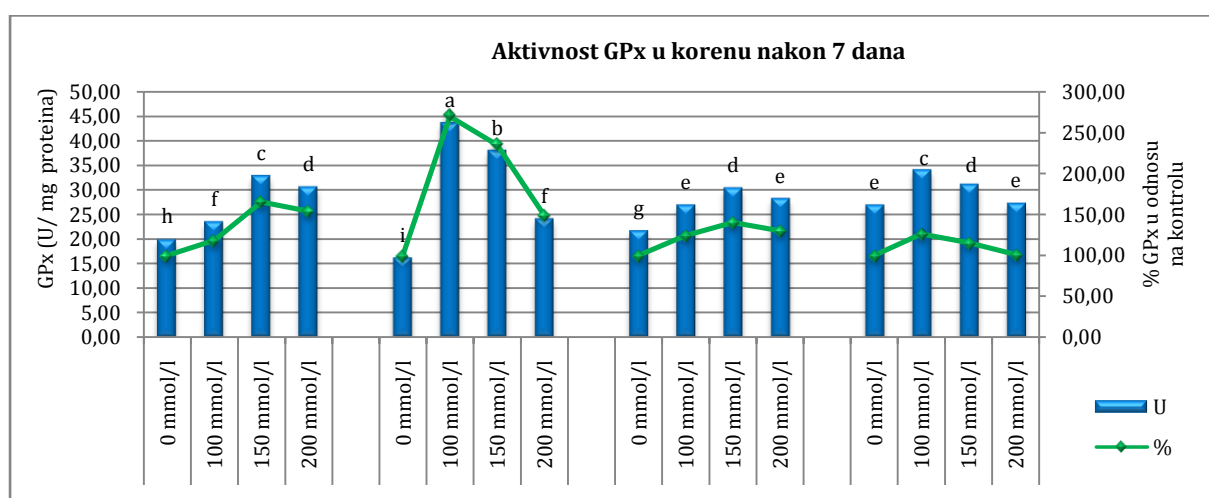
Grafikon 16. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti GPx u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** Aktivnost GPx u nadzemnom delu u kontrolama je iznosila: 1,08 U/mg proteina (Banaćanka), 1,56 U/mg proteina (Jasna), 1,74 U/mg proteina (Kata) i 1,65 U/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 1,96 -2,99 U/mg proteina (Banaćanka), 1,82 - 4,324 U/mg proteina (Jasna), 2,83 - 3,06 U/mg proteina (Kata), 1,78 - 3,69 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 17). Kod genotipova Jasna, Kata i Zlatna uočeno je postepeno povećanje aktivnosti ovog enzima sa povećanjem intenziteta sonog stresa. Kod genotipa Banaćanka je takođe uočen porast aktivnosti sa povećanjem koncentracija soli, ali je vrednost pri koncentraciji od 150 mmol/l bila niža od vrednosti pri najmanjem intenzitetu stresa. Aktivnost GPx u korenu u kontrolama je iznosila: 19,81 U/mg proteina (Banaćanka), 16,11 U/mg proteina (Jasna), 21,59 U/mg proteina (Kata) i 26,84 U/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 23,44 - 32,79 U/mg proteina (Banaćanka), 24,00 - 43,46 U/mg proteina (Jasna), 26,85 - 30,29 U/mg proteina (Kata), 27,18 - 33,93 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 18). Kod genotipova Banaćanka i Jasna došlo je do značajnog povećanja

aktivnosti pri najmanjoj koncentraciji NaCl u odnosu na kontrolu, a ujedno su pri ovom nivou stresa bile najviše vrednosti u poređenju sa ostalim koncentracijama. Kod genotipa Kata najviše vrednosti ovog parametra uočene su pri koncentraciji od 150 mmol/l, a kod genotipa Zlatna pri koncentraciji od 200 mmol/l. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (3,2%), genotipa (0,4%) i dela ponika (88,3%) na aktivnost GPx. Takođe, sve interakcije prvog i drugog reda su bile značajne. Interakcija prvog reda  $K \times \text{NDK}$  imala je najveći doprinos (2,7%), dok je  $K \times G \times \text{NDK}$  interakcijom objašnjeno 2,8% ukupne varijacije aktivnost GPx (Tabela 2b – Prilog 1).

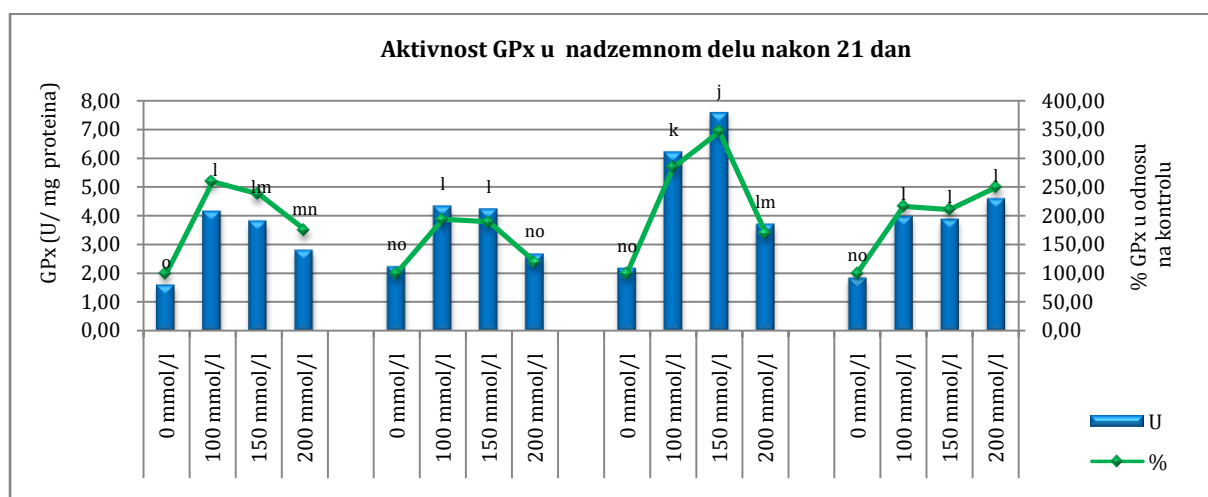


Grafikon 17. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti GPx u nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

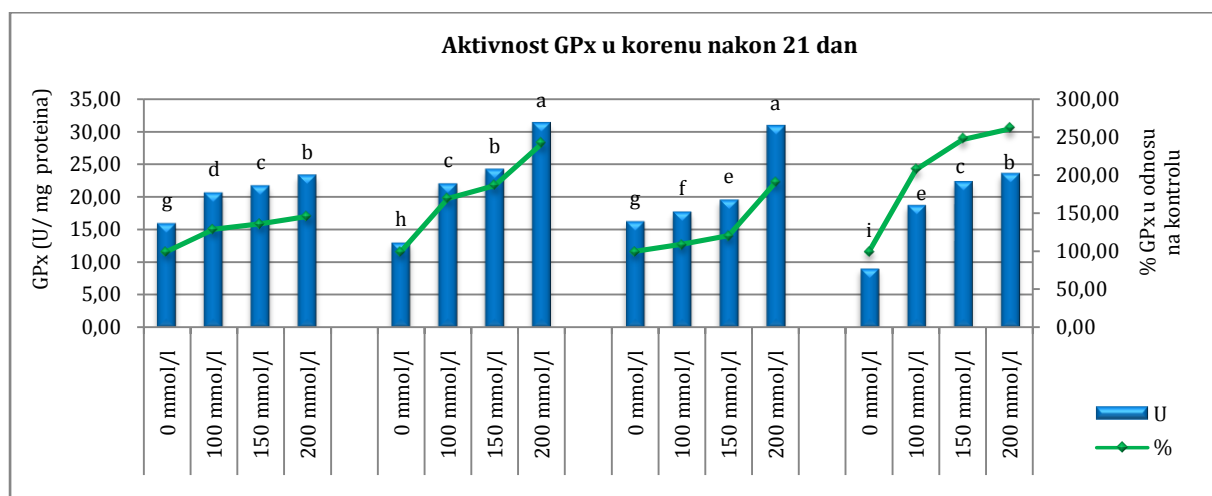


Grafikon 18. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti GPx u korenu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** Aktivnost GPx u nadzemnom delu u kontrolama je iznosila: 1,61 U/mg proteina (Banaćanka), 2,24 U/mg proteina (Jasna), 2,19 U/mg proteina (Kata) i 1,85 U/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 2,82 – 4,17 U/mg proteina (Banaćanka), 2,68 – 4,34 U/mg proteina (Jasna), 3,73 – 7,58 U/mg proteina (Kata), 3,89 – 4,60 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 19). Kod svih genotipova aktivnost GPx se povećala u uslovima sonog stresa u odnosu na kontrolu. Kod genotipova Banaćanka i Kata najviše vrednosti ovog parametra bile su pri koncentraciji NaCl od 150 mmol/l, dok su kod genotipova Jasna i Kata najviše vrednosti uočene pri najvećem intenzitetu stresa. Aktivnost GPx u korenu u kontrolama je iznosila: 20,59 U/mg (Banaćanka), 12,98 U/mg proteina (Jasna), 16,20 U/mg proteina (Kata) i 9,03 U/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra u korenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 20,59 – 23,28 U/mg proteina (Banaćanka), 21,99 – 31,29 U/mg proteina (Jasna), 17,68 – 30,85 U/mg proteina (Kata), 18,71 – 23,54 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 20). Kod svih genotipova aktivnost ovog enzima se povećavala postepeno sa povećanjem koncentracije NaCl. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta dela ponika (80,9%), koncentracije NaCl (8,9%) i genotipa (0,8%) na aktivnost GPx. Takođe, sve interakcije prvog i drugog reda su bile značajne. Interakcija prvog reda  $K \times NDK$  imala je najveći doprinos (5,6%), dok je  $K \times G \times NDK$  interakcijom objašnjeno 2,1% ukupne varijacije aktivnosti GPx (Tabela 2b – Prilog 1).



Grafikon 19. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti GPx u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima



Grafikon 20. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu aktivnosti GPx u korenu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

Gvajakol-peroksidaze su važna grupa peroksidaza, koja oksiduje gvajakol, najčešće korišćeni supstrat. Nalaze se u ćelijskoj citoplazmi i odgovorne su za veliki broj biohemijskih i fizioloških funkcija vezanih za izgradnju ćelija, rast, razvoj ploda, biosintezu etilena, lignifikaciju, odbranu od patogena, detoksikaciju vodonik-peroksida, odgovor na stres i tolerantnost na zaslanjenost (Ben Amor i sar., 2005). Uprkos činjenici da su peroksidaze među najispitivanijim enzimima u biljkama i saznanjima da učestvuju u mnogim fiziološkim procesima, njihova uloga u fiziologiji i biohemiji biljaka još nije u potpunosti razjašnjena (Tayefi-Nasrabadi i sar., 2011).

Za razliku od osteljivih biljnih vrsta, kod tolerantnih je utvrđeno da je aktivnost peroksidaze veća, kako bi se biljke zaštitile od oksidativnog stresa (Muscolo i sar., 2003). Većina peroksidaza se izlučuje u apoplast i uključene su u dva procesa: redukciju  $H_2O_2$  pomoću fenola, ligninskih prekursora i raznih sekundarnih metabolita (Hiraga i sar., 2001) i nastanak ROS (Passardi i sar., 2004). Kao što je ranije navedeno, zaslanjenost dovodi do stvaranja stresnih uslova koji remete sistem transporta elektrona stvarajući velike količine ROS koje mogu izazvati značajna oštećenja na ćelijama (Tuteja, 2007, Tanou i sar., 2009). U ovim uslovima, peroksidaze imaju važnu ulogu jer katalizuju reakcije u kojima se oksiduju fenolni supstrati, dok se ROS svode na mnogo manje štetne oblike kiseonika. Regulišući dostupnost  $H_2O_2$ , peroksidaze utiču na rast, odnosno izduživanje ćelija kao i na povezivanje fenolnih komponenti u cilju inhibicije rasta kao odgovora na signale izazvane napadom patogena, ozledom tkiva, činiocima spoljašnje sredine i starenjem (Passardi i sar., 2004). Pored navedene uloge, peroksidaze su uključene u proces lignifikacije (Quiroga i sar., 2000). Naime, biljke povećavaju sintezu lignina tokom sonog stresa u cilju sprečavanja gubitaka vode kroz ćelijske zidove (Tayefi-Nasrabadi i sar., 2011).

Povećana aktivnost i katalitička efikasnost GPx u nadzemnom delu i korenu ponika uljane repice u zaslanjenim uslovima, kod genotipova Zlatna i Kata u prvoj godini ispitivanja, kao i kod genotipova Jasna, Kata i Zlatna u drugoj godini ispitivanja, može podstaknuti ili povećati proces lignifikacije, čime se sprečava gubitak vode kroz zidove ćelija. Sa druge strane, u semenu u obe godine ispitivanja, je došlo do značajnog opadanja aktivnost GPx kod svih ispitivanih genotipova što ukazuje da ovaj enzim učestvuje u procesu adaptacije na soni stres u prvih 24 časa klijanja semena.

Utvrđeno je da se aktivnost peroksidaza povećava istovremeno sa povećanjem aktivnosti drugih antioksidativnih enzima kao što su CAT, SOD i GSH reduktaze, kao odgovor na različite negativne čionioce spoljašnje sredine, pri čemu je aktivnost komponenata sistema koji neutrališu ROS međusobno povezana i zavisna (Shigeoka i sar., 2002). Može se pretpostaviti da između ovih enzima postoji sinergijska veza u cilju zajedničkog odupiranja oksidativnim oštećenjima izazvanim dejstvom sonog stresa (Hemavathi Chandrama i sar., 2010).

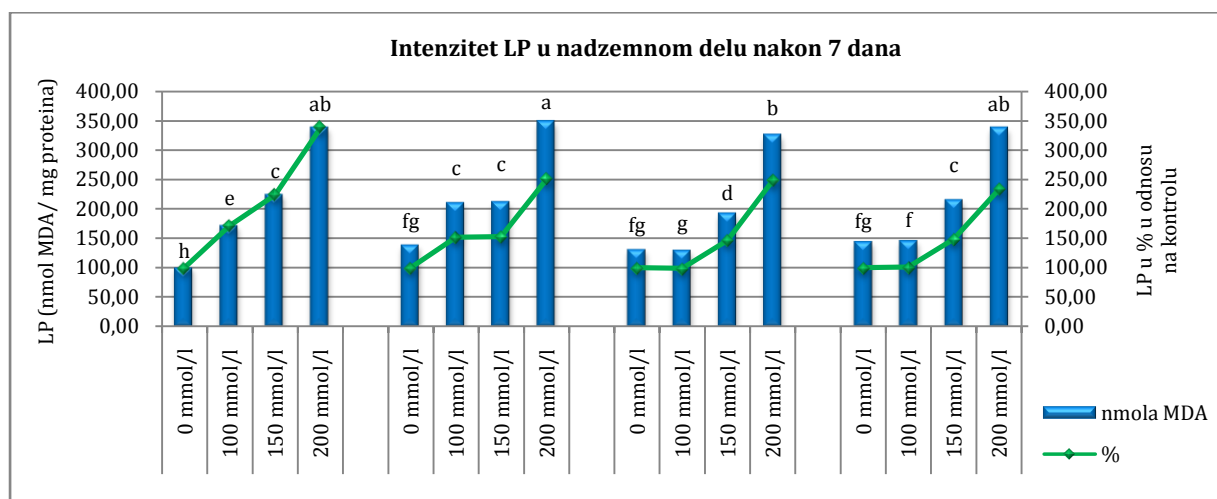
### **5.1.3 Uticaj različitih koncentracija NaCl na intenzitet lipidne perksidacije (LP) u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice**

Na grafikonima 21-30 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja različitih koncentracija NaCl na intenzitet LP u nakvašenom semenu, nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana i 21 dan. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti koncentracije NaCl (K), genotipa (G) i dela ponika (NDK), što je prikazano u tabelama 3a i 3b u Prilogu 1. Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabelama 13-18 u Prilogu 2. Takođe, rangovi dobijeni ovim testom označeni su i na prikazanim grafikonima, kao i procentualne vrednosti izračunate u odnosu na kontrolu koja je predstavljala 100%.

#### **5.1.3.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na intenzitet LP u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena**

**Seme:** Intenzitet LP u semenu u kontrolama je iznosio: 290,16 nmol MDA/mg proteina (Banaćanka), 338,02 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 363,45 nmol MDA/mg proteina (Kata) i 406,82 nmol MDA/mg proteina (Zlatna). Vrednosti intenziteta LP u semenu pri različitim koncentracijama NaCl se menjao u opsegu: 376,91 – 444,21 nmol MDA/mg proteina (Banaćanka), 360,46 – 457,67 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 397,85 – 529,47 nmol MDA/mg proteina (Kata), 354,47 – 454,68 nmol MDA/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 21). Kod svih

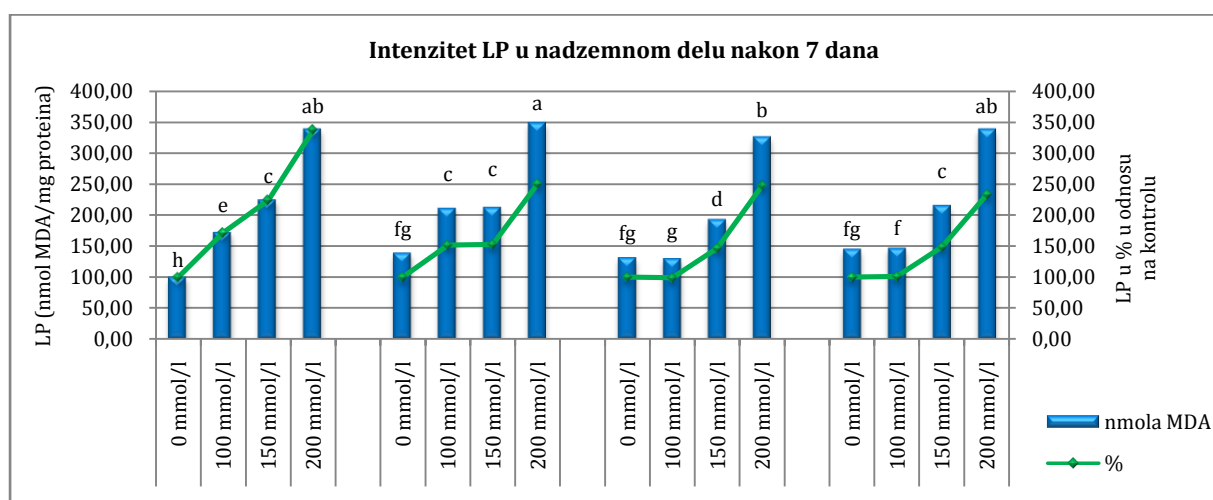
ispitivanih genotipova došlo je do povećanja ovog parametra između kontrole i najviše koncentracije NaCl, osim kod genotipa Zlatna kod koje je došlo do smanjenja za 12,87%. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (28,3%) i genotipa (21,8%), ali takođe i interakcije  $K \times G$  (49,9%) na intenzitet LP u semenu (Tabela 3a – Prilog 1).



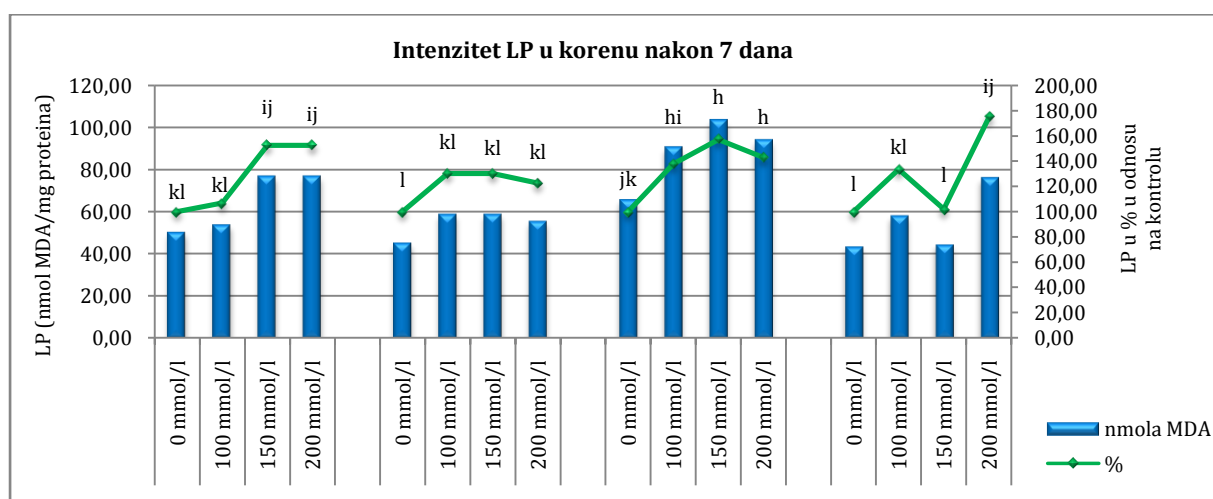
Grafikon 21. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu intenziteta LP u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** Intenzitet LP u nadzemnom delu u kontrolama je iznosio: 100,21 nmol MDA/mg proteina (Banačanka), 139,10 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 131,62 nmol MDA/mg proteina (Kata) i 145,08 nmol MDA/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u nadzemnom delu nakon 7 dana pri različitim koncentracijama NaCl se menjao u opsegu: 172,00 - 338,02 nmol MDA/mg proteina (Banačanka), 210,89 - 348,49 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 130,12 - 326,06 nmol MDA/mg proteina (Kata), 146,58 - 338,02 nmol MDA/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 22). U nadzemnom delu ponika kod svih ispitivanih genotipova, uočeno je postepeno povećanje intenziteta LP sa povećanjem koncentracije NaCl. Kod genotipa Banačanka uočen je najveći porast pri najvećem intenzitetu sonog stresa u odnosu na kontrolu (237,21%), a najmanji kod genotipa Kata (147,73 %). Intenzitet LP u korenu u kontrolama je iznosio: 50,43 nmol MDA/mg proteina (Banačanka), 45,30 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 65,81 nmol MDA/mg proteina (Kata) i 43,59 nmol MDA/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra pri različitim koncentracijama NaCl se menjao u opsegu: 53,84 - 76,92 nmol MDA/mg proteina (Banačanka), 55,55 - 58,97 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 90,59 - 103,41 nmol MDA/mg proteina (Kata), 44,44 - 76,07 nmol

MDA/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 23). Kod genotipova Banačanka, Jasna i Kata najveća količina MDA u korenu bila je pri koncentracijama od 100 mmol/l i 150 mmol/l NaCl, dok kod genotipa Zlatna ova pravilnost nije utvrđena. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (2,7%), genotipa (0,2%) i dela ponika (75,0%). Sve interakcije prvog i drugog reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije  $K \times \text{NDK}$  (18,1%), dok je  $K \times G \times \text{NDK}$  interakcijom objašnjeno 1,0% ukupne varijacije intenziteta LP (Tabela 3a – Prilog 1).



Grafikon 22. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu intenziteta LP u nadzemnom delu nakon 7 dana odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

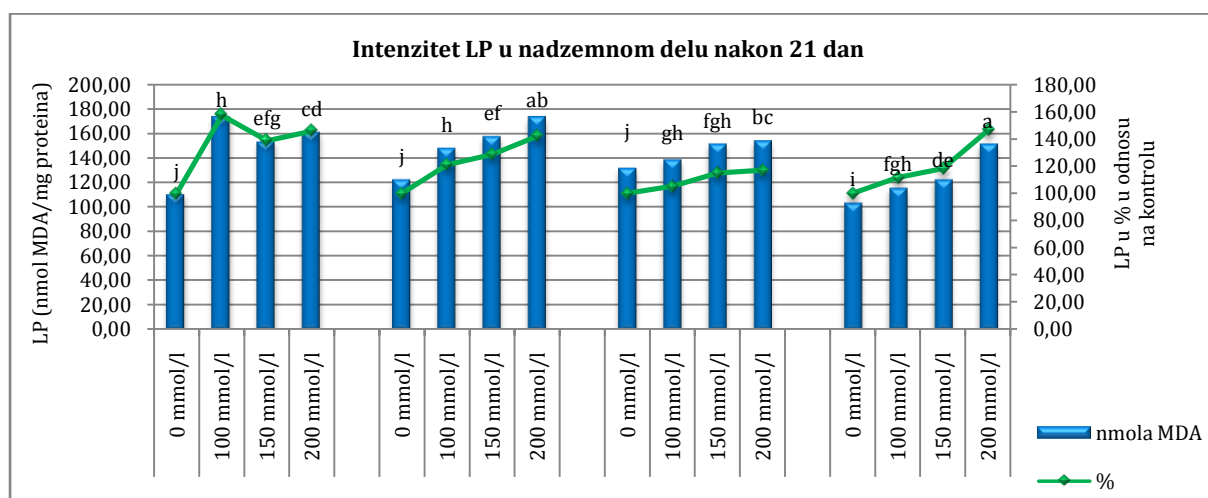


Grafikon 23. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu intenziteta LP u korenu nakon 7 dana odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

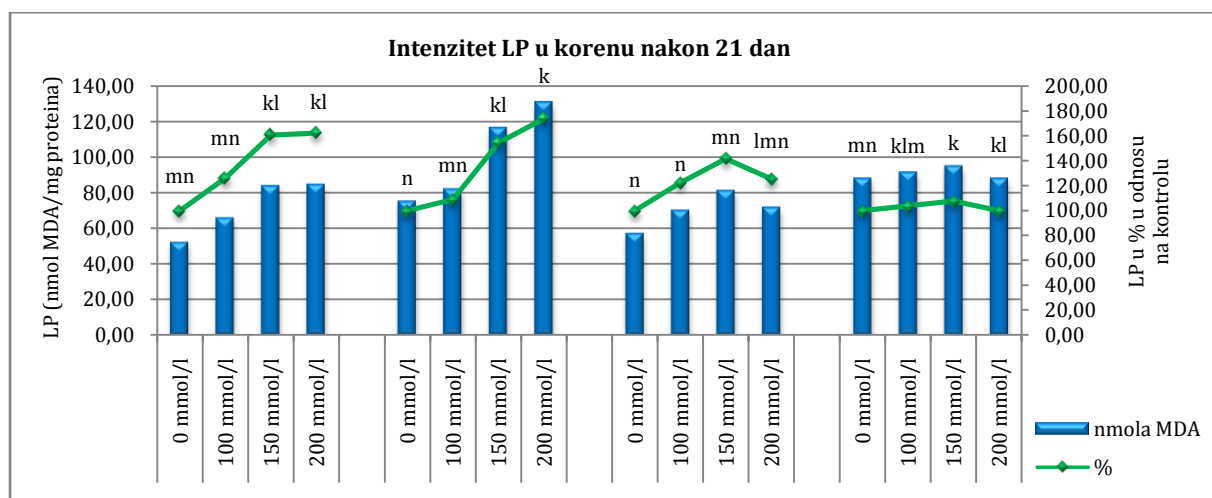
**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** Intenzitet LP u nadzemnom delu u kontrolama je iznosio: 110,25 nmol MDA/mg proteina (Banačanka), 122,22 nmol MDA/mg proteina (Jasna),



131,62 nmol MDA/mg proteina (Kata) i 103,41 nmol MDA/mg proteina (Zlatna). Vrednosti intenziteta LP u nadzemnom delu nakon 21 dan pri različitim koncentracijama NaCl se menjao u opsegu: 152,99 – 173,50 nmol MDA/mg proteina (Banačanka), 147,86 – 173,50 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 138,46 – 153,84 nmol MDA/mg proteina (Kata), 115,38 – 151,28 nmol MDA/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 24). Postepen porast intenziteta uočen je u nadzemnom delu ponika nakon 21 dan kod svih genotipova, osim kod genotipa Banačanka kod kojeg je intenzitet LP bio najveći pri najnižoj koncentraciji NaCl. Intenzitet LP u korenu u kontrolama je iznosio: 52,13 nmol MDA/mg proteina (Banačanka), 75,21 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 57,26 nmol MDA/mg proteina (Kata) i 88,03 nmol MDA/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 25). Vrednost ovog parametra u korenu pri različitim koncentracijama NaCl se menjao u opsegu: 65,81 – 84,61 nmol MDA/mg proteina (Banačanka), 82,05 – 130,76 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 70,08 – 81,19 nmol MDA/mg proteina (Kata), 88,03 – 94,87 nmol MDA/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 26). U korenu ponika genotipova Banačanka i Jasna utvrđeno je povećanje količine MDA sa povećanjem koncentracije soli, a najveći porast uočen je pri koncentraciji 200 mmol/l (Banačanka - 62,30%, Jasna - 73,86 %). Kod genotipova Kata i Zlatna količina MDA rasla je do koncentracije od 150 mmol/l, dok je pri najvećem nivou stresa (200 mmol/l) došlo do smanjenja. Intenzitet LP kod genotipa Zlatna bio je isti u kontroli i najvećoj koncentracija NaCl. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (13,2%), genotipa (4,8%) i dela ponika (67,5%). Sve interakcije drugog i trećeg reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije  $G \times$  NDK (6,8%), dok je  $K \times G \times$  NDK interakcijom objašnjeno 2,7% ukupne varijacije intenziteta LP (Tabela 3a – Prilog 1).



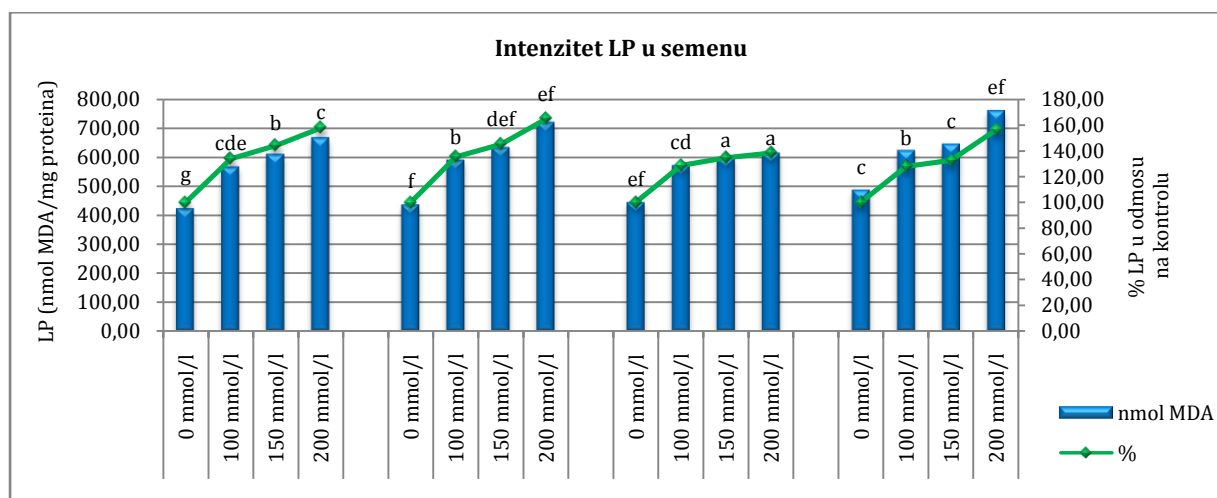
Grafikon 24. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu intenziteta LP u nadzemnom delu nakon 21 dan odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena



Grafikon 25. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu intenziteta LP u korenu nakon 21 dan odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

### 5.1.3.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na intenzitet LP u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

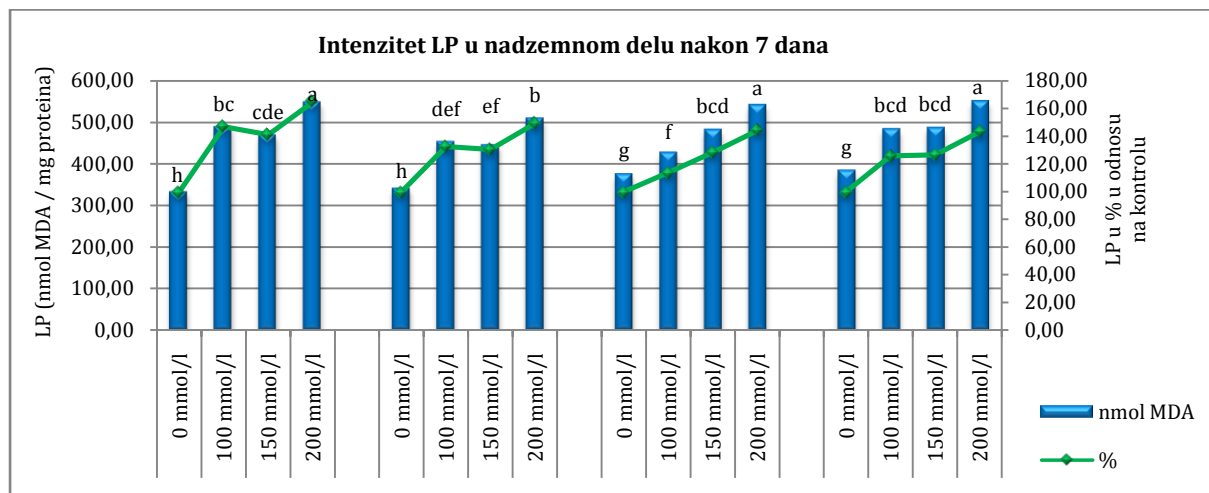
**Seme:** Intenzitet LP u semenu u kontrolama je iznosio: 422,56 nmol MDA/mg proteina (Banaćanka), 435,90 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 443,22 nmol MDA/mg proteina (Kata) i 486,31 nmol MDA/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 566,38 – 667,20 nmol MDA/mg proteina (Banaćanka), 590,10 – 719,09 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 570,83 – 613,82 nmol MDA/mg proteina (Kata), 622,72 – 760,61 nmol MDA/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 26). Za razliku od ispitivanja sprovedenih u godini proizvodnje semena, prilikom ispitivanja semena nakon godinu dana čuvanja, kod svih genotipova uočeno je postepeno povećanje intenziteta LP sa povećanjem sonog stresa. Najviše vrednosti ovog parametra pri svim koncentracijama NaCl uočene su kod genotipa Zlatna, ali najveći porast u odnosu na kontrolu uočen je kod genotipa Jasna (64,97%). Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (28,3%) i genotipa (21,8%), kao i interakcije  $K \times G$  (49,9%) na intenzitet LP (Tabela 3b – Prilog 1).



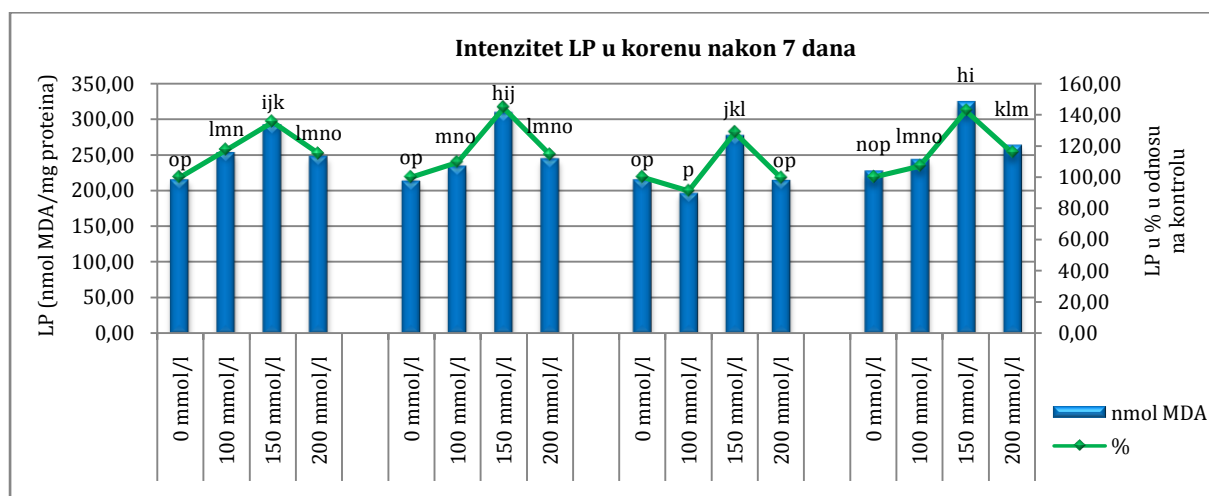
Grafikon 26. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu intenzitet LP u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** Intenzitet LP u nadzemnom delu u kontrolama je iznosio: 332,12 nmol MDA/mg proteina (Banaćanka), 341,01 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 375,11 nmol MDA/mg proteina (Kata) i 384,01 nmol MDA/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra pri različitim koncentracijama NaCl se menjao u opsegu: 468,52 – 547,10 nmol MDA/mg proteina (Banaćanka), 444,80 – 508,55 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 427,01 – 541,17 nmol MDA/mg proteina (Kata), 483,35 – 550,07 nmol MDA/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 27). Kod genotipova Kata i Zlatna u nadzemnom delu intenzitet LP rastao je sa porastom koncentracije NaCl. Kod genotipova Banaćanka i Jasna, uočeno je smanjenje intenziteta LP kod koncentracija 150 mmol/l, ali to smanjenje se nije statistički značajno razlikovalo u odnosu na vrednosti pri 100 mmol/l. Intenzitet LP u korenu u kontrolama je iznosio: 215,38 nmol MDA/mg proteina (Banaćanka), 213,68 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 215,38 nmol MDA/mg proteina (Kata) i 227,35 nmol MDA/mg proteina (Zlatna). Vrednosti ovog parametra pri različitim koncentracijama NaCl su se menjale u opsegu: 247,86 – 291,45 nmol MDA/mg proteina (Banaćanka), 234,19 – 308,55 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 196,58 – 276,92 nmol MDA/mg proteina (Kata), 243,35 – 323,93 nmol MDA/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 28). Kod genotipova Banaćanka, Jasna i Zlatna intenzitet LP rastao je do koncentracije od 150 mmol/l, dok je pri najvišoj koncentraciji došlo do smanjenja. Kod genotipa Kata najniža vrednost intenziteta LP bila je pri najmanjoj koncentraciji soli, ali je takođe najviša vrednost bila pri koncentraciji od 150 mmol/l. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (12,1%), genotipa (1,0%) i dela ponika (79,1%) na intenzitet LP. Sve interakcije prvog reda su takođe bile visoko značajne, dok interakcija trećeg reda nije bila

značajna. Od interakcija prvog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije K × NDK (6,3%) (Tabela 3b – Prilog 1)



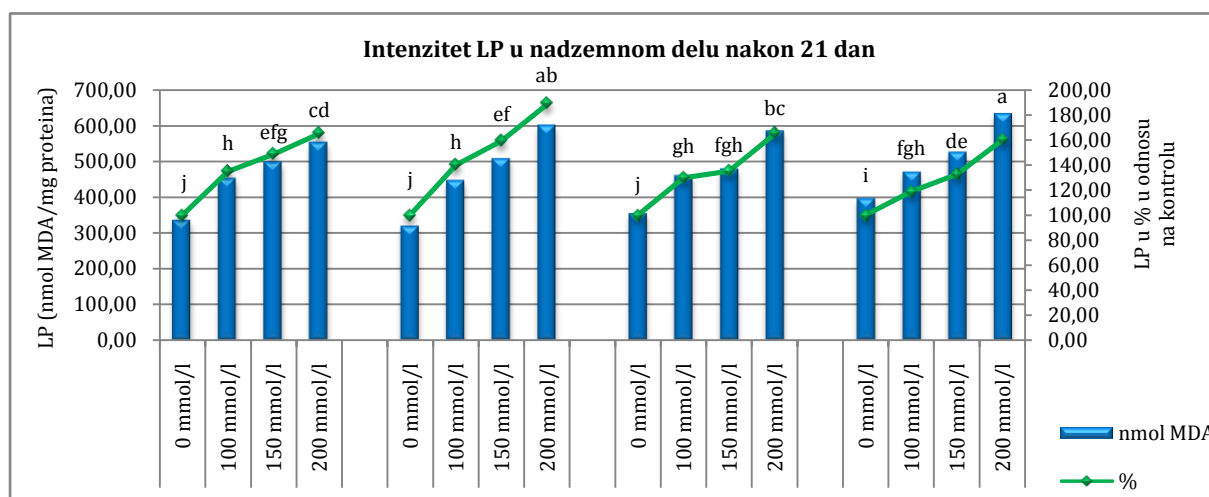
Grafikon 27. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu intenzitet LP u nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima



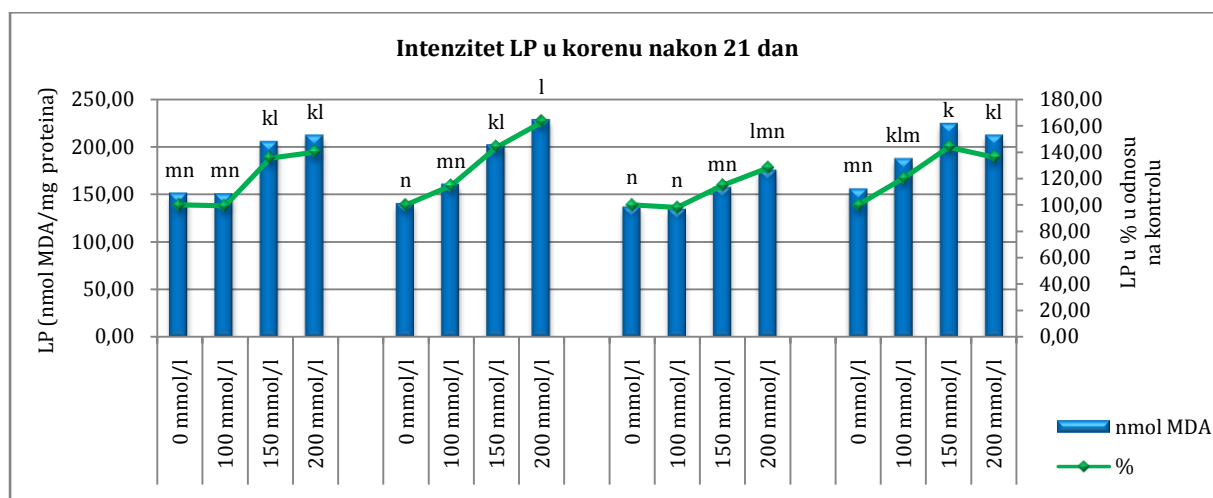
Grafikon 28. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu intenzitet LP u korenu delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** Intenzitet LP u nadzemnom delu u kontrolama je iznosio: 335,08 nmol MDA/mg proteina (Banačanka), 318,77 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 354,36 nmol MDA/mg proteina (Kata) i 395,87 nmol MDA/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu : 452,21 – 553,03 nmol MDA/mg proteina (Banačanka), 446,28 – 600,48 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 459,63– 584,17 nmol MDA/mg proteina (Kata), 470,01 -633,10 nmol MDA/mg proteina (Zlatna)

(Grafikon 29). U nadzemnom delu ponika kod svih ispitivanih genotipova došlo je do postepenog porasta intenziteta LP sa povećanjem koncentracije NaCl. Najviše vrednosti pri svim koncentracijama uočene su kod genotipa Zlatna, ali je genotip Jasna imao procentualno najveći porast pri koncentraciji od 200 mmol/l u odnosu na kontrolu (88,37%). Intenzitet LP u korenu u kontrolama je iznosio: 151,28 nmol MDA/mg proteina (Banačanka), 140,17 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 136,75 nmol MDA/mg proteina (Kata) i 155,56 nmol MDA/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra pri različitim koncentracijama NaCl se menjao u opsegu: 150,43 – 211,97 nmol MDA/mg proteina (Banačanka), 160,68 – 228,20 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 134,19 – 175,21 nmol MDA/mg proteina (Kata), 187,18 – 223,93 nmol MDA/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 30). U korenu ponika kod genotipova Banačanka i Kata došlo je do smanjenja intenziteta LP pri najnižem nivou stresa ali to smanjenje nije bilo statistički značajno. Kod genotipa Jasna uočeno je povećanje intenziteta LP sa povećanjem koncentracije, dok je kod genotipa Zlatna nakon povećanja intenziteta LP do 150 mmol/l, kod najviše koncentracije došlo do smanjenja. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (11,5%), genotipa (0,8%) i dela ponika (83,1%). Od interakcija drugog reda bile su značajne  $K \times \text{NDK}$  (3,8%) i  $G \times \text{NDK}$  (0,3%), dok interakcija  $K \times G$  nije bila značajna kao ni interakcija trećeg reda (Tabela 3b – Prilog 1).



Grafikon 29. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu intenzitet LP u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima



Grafikon 30. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu intenzitet LP u korenu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

Jedan od najčešće korišćenih pokazatelja posledica uticaja oksidativnog stresa je promena intenziteta lipidne peroksidacije. Da bi utvrdili da li različite koncentracije NaCl uzrokuju oksidantna oštećenja u semenu i poncima uljane repice, meren je intenzitet LP izražen preko malondialdehida (MDA) kao najznačajnijeg proizvoda lipidne peroksidacije. Količina MDA, krajnjeg proizvoda oksidacije polinezasićenih masnih kiselina, danas se koristi za merenje stepena peroksidacije membranskih lipida kao indikatora oksidativnog stresa (Lin i Kao, 2000) i smatra se najpouzdanijim pokazateljem intenziteta LP. Ovaj parametar može da se koristi kao pokazatelj tolerantnosti biljaka, ali istovremeno i kao pokazatelj osetljivost biljaka na soni stres (Jain i sar., 2001). Smatra se direktnim znakom peroksidacije lipida ili oštećenja plazmalema i membrana organela, koja se povećavaju u stresnim uslovima (Esfandiari i sar., 2007).

Rezultati istraživanja su pokazali da je intenzitet LP zavisio od nivoa sonog stresa, kako u semenu, tako i u nadzemnom delu i korenu ponika, u obe godine ispitivanja. Slične rezultate dobili su Weisany i sar. (2012) ispitujući uticaj zaslanjenosti na mlade biljke soje stare 6 nedelja. Takođe, intenzitet LP u semenu i poniku ispitivanom nakon godinu dana čuvanja u nekontrolisanim uslovima bio je veći u odnosu na ispitivanja sprovedena u godini proizvodnje semena.

Peroksidacija lipida ćelijskih membrana kao i membrana organela smatra se najštetnijim procesom u živim organizmima i odvija se kroz tri faze: inicijacija, propagacija i terminacija. LP ostavlja velike posledice na normalno funkcionisanje živih ćelija, kao što su smanjenje propustljivosti membrana, oštećenje membranskih proteina, povećano propuštanje molekula čiji prenos u normalnim uslovima ide specifičnim kanalima, inaktivacija receptora, enzima i

jonskih kanala (Gill i Tuteja, 2010). Oštećenja ćelijskih membrana u stresnim uslovima izazvanim povećanim koncentracijama soli, povezana su sa povećanom proizvodnjom visoko toksičnih reaktivnih vrsta kiseonika (Hernandez i sar., 2000). Niže vrednosti intenziteta LP u genotipovima i vrstama koje su tolerantne na soni stres, ukazuje da su biljke bolje zaštićene od oksidativnog stresa u zaslanjenim uslovima (Tayefi-Nasrabadi i sar., 2011). U obe godine ispitivanja, u semenu i nadzemnim delovima ponika nakon 7 dana, istakao se genotip Banaćanka sa najnižim intenzitetom LP.

S obzirom da su prekursori za stvaranje proizvoda lipidne peroksidacije polinezasićene masne kiseline, glavne komponente membranskih lipida, sa jedne strane (Upchurch, 2008), i visok sadržaj ovih kiselina u semenu uljane repice sa druge strane, očekivani su dobijeni rezultati po kojima je intenzitet LP veći u semenu u odnosu na ponik star 7 i 21 dan. Dokazi ukazuju da su, u uslovima sonog stresa, membrane primarna mesta oštećenja ćelija i organela (Candan i Tarhan, 2003). Oštećenja intracelularnih membrana mogu da utiču na respiratorne aktivnost u mitohondrijama, zbog čega se smanjuje aktivnost pigmenata što može dovesti do smanjenja fiksacije ugljenika u hloroplastima (Scandalios, 1993).

U semenu koje sadrži veću količinu ulja, kao što je seme uljane repice i *Arabidopsis*,  $\gamma$ -tokoferol štiti polinezasićene masne kiseline od oksidacije, čime se povećava dugovečnost semena (Sattler i sar., 2004). Ovo pokazuje da je  $\gamma$ -tokoferol može smanjiti intenzitet lipidne peroksidacije i učestvovati u tolerantnost semena na isušivanje, što se smatra nuspojavom sonog stresa. Munne-Bosch (2005) u svojim istraživanjima navodi da se količina tokoferola u biljnim tkivima povećava u uslovima različitih abiotičkih stresova, što ukazuje na zaštitnu ulogu tokoferola.

Brojna konduktometrijska merenja količine elektrolita u ćelijama (*Electrolyte Leakage*, EL), kao i povećan intenzitet LP pokazuju oštećenja membrana u stresnim uslovima suše (Turkan i sar. 2005, Nayyar i Gupta, 2006). Filek i sar. (2012) su upravo ova dva parametra odabrali kao dobar kriterijum za rangiranje genotipova pšenice tolerantnih na stres izazvan sušom i salinitetom.

Manji intenzitet LP kod svih genotipova u prvoj godini ispitivanja, u odnosu na merenja izvedena nakon godinu dana skladištenja u nekontrolisanim uslovima, ukazuju da su seme i ponik bolje zaštićeni od oksidativnog stresa izazvanog zaslanjenim uslovima u godini proizvodnje semena. Isti zaključak može da se izvede kada se analizira intenzitet LP u semenu u odnosu na ponik.

### **5.1.3.2.1 Odnos lipidne preoksidacije i superoksid - dismutaze**

Dobijeni rezultati su ukazali da u pojedinim tretmanima postoji negativan korelacioni odnos između aktivnosti SOD i sadržaja MDA tj. intenziteta LP (Tabela 2). Uočeno je da sa povećanjem aktivnosti SOD dolazi do smanjenja intenziteta LP i samim tim do smanjenja stepena oštećenja ćelijskih membrana, što je dovelo do povećanja tolerantnosti na oksidativni stres. Ovakvi korelacioni odnosi su uočeni u semenu u obe godine ispitivanja ( $r=-0,388^*$ ,  $r=-0,441^*$ ,  $p<0,05$ ), nadzemnom delu nakon 21 dan takođe u obe godine ( $r=-0,043$ ,  $r=-0,0451^*$ ,  $p<0,05$ ) i korenu nakon 21 dan u drugoj godini ( $r=-0,576^*$ ,  $p<0,05$ ). Sa druge strane, u nadzemnom delu nakon 7 dana u drugoj godini ispitivanja i u korenu nakon 21 dan u prvoj godini ispitivanja, aktivnost SOD se povećavala sa povećavanjem koncentracije NaCl iako se intenzitet LP povećava ( $r=0,399^*$ ,  $r=0,649^*$ ,  $p<0,05$ ). Esfandiari i sar. (2007) i Candan i Tarhan (2003) su dobili slične rezultate i ukazali da su povećanje aktivnosti SOD i smanjenje oksidativnog oštećenja u bliskoj vezi.

### **5.1.3.2.2 Odnos lipidne preoksidacije i gvajakol-peroksidaze**

Dobijeni rezultati su ukazali da u pojedinim tretmanima postoji negativan korelacioni odnos između intenziteta LP i aktivnosti GPx (Tabela 3). Ovakvi odnosi uočeni su kod semena u obe godine ispitivanja ( $r=-0,534^*$ ,  $r=-0,873^*$ ,  $p<0,05$ ), u nadzemnom delu nakon 7 i 21 dan ( $r=-0,554^*$ ,  $-0,348^*$ ,  $p<0,05$ ) i u korenu nakon 21 dan ( $r=-0,297^*$ ,  $p<0,05$ ). Niže vrednosti intenziteta LP u semenu i poniku nakon 7 i 21 dan u uslovima zaslanjenosti i istovremeno porast aktivnosti GPx može ukazivati na uključivanje peroksidaza u antioksidativnu odbranu (Tayefi-Nasrabadi i sar., 2011).

Značajno niže vrednosti aktivnosti GPx dobijene u ispitivanjima nakon godinu dana čuvanja semena, u semenu i poncima kod svih genotipova, prvenstveno u uslovima sonog stresa, mogu biti posledica niskog stepena neutralisanja ROS i nastajanja oštećenja u genotipovima. Slične rezultate dobili su i Abedi i Pakniyat (2010), ispitujući uticaj suše na uljanu repicu. Takođe, veća aktivnost GPx kod genotipa Jasna u semenu i poniku, pokazuje da se promene u ćelijskom zidu dešavaju kako bi se smanjio priliv jona u zaslanjenim uslovima (Witzel i sar., 2009), što dovodi do smanjenja intenziteta lipidne peroksidacije.



Tabela 2. Korelacija između ispitivanih parametara: intenzitet LP i aktivnost SOD u uslovima sonog stresa

		Nakon 24 časa			Nakon 7 dana						Nakon 21 dan					
		Seme			Nadzemni deo			Koren			Nadzemni deo			Koren		
		K	LP	SOD	K	LP	SOD	K	LP	SOD	K	LP	SOD	K	LP	SOD
Mereno u godini proizvodnje semena	K	1			1			1			1			1		
	LP	0,361*	1		0,921*	1		0,472*	1		0,657*	1		0,527*	1	
	SOD	-0,611*	-0,388*	1	0,210	0,221	1	-0,178	-0,025	1	-0,358*	-0,043	1	0,589*	0,649*	1
Mereno nakon godinu dana čuvanja semena	K	1			1			1			1			1		
	LP	0,895*	1		0,869*	1		0,433*	1		0,930*	1		0,728*	1	
	SOD	-0,581*	-0,441*	1	0,509*	0,399*	1	0,330	0,387*	1	-0,487*	-0,451*	1	0,660*	-0,576*	1

\*\*p<0,05; K - koncentracija NaCl, LP – intenzitet lipidne peroksidacije, SOD – aktivnost superoksid dismutaze

Tabela 3. Korelacija između ispitivanih parametara: intenzitet LP i aktivnost GPx u uslovima sonog stresa

		Nakon 24 časa			Nakon 7 dana						Nakon 21 dan					
		Seme			Nadzemni deo			Koren			Nadzemni deo			Koren		
		K	LP	SOD	K	LP	SOD	K	LP	SOD	K	LP	SOD	K	LP	SOD
Mereno u godini proizvodnje semena	K	1			1			1			1			1		
	LP	0,361*	1		-0,437*	1		0,472*	1		0,657*	1		0,527*	1	
	GPx	-0,829*	-0,534*	1	0,921*	-0,554*	1	-0,255	-0,049	1	-0,083	-0,348*	1	-0,053	-0,297*	1
Mereno nakon godinu dana čuvanja semena	K	1			1			1			1			1		
	LP	0,895*	1		0,869*	1		0,433	1		0,930*	1		0,728*	1	
	GPx	-0,835*	-0,873*	1	0,806*	0,696*	1	0,336	0,466	1	0,335*	0,331*	1	0,860*	0,601*	1

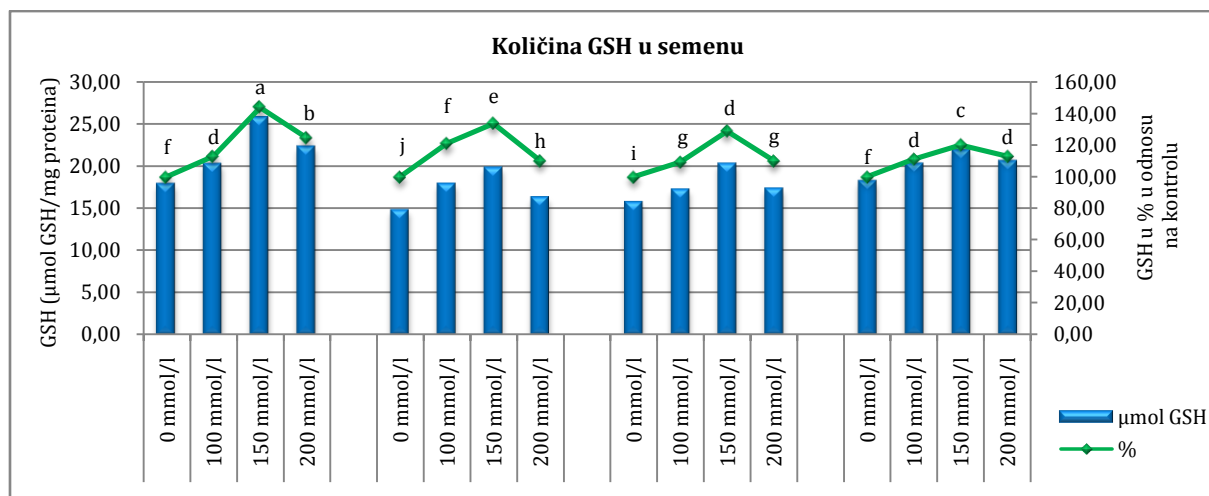
\*p<0,05; K - koncentracija NaCl, LP – intenzitet lipidne peroksidacije, GPx – aktivnost gvajakol-peroksidaza

#### **5.1.4 Uticaj različitih koncentracija NaCl na količinu redukovanog glutationa (GSH) u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice**

Na grafikonima 31-40 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja koncentracija NaCl na količinu redukovanog glutationa u nakvašenom semenu, nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana i 21 dan. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti koncentracije NaCl (K), genotipa (G) i dela ponika (NDK), što je prikazano u tabelama 4a i 4b u Prilogu 1. Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabelama 19-24 u Prilogu 2. Takođe, rangovi dobijeni ovim testom označeni su i na prikazanim grafikonima, kao i procentualne vrednosti izračunate u odnosu na kontrolu koja je predstavljala 100%.

##### ***5.1.4.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na količinu GSH u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena***

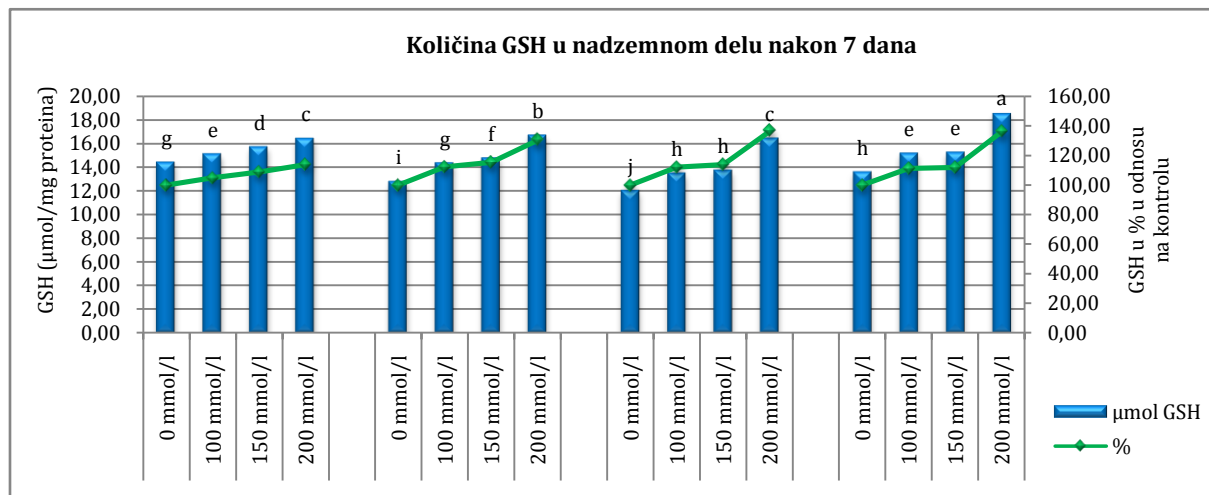
**Seme:** Količina GSH u semenu u kontrolama iznosila je: 17,96  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banaćanka), 14,86  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 15,80  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 18,28  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna). Vrednost ovog parametra u semenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 20,29 – 25,83  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banaćanka), 16,37 – 19,88  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 17,28 -20,36  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 20,33 – 21,95  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna) (Grafikon 31). Količina GSH u semenu kod svih ispitivanih genotipova povećavala se do visoke koncentracije soli od 150 mmol/l, dok je pri najvećem nivou stresa došlo do opadanja. Najviše vrednosti ovog parametra imali su genotipovi Banaćanka i Zlatna. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (83,0%) i genotipa (14,1%), kao i interakcije nivo  $K \times G$  (2,9%) na količinu redukovanog glutationa (Tabela 4a – Prilog 1).



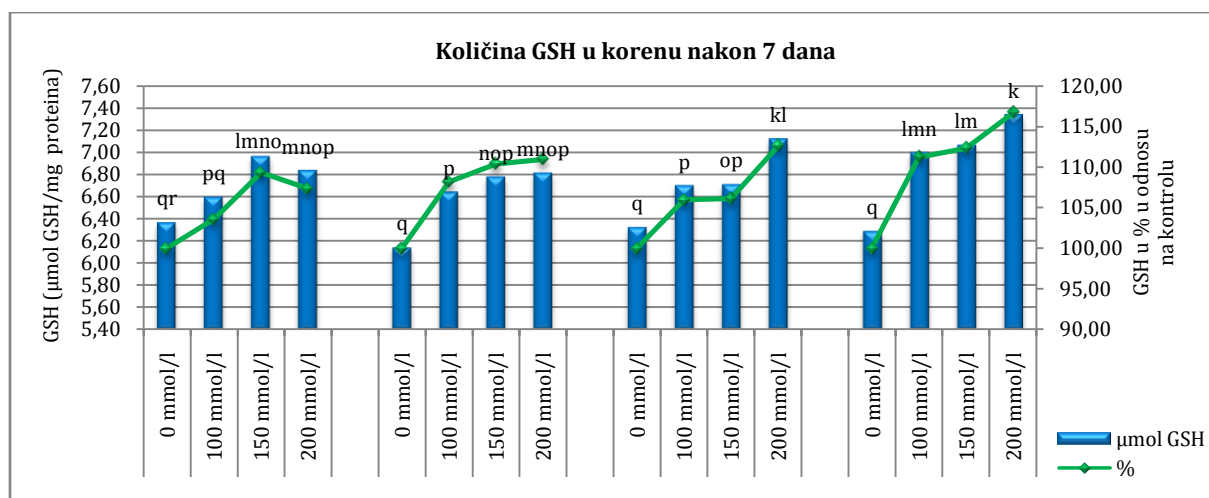
Grafikon 31. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu količine GSH u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** Količina GSH u nadzemnom delu nakon 7 dana u kontrolama iznosila je: 14,45  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banaćanka), 12,83  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 12,08  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 13,65  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 15,16– 16,46  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banaćanka), 14,41 – 16,73  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 13,54 – 16,48  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 15,20 – 18,56  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna) (Grafikon 32). U nadzemnom delu ponika kod svih genotipova, količina GSH povećavala se sa porastom koncentracije NaCl. Kod genotipova Jasna, Kata i Zlatna između koncentracija od 100 i 150 mmol/l nije bilo statistički značajne razlike. Najniže vrednosti pri svim koncentracijama imao je genotip Kata. Količina GSH u korenu nakon 7 dana u kontrolama iznosila je: 6,37  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banaćanka), 6,14  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 6,32  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 6,29  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna). Vrednost ovog parametra u korenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 6,60 – 6,96  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banaćanka), 6,64 – 6,81  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 6,70 – 6,71  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 7,00 – 7,34  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna) (Grafikon 33). U korenu ponika kod svih genotipova osim kod genotipa Banaćanka, ustanovljena je ista pravilnost kao i kod nadzemnog dela. Kod genotipa Banaćanka, najveća količina GSH zabeležena je pri koncentraciji od 150 mmol/l. Vrednosti ovog parametra u korenu nisu se statistički značajno razlikovale kod svih nivoa stresa. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (3,6%), dela ponika (92,8%) i genotipa (0,8%). Sve interakcije prvog i drugog reda su bile značajne i

interakcijom  $K \times G \times \text{NDK}$  je objašnjeno 0,2% ukupne varijacija na količinu redukovanog glutationa (Tabela 4a – Prilog 1).



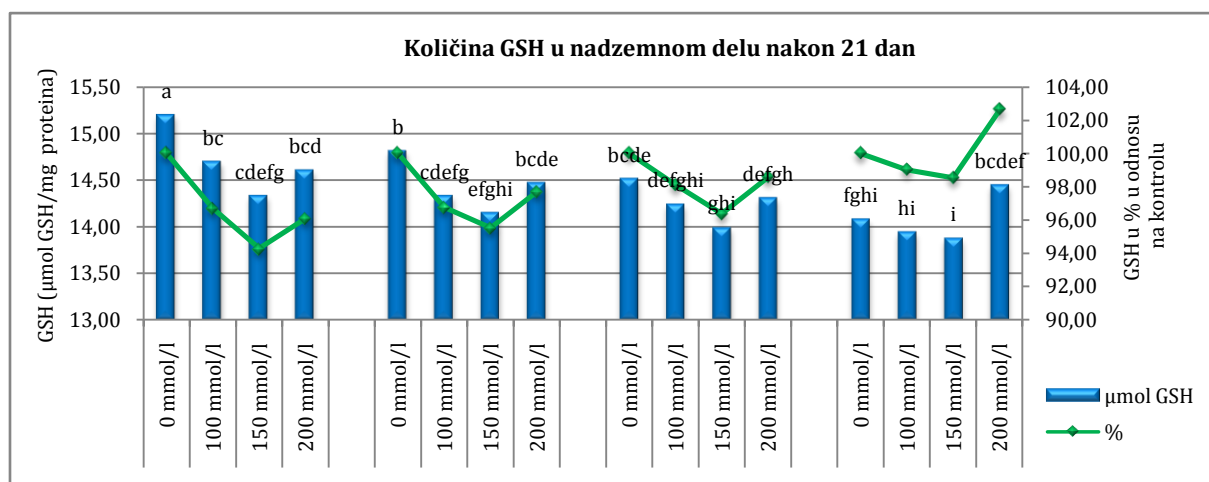
Grafikon 32. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu količine GSH u nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena



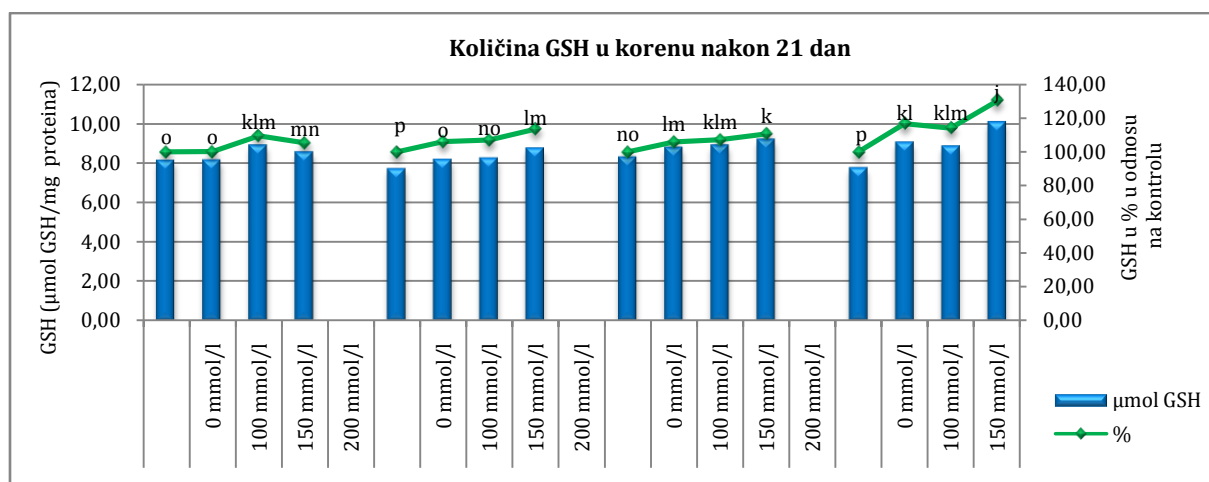
Grafikon 33. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu količine GSH u korenu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** Količina GSH u nadzemnom delu nakon 21 dan u kontrolama iznosila je: 15,20  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banačanka), 14,82  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 14,52  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 14,09  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 4,34 – 14,70  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banačanka), 14,16 – 14,47  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 14,00 – 14,32  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 13,88 – 14,45  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna)

(Grafikon 34). Za razliku od nadzemnog dela nakon 7 dana, u nadzemnom delu nakon 21 dan, količina GSH se postepeno smanjivala do koncentracije od 150 mmol/l, a zatim se povećala pri najvišoj koncentraciji. Kod genotipova Banaćanka, Jasna i Kata najviše vrednosti ovog parametra bile su u kontroli, a kod genotipa Zlatna pri najvišoj koncentraciji NaCl od 200mmol/l. Količina GSH u korenu nakon 21 dan u kontrolama iznosila je: 8,11  $\mu\text{mol}$  GSH/mg proteina (Banaćanka), 7,69  $\mu\text{mol}$  GSH/mg proteina (Jasna), 8,28  $\mu\text{mol}$  GSH/mg proteina (Kata), 7,74  $\mu\text{mol}$  GSH/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra u korenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 8,12 - 8,89  $\mu\text{mol}$  GSH/mg proteina (Banaćanka), 8,16 - 8,73  $\mu\text{mol}$  GSH/mg proteina (Jasna), 8,77 - 9,17  $\mu\text{mol}$  GSH/mg proteina (Kata), 8,83 - 10,06  $\mu\text{mol}$  GSH/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 35). U korenu genotipova Jasna i Kata količina GSH se postepeno povećavala sa porastom nivoa sonog stresa, dok je kod genotipa Banaćanka najviša vrednost bila pri koncentraciji od 150 mmol/l. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta dela ponika (97,4%), koncentracije NaCl (0,4%) i genotipa (0,1%). Sve interakcije prvog i drugog reda su bile značajne i interakcijom  $K \times G \times \text{NDK}$  je objašnjeno 0,1% ukupne varijacija na količinu redukovano glutationa (Tabela 4a – Prilog 1).



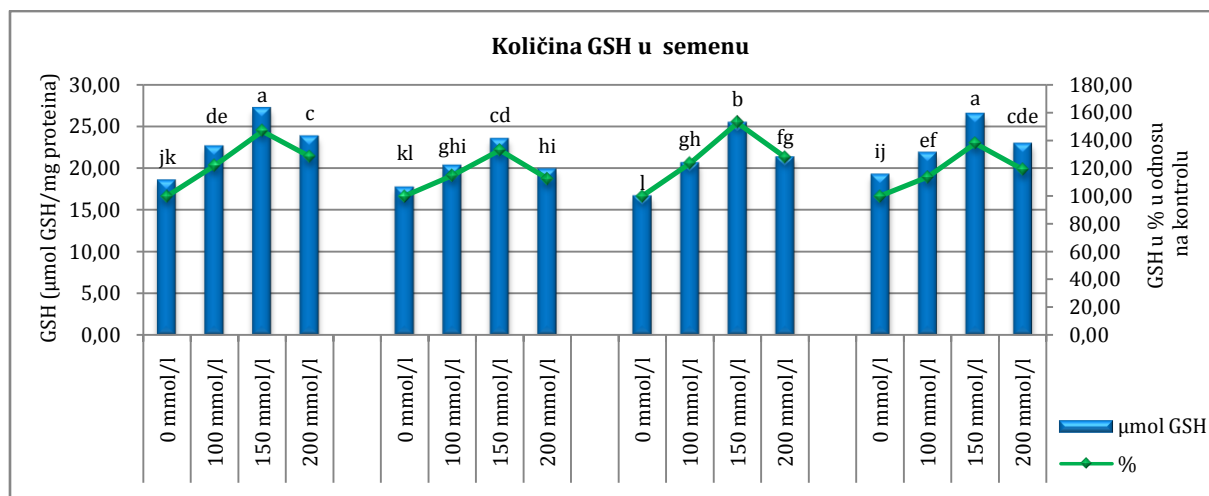
Grafikon 34. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu količine GSH u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena



Grafikon 35. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu količine GSH u korenu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

#### 5.1.4.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na količinu GSH u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

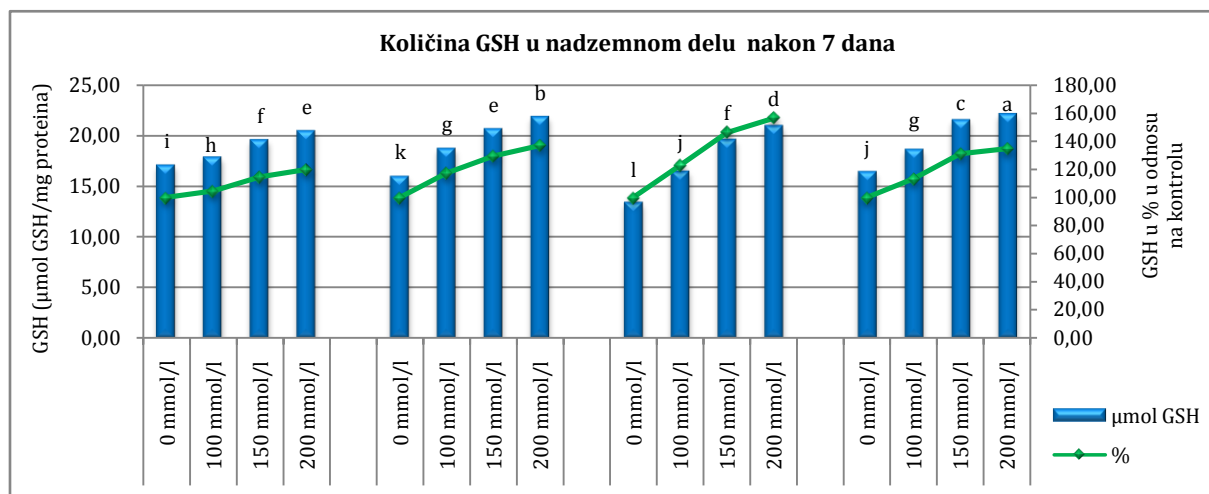
**Seme:** Količina GSH u korenu u kontrolama iznosila je: 18,56 μmol GSH/mg proteina (Banačanka), 17,69 μmol GSH/mg proteina (Jasna), 16,69 μmol GSH/mg proteina (Kata), 19,24 μmol GSH/mg proteina (Zlatna). Vrednost ovog parametra u semenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 22,61 – 27,19 μmol GSH/mg proteina (Banačanka), 19,88 – 23,50 μmol GSH/mg proteina (Jasna), 20,61 – 25,44 μmol GSH/mg proteina (Kata), 21,86 – 26,49 μmol GSH/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 36). Trend promene količine GSH u semenu ispitivanom nakon godinu dana čuvanja, bio je isti kao i u prvoj godini ispitivanja: količina redukovang glutationa u semenu svih genotipova povećavala se do koncentracije NaCl od 150 mmol/l, dok je pri najvećem nivou stresa došlo do opadanja u odnosu na tu koncentraciju. Vrednosti u ovoj godini ispitivanja bile su više u odnosu na prvu godinu kod svih ispitanih genotipova. Analizom varijanse utvrđen je značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (83,0%) i genotipa (14,1%) kao i interakcije između ispitivanih faktora (2,9%) na količinu redukovang glutationa (Tabela 4b – Prilog 1).



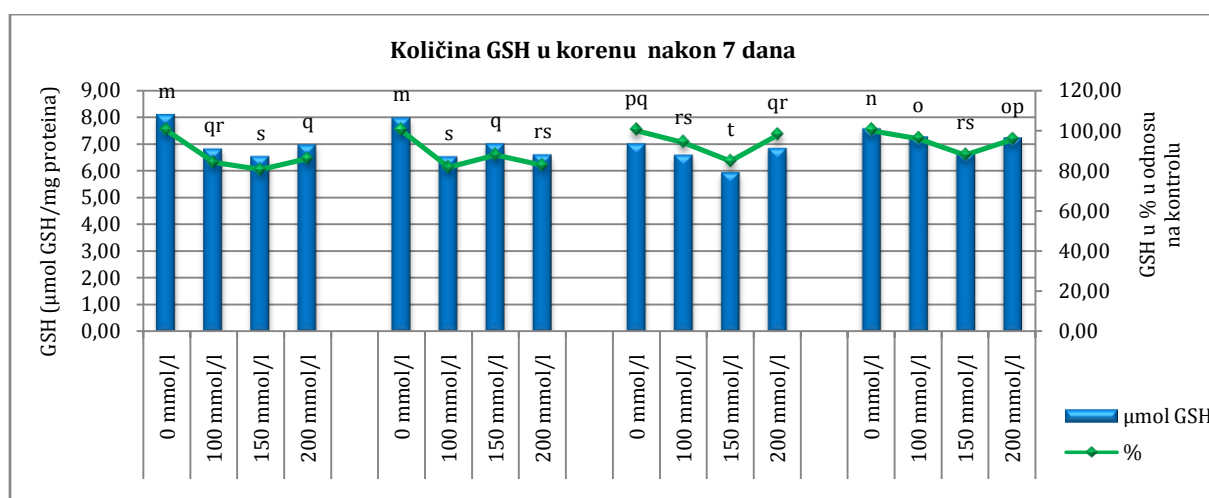
Grafikon 36. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu količine GSH u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** Količina GSH u nadzemnom delu nakon 7 dana u kontrolama iznosila je: 17,10  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banačanka), 15,98  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 13,43  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 16,46  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 17,89– 20,49  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banačanka), 18,76 -21,88  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 16,50 – 20,99  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 18,65 – 22,16  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna) (Grafikon 37). U nadzemnom delu kod svih genotipova sa povećanjem koncentracije NaCl povećavala se i količina redukovanog GSH. Najveće povećanje u odnosu na kontrolu bilo je pri 200 mmol/l NaCl kod genotipa Kata (56,37%), a najmanje kod genotipa Banačanka (19,87%). Količina GSH u korenu nakon 21 dan u kontrolama iznosila je: 8,10  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banačanka), 7,98  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 7,01  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 7,58  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna). Vrednost ovog parametra u korenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 6,54 – 6,97  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banačanka), 6,53 – 7,01  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 5,95 – 6,80  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 6,67 – 7,27  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna) (Grafikon 38). U korenu kod genotipova Banačanka, Kata i Zlatna količina GSH bila je najniža pri koncentraciji od 150 mmol/l, dok je kod genotipa Jasna takođe došlo do smanjena u stresnim tretmanima u odnosu na kontrolu, ali najniže vrednosti su bile pri najmanjoj i najvećoj koncentraciji pri čemu se te vrednosti nisu statistički značajno razlikovale. Analizom varijanse utvrđen je značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (2,3%), genotipa (0,6%) i dela ponika (92,1%). Sve interakcije drugog i trećeg reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije  $K \times \text{NDK}$

(4,2%), dok je  $K \times G \times NDK$  interakcijom objašnjeno 0,2% ukupne varijacije količine GSH (Tabela 4b – Prilog 1).



Grafikon 37. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu količine GSH u nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

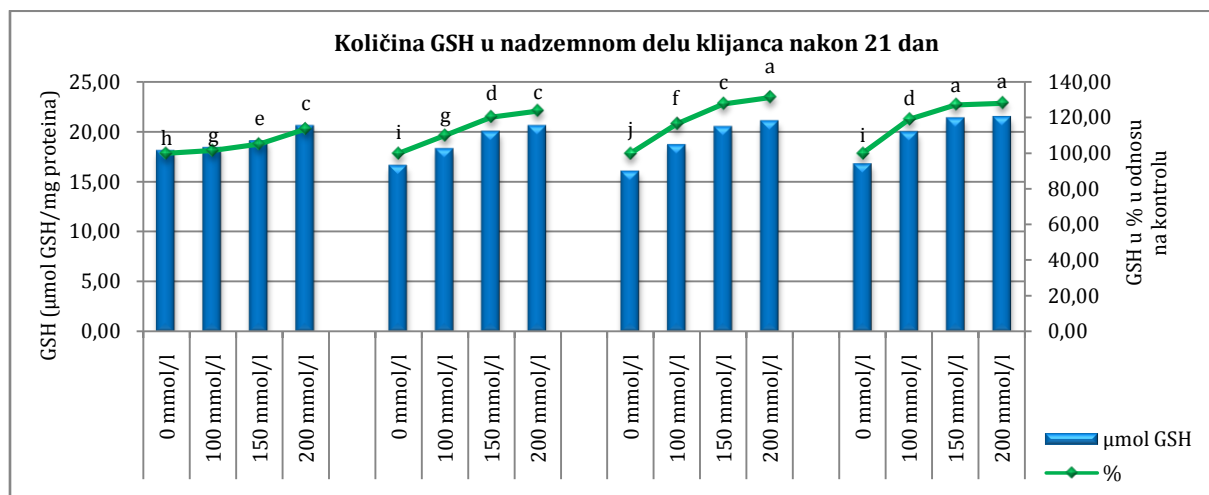


Grafikon 38. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu količine GSH u korenu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

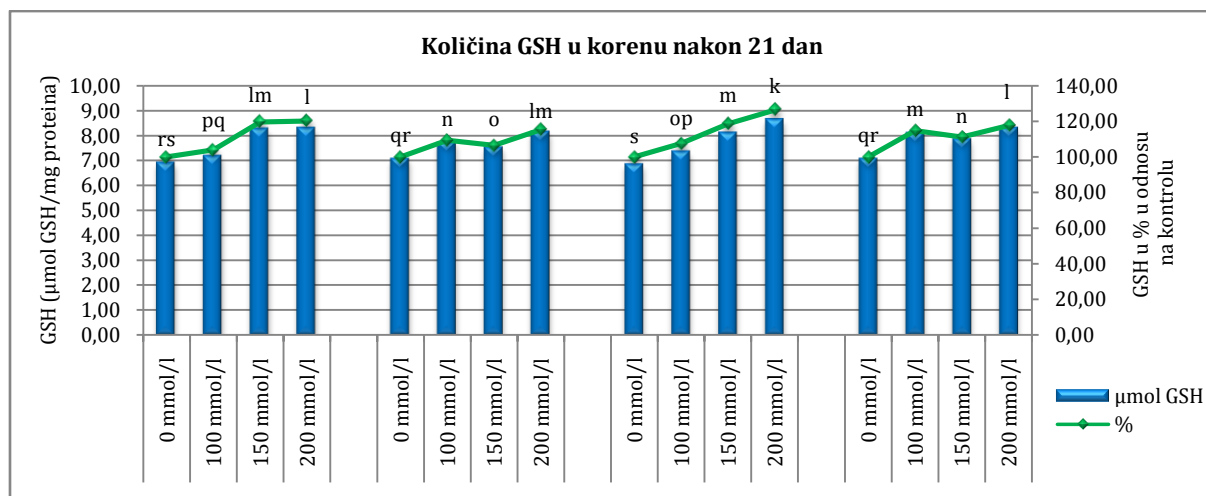
**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** Količina GSH u korenu nakon 21 dan u kontrolama iznosila je: 18,08  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banačanka), 16,59  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 16,02  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 16,75  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 18,37 – 20,56  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banačanka), 18,26 – 20,54  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 18,67 – 21,04  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 19,95 – 21,45  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna) (Grafikon 39). U nadzemnom delu kod svih genotipova, količina GSH postepeno se povećavala sa porastom



nivoa sonog stresa. Najveće povećanje pri koncentraciji od 200 mmol/l u odnosu na kontrolu izmereno je kod genotipa Kata (31,29%), a najmanje kod genotipa Banaćanka (13,75%). Količina GSH u korenu nakon 21 dan u kontrolama iznosila je: 6,92  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banaćanka), 7,06  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 6,85  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 7,06  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna). Vrednost ovog parametra u korenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 7,19 - 8,31  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banaćanka), 7,52 - 8,15  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 7,36 - 8,65  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 7,85 - 8,31  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna) (Grafikon 40). U korenu genotipova Banaćanka i Kata uočeno je postepeno povećanje količine GSH sa povećanjem koncentracije NaCl. Kod preostala dva genotipa je takođe došlo do povećanja sa porastom nivoa stresa, ali vrednosti pri visokoj koncentraciji od 150 mmol/l bile su niže u odnosu na vrednosti pri najnižoj koncentraciji od 100 mmol/l. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta nivoa stresa (3,0%), genotipa (0,2%) i dela ponika (95,4%). Sve interakcije prvog i drugog reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije NS  $\times$  NDK (0,8%), dok je NS  $\times$  G  $\times$  NDK interakcijom objašnjeno 0,3% ukupne varijacije intenziteta lipidne peroksidacije (Tabela 4b - Prilog 1).



Grafikon 39. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu količine GSH u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima



Grafikon 40. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu količine GSH u korenu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

Redukovani glutation spada u grupu neenzimski antioksidanata. On je donor elektrona enzimu glutation-peroksidazi u GSH-askorbat ciklusu. Učestvuje u dve vrste reakcija: GSH reaguje sa toksičnim jonima teških metala i skladišti ih u vakuolama, dok druga vrsta reakcija podrazumeva aktivnost GSH u uklanjanju reaktivnih kiseoničnih vrsta pri čemu se prevodi u oksidovanu formu, glutation-disulfid (GSSG) (Popović, 2006, Zagorchev i sar., 2013). Važan je za mnoge metaboličke procese u biljkama, kao i za odbranu i prilagođavanje biljaka tokom abiotičkih i biotičkih stresnih uslova (Foyer i Noctor, 2009).

Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da soni stres dovodi do povećanja količine GSH u poniku uljane repice u zavisnosti od genotipa i te se može pretpostaviti da ovaj parametar doprinosi tolerantnosti na oksidativni stres izazvan većim koncentracijama NaCl. Niski i umereni nivo sonog stresa nije značajno uticao na povećanje ovog parametra. Takođe, rezultati pokazuju da su količine GSH nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima bile više u odnosu na prvu godinu ispitivanja, što pokazuje da su seme i ponik bili podložniji negativnom uticaju soli nakon čuvanja, što se odrazilo na povećanu produkciju ROS. Na osnovu ovoga može se zaključiti da neenzimski antioksidanti, kao što je GSH, preuzimaju glavnu ulogu u odbrambenom sistemu što je posledica njegove veće stabilnosti u odnosu na enzimske antioksidativne sisteme.

Nedavno publikovana istraživanja potvrđuju da se koncentracija GSH povećava u biljkama izloženim sonom stresu (Nazar i sar., 2011, Zagorchev i sar., 2012), suši (Pyngrope i

sar., 2012) i teškim metalima kao što su kadmijum (Gill i sar., 2012) i olovo (Estrella-Gomez i sar., 2012).

Glutation učestvuje u detoksikaciji od ROS, redoks signalizaciji, modulaciji ekspresije gena i u regulaciji enzimske aktivnosti (Foyer i Noctor, 2009). Značaj glutaciona za rast i razvoj biljaka ogleda se i kroz činjenicu da je smanjena sinteza glutaciona u direktnoj korelaciji sa poremećajima rasta (Vernoux i sar., 2000), kao i to da potpuno odsustvo sinteze glutaciona izaziva uvenuće biljaka (Cairns i sar., 2006). Pored toga, redoks stanje glutaciona je takođe važno za rast i razvoj biljaka. Pojava većih količina oksidovane forme GSSG ima za posledicu smanjenje rasta, dormantnost ili ćelijsku smrti (Queval i Noctor, 2007). Činjenica da se u optimalnim uslovima u biljkama glutacion uglavnom javlja u redukovanom obliku (GSH), dok se tokom oksidativnog stresa mogu stvoriti velike količine oksidovanog glutaciona (GSSG) (Noctor i sar., 2011, Queval i sar., 2011), ukazuje da ova komponenta antioksidativnog odbrambenog sistema ima značajnu ulogu u tolerantnosti svih ispitivanih genotipova uljane repice. Takođe, povećanje količine GSH se može dovesti u vezu sa povećanjem aktivnosti enzima glutacion-reduktaze koji omogućava održavanje visokog odnosa GSH/GSSG, tj. recikliranje korisnog redukovanog oblika glutaciona (Reddy i sar., 2004, Popović, 2006).

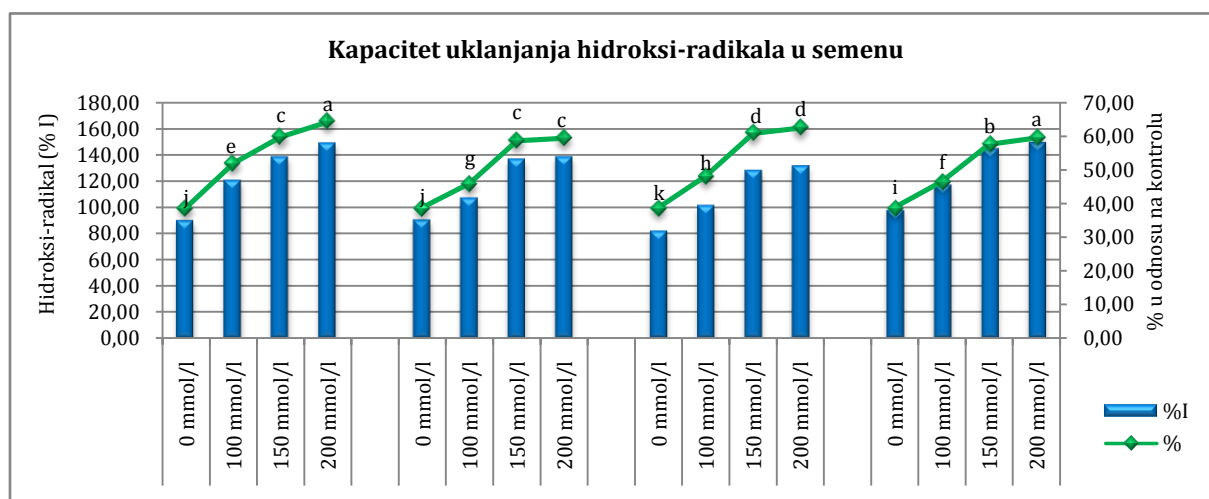
#### **5.1.5 Uticaj različitih koncentracija NaCl na kapacitet skevindžer aktivnosti hidroksi-radikala ( $\bullet$ OH radikala) u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice**

Na grafikonima 41-46 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja različitih koncentracija NaCl na kapacitet skevindžer aktivnosti hidroksi-radikala u nakvašenom semenu, nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana i 21 dan. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti koncentracije NaCl (K), genotipa (G) i dela ponika), što je prikazano u tabelama 5a i 5b u Prilogu 1. Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabelama 25-30 u Prilogu 2. Takođe, rangovi dobijeni ovim testom označeni su i na prikazanim grafikonima, kao i procentualne vrednosti izračunate u odnosu na kontrolu koja je predstavljala 100%.

##### ***5.1.5.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na kapacitet skevindžer aktivnosti $\bullet$ OH radikala u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena***

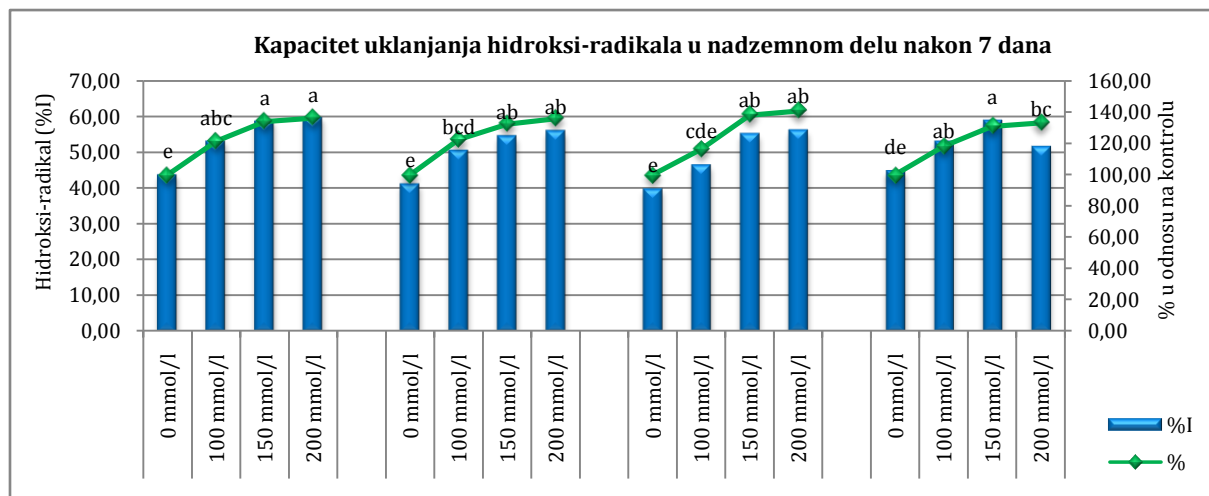
**Seme:** Procenat inhibicije (%I)  $\bullet$ OH radikala u semenu u kontrolama je iznosio: 35,00%I (Banačanka), 35,19%I (Jasna), 31,81%I (Kata), 37,90%I (Zlatna). Vrednost ovog parametra pri

različitim koncentracijama NaCl se menjao u opsegu: 46,84 - 57,91%I (Banaćanka), 41,65 - 53,79%I (Jasna), 39,42 - 51,17%I (Kata), 45,41 - 58,05%I (Zlatna) (Grafikon 41). Kod svih ispitivanih genotipova došlo je do povećanja kapaciteta skevindžer aktivnosti •OH radikala između kontrole i najviše koncentracije NaCl, ali kod genotipova Jasna i Kata razlika između koncentracija 150 mmol/l i 200 mmol/l nije bila statistički značajna. Kod genotipa Banaćanka došlo je do najvećeg porasta u odnosu na kontrolu (65,47%), a kod genotipa Jasna do najmanjeg porasta (52,87%). Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (90,8%) i genotipa (8,2%), kao i interakcije  $K \times G$  (1,0%) na kapacitet neutralisanja hidroksi-radikala (Tabela 5a - Prilog 1).



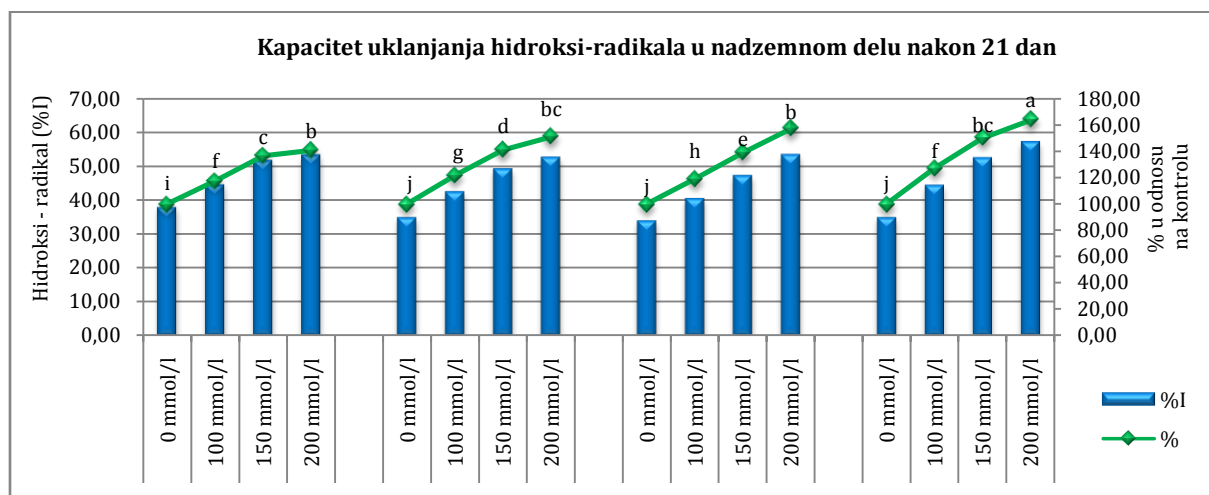
Grafikon 41. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu kapaciteta skevindžer aktivnosti •OH radikala u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** Procenat inhibicije (%I) •OH radikala u nadzemnom delu u kontrolama je iznosio: 43,71%I (Banaćanka), 41,22%I (Jasna), 39,93%I (Kata), 44,91%I (Zlatna). Vrednost ovog parametra pri različitim koncentracijama NaCl u nadzemnom delu kretao se u rasponu: 53,11 - 59,60%I (Banaćanka), 50,53 - 56,02%I (Jasna), 46,52 - 56,25%I (Kata), 53,11 - 59,83%I (Zlatna) (Grafikon 42). Kao u semenu, i u nadzemnom delu kod svih ispitivanih genotipova došlo je do povećanja kapaciteta skevindžer aktivnosti •OH radikala sa povećanjem koncentracije NaCl, ali kod genotipova Banaćanka, Jasna i Kata razlika između koncentracija 150 mmol/l i 200 mmol/l nije bila statistički značajna. Vrednosti kapaciteta neutralisanja hidroksi-radikala u korenu nakon 7 dana su bile ispod granice detekcije. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (85,1%) i genotipa (6,8%), dok interakcija  $K \times G$  nije imala značajan efekat na kapacitet neutralisanja hidroksi-radikala (Tabela 5a - Prilog 1).



Grafikon 42. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu kapaciteta skevindžer aktivnosti •OH radikala u nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

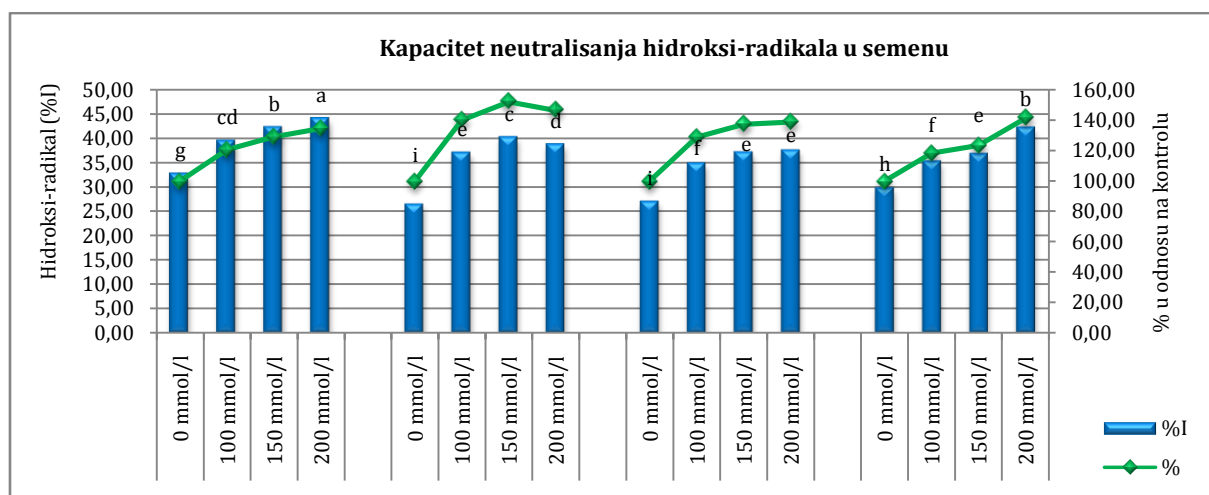
**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** Procenat inhibicije (%I) •OH radikala u nadzemnom delu u kontrolama je iznosio: 37,87%I (Banačanka), 34,88%I (Jasna), 33,99%I (Kata), 34,92%I (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl kretao se u rasponu: 44,51 – 53,32%I (Banačanka), 42,50 – 52,68%I (Jasna), 40,49 – 53,40%I (Kata), 34,92 – 57,20 %I (Zlatna) (Grafikon 43). U nadzemnom delu nakon 21 dan, kod svih ispitivanih genotipova došlo je do postepenog povećanja kapaciteta neutralisanja •OH radikala sa povećanjem koncentracije NaCl. Do najvećeg povećanja došlo je pri najvećoj koncentraciji NaCl i to kod genotipova Kata (57,12%) i Zlatna (63,80%). Vrednosti kapaciteta neutralisanja hidroksi-radikala u korenu nakon 21 dan su bile ispod granice detekcije. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (94,3%), genotipa (3,8%), kao i interakcije K × G (1,9%) (Tabela 5a – Prilog 1).



Grafikon 43. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu kapaciteta skevindžer aktivnosti •OH radikala u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

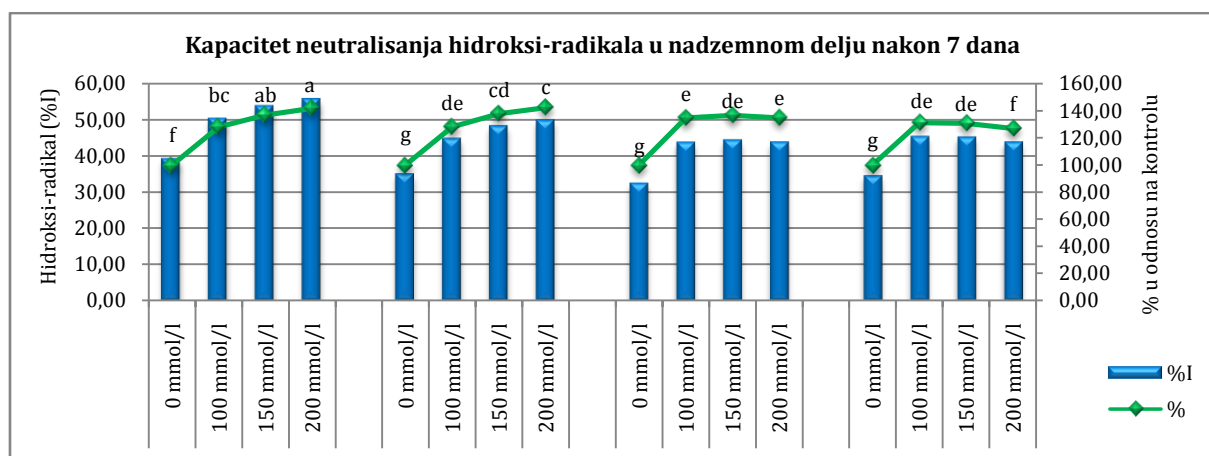
#### 5.1.5.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na kapacitet skevindžer aktivnosti •OH radikala u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Seme:** Procenat inhibicije (%I) •OH radikala u semenu u kontrolama je iznosio: 32,74%I (Banačanka), 26,43%I (Jasna), 27,02%I (Kata), 29,80%I (Zlatna). Vrednost ovog parametra pri različitim koncentracijama NaCl kretao se u rasponu: 39,49 – 44,05 %I (Banačanka), 37,03 – 40,21%I (Jasna), 34,83 – 37,49 %I (Kata), 35,26 – 42,15 %I (Zlatna) (Grafikon 44). Kapacitet neutralisanja •OH radikala u semenu se postepeno povećavao sa rastom koncentracije NaCl kod svih genotipova, osim kod genotipa Jasna kod kojeg je došlo do smanjenja pri koncentraciji od 200 mmol/l u odnosu na 150 mmol/l. Kod genotipa Jasna došlo je do najznačajnijeg povećanja u odnosu na kontrolu (46,49 %). Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (78,6%) i genotipa (16,3%), kao i interakcije  $K \times G$  (5,1%) na kapacitet neutralisanja hidroksi-radikala (Tabela 5b – Prilog 1).



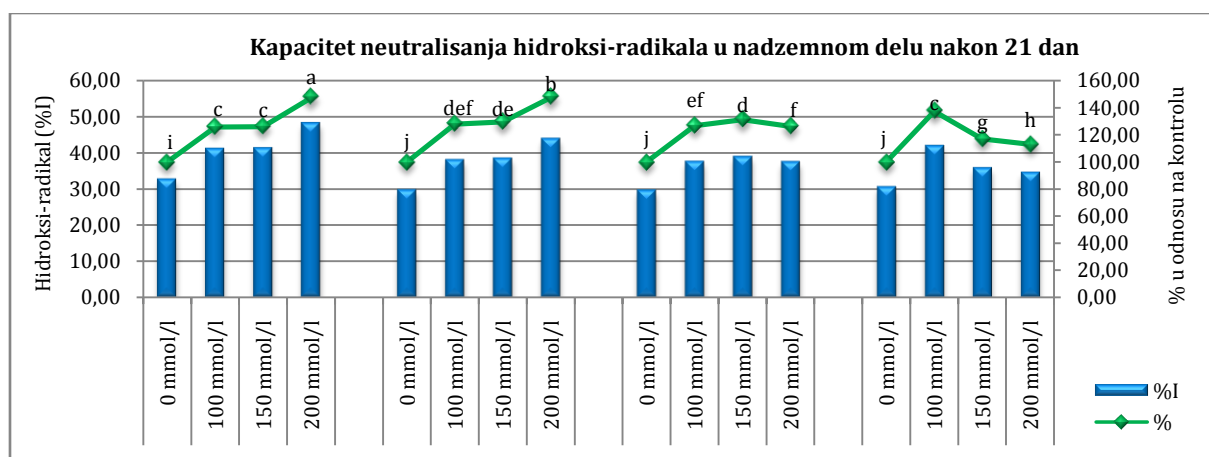
Grafikon 44. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu kapaciteta skevindžer aktivnosti •OH radikala u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** Procenat inhibicije (%I) •OH radikala u nadzemnom delu u kontrolama je iznosio: 39,29%I (Banaćanka), 35,05%I (Jasna), 32,52%I (Kata), 34,57%I (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl kretao se u rasponu: 50,33 - 55,71%I (Banaćanka), 44,86 - 49,84%I (Jasna), 43,76 - 44,38 %I (Kata), 43,86 - 43,33 %I (Zlatna) (Grafikon 45). U nadzemnom delu nakon 7 dana, kod genotipova Banaćanka i Jasna, kapacitet neutralisanja •OH radikala postepeno se povećavao sa povećanjem nivoa stresa. Kod genotipa Kata je takođe došlo do povećanja kapaciteta u zaslanjenim podlogama, ali razlika između koncentracija NaCl nije bila statistički značajna. Kod genotipa Zlatna do najznačajnije promene došlo je pri najnižem nivou stresa (31,13%). Vrednosti kapaciteta neutralisanja hidroksi-radikala u korenu nakon 7 dana su bile ispod granice detekcije. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (61,5%) i genotipa (29,9%), kao i interakcija  $K \times G$  (8,6%) na kapacitet neutralisanja hidroksi-radikala (Tabela 5b – Prilog 1).



Grafikon 45. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu kapaciteta skevindžer aktivnosti •OH radikala u nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** Procenat inhibicije (%I) •OH radikala u nadzemnom delu u kontrolama je iznosio: 32,66%I (Banačanka), 29,66%I (Jasna), 29,61%I (Kata), 30,48%I (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl kretao se u rasponu: 41,06–48,12 %I (Banačanka), 37,97–43,76 %I (Jasna), 37,37–38,83 %I (Kata), 34,46–41,84 %I (Zlatna) (Grafikon 46). Kapacitet neutralisanja •OH radikala se kod genotipova Banačanka, Jasna i Kata postepeno povećavao sa povećanjem nivoa zaslanjenosti, dok je kod genotipa Zlatna do najznačajnije promene došlo pri najnižoj koncentraciji NaCl. Vrednosti kapaciteta u korenu nakon 7 dana su bile ispod granice detekcije. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta nivoa stresa (63,4%), genotipa (16,5%), kao i interakcije K×G (20,1%) (Tabela 5b – Prilog 1).



Grafikon 46. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu kapaciteta skevindžer aktivnosti •OH radikala u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima



Hidroksi-radikal je ROS koja ima najkraće vreme poluraspada ( $\sim 1 \mu\text{s}$ ), ali ima izuzetno jak oksidacioni potencijal pa reaguje sa skoro svim biološkim molekulima (Dat i sar., 2000). Osim toga, ne postoji enzimaska reakcija koja može direktno da eliminiše ovaj visokoreaktivni i izuzetno toksičan radikal (Yokota i sar., 2002) i zbog toga njegova akumulacija neminovno dovodi do reakcije koja oštećuje membrane tilakoida i ometa fotosintetski aparat (Cruz de Carvalho, 2008).

U zaslanjenim uslovima, veliki problem može biti promena lokacije intracelularnog gvožđa što za posledicu ima oslobađanje ovog metala u obliku koji služi kao katalizator za nastajanje hidroksi-radikala iz  $\text{H}_2\text{O}_2$ , jednog od mogućih inicijatora peroksidacije ćelijskih membrana (Halliwell i Gutteridge, 1989).

Hidroksi-radikali reaguju sa svim komponentama molekula DNK, oštećujući purinske i pirimidinske baze, kao i dezoksiribozu (Perron i Brumaghim, 2009). S obzirom na veliku reaktivnost  $\bullet\text{OH}$  radikala u biološkim sistemima, od velike važnosti za odbranu od oksidativnog stresa je sposobnost biljne ćelije da neutrališe ovaj radikal. Dobijeni podaci pokazuju da svi ispitivani genotipovi uljane repice imaju veliku sposobnost za neutralisanje  $\bullet\text{OH}$  radikala i da je ta sposobnost rasla sa povećanjem nivoa stresa. Takođe, uočeno je da je kapacitet neutralisanja  $\bullet\text{OH}$  radikala u semenu i poniku u drugoj godini ispitivanja, pri najnižoj koncentraciji NaCl bio značajno viši u odnosu na kontrolu. Odnos između kontrole i najniže koncentracije NaCl u drugoj godini u poređenju sa odnosom kontrola – najniža koncentracija u prvoj godini. Ovakvi rezultati ukazuju da su seme i ponik ispitani nakon godinu dana čuvanja semena bili podložniji stresu, usled veće produkcije  $\bullet\text{OH}$  radikala.

S druge strane, u nadzemnom delu ponika nakon 21 dan kod genotipa Zlatna, uočeno je smanjenje netralisanja  $\bullet\text{OH}$  u uslovima stresa, što ukazuje na smanjeni antioksidativni kapacitet (Popović, 2006).

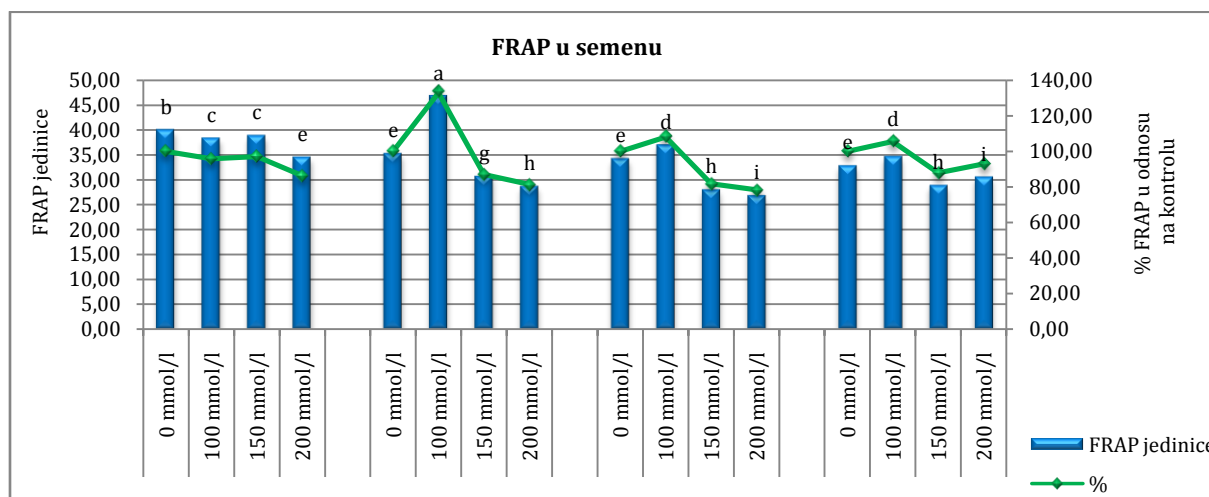
#### **5.1.6 Uticaj različitih koncentracija NaCl na ukupnu antioksidativnu aktivnost (FRAP) u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice**

Na grafikonima 47-52 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja različitih koncentracija NaCl na ukupnu antioksidativnu aktivnost u nakvašenom semenu, nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana i 21 dan. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti koncentracije NaCl (K), genotipa (G) i dela ponika (NDK), što je prikazano u tabelama 6a i 6b u Prilogu 1. Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su

Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabelama 31-36 u Prilogu 2. Takođe, rangovi dobijeni ovim testom označeni su i na prikazanim grafikonima, kao i procentualne vrednosti izračunate u odnosu na kontrolu koja je predstavljala 100%.

### 5.1.6.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na vrednost FRAP-a u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena

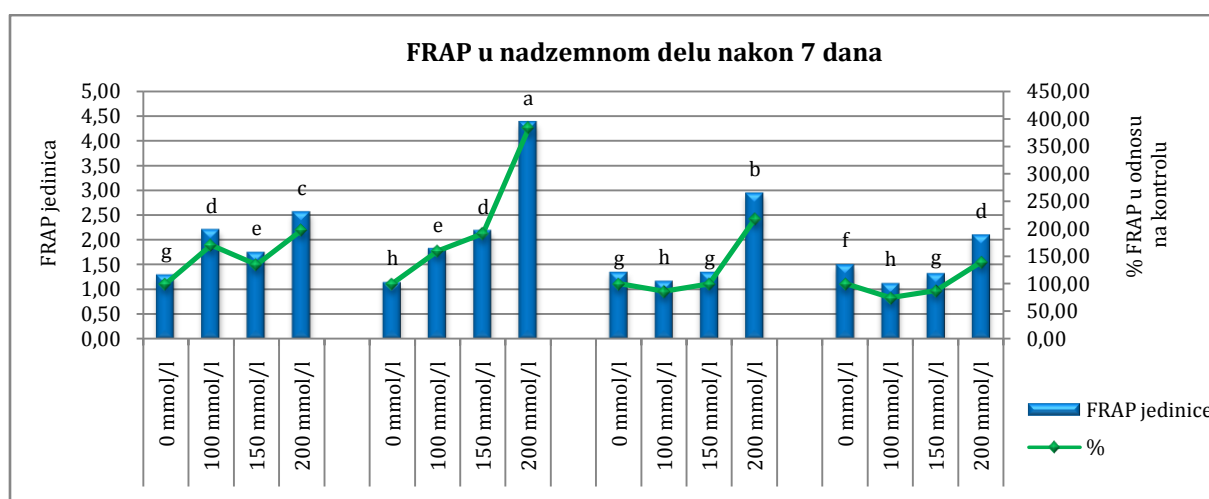
**Seme:** Ukupna antioksidativna aktivnost u semenu u kontrolama iznosila je 39,98 FRAP jedinica (Banaćanka), 35,20 FRAP jedinica (Jasna), 34,18 FRAP jedinica (Kata), 32,80 FRAP jedinica (Zlatna). Vrednost ovog parametra pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 34,50 – 38,83 FRAP jedinica (Banaćanka), 28,63 – 46,80 FRAP jedinica (Jasna), 26,78 – 36,95 FRAP jedinica (Kata), 28,85 – 34,63 FRAP jedinica (Zlatna) (Grafikon 47). Kod genotipova Jasna, Kata i Zlatna najviše vrednosti FRAP-a uočene su pri najnižem intenzitetu stresa, dok je kod genotipa Banaćanka vrednost FRAP-a pri svim koncentracijama NaCl bio niži u odnosu na kontrolu. Najizrazitije smanjenje ukupne antioksidativne aktivnosti uočeno je pri koncentraciji od 200 mmol/l (13,7%). Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (47,7%) i genotipa (27,2%), kao i interakcije  $K \times G$  (25,1%) na ukupnu antioksidativnu aktivnost (Tabela 6a – Prilog 1).



Grafikon 47. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu vrednosti FRAP-a u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** Ukupna antioksidativna aktivnost u nadzemnom delu iznosila je 1,30 FRAP jedinica (Banaćanka), 1,15 FRAP jedinica (Jasna), 1,36 FRAP jedinica (Kata), 1,51 FRAP jedinica (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 1,76 – 2,57 FRAP jedinica (Banaćanka), 1,83 – 4,38

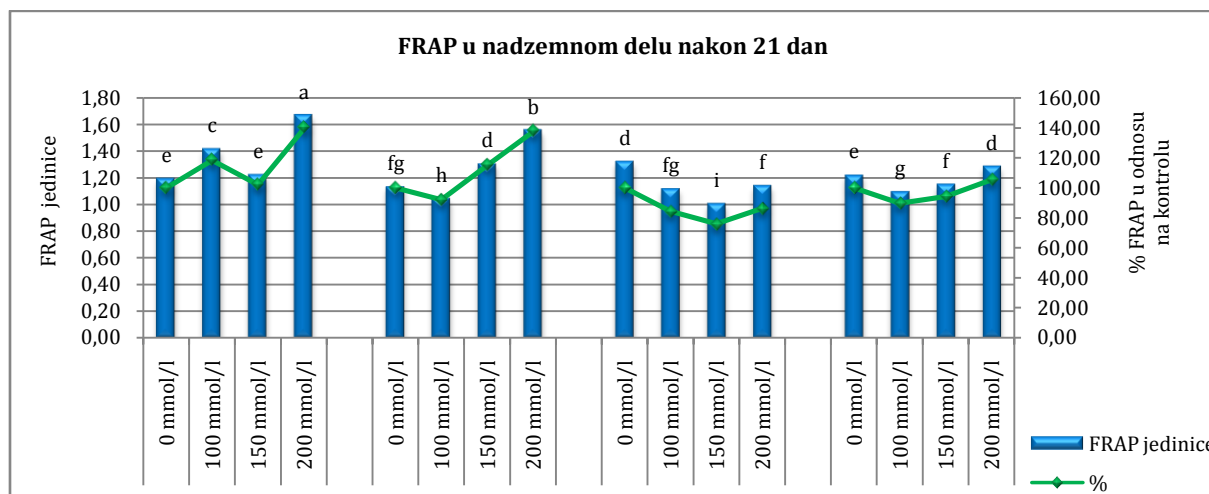
FRAP jedinica (Jasna), 1,17 – 2,95 FRAP jedinica (Kata), 1,13 – 2,11 FRAP jedinica (Zlatna) (Grafikon 48). Kod svih ispitivanih genotipova, najviše vrednosti FRAP-a bile su pri najvišem intenzitetu stresa, a kod genotipa Jasna je došlo do najznačajnijeg povećanja u odnosu na kontrolu (281,85%). Kod genotipova Banačanka i Jasna uočeno je povećanje ukupne antioksidativne aktivnosti pri svim koncentracijama NaCl u odnosu na kontrolu, dok je kod preostala dva genotipa vrednost ovog pokazatelja bila nanjiža pri najmanjem nivou stresa. Ukupna antioksidativna aktivnost u korenu nakon 7 dana je bila ispod granice detekcije. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (61,3%) i genotipa (15,3%), kao i interakcija  $K \times G$  (23,4%) na ukupnu antioksidativnu aktivnost (Tabela 6a – Prilog 1).



Grafikon 48. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu vrednosti FRAP-au nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** Ukupna antioksidativna aktivnost u nadzemnom delu iznosila je 1,30 FRAP jedinica (Banačanka), 1,15 FRAP jedinica (Jasna), 1,36 FRAP jedinica (Kata), 1,51 FRAP jedinica (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 1,22 – 1,67 FRAP jedinica (Banačanka), 1,04 – 1,56 FRAP jedinica (Jasna), 1,01 – 1,14 FRAP jedinica (Kata), 1,10 – 1,29 FRAP jedinica (Zlatna) (Grafikon 49). Kod genotipa Banačanka uočeno je povećanja vrednosti FRAP-a kod svih intenziteta stresa, a do najvećeg uvećanja je došlo pri koncentraciji NaCl od 200 mmol/l (39,63%). Kod genotipova Jasna i Zlatna najniže vrednosti ovog parametra bile su pri koncentraciji od 100 mmol/l, dok je kod genotipa Kata uočeno smanjenje pri svim nivoima sonog stresa. Ukupna antioksidativna aktivnost u korenu nakon 7 dana je bila ispod granice

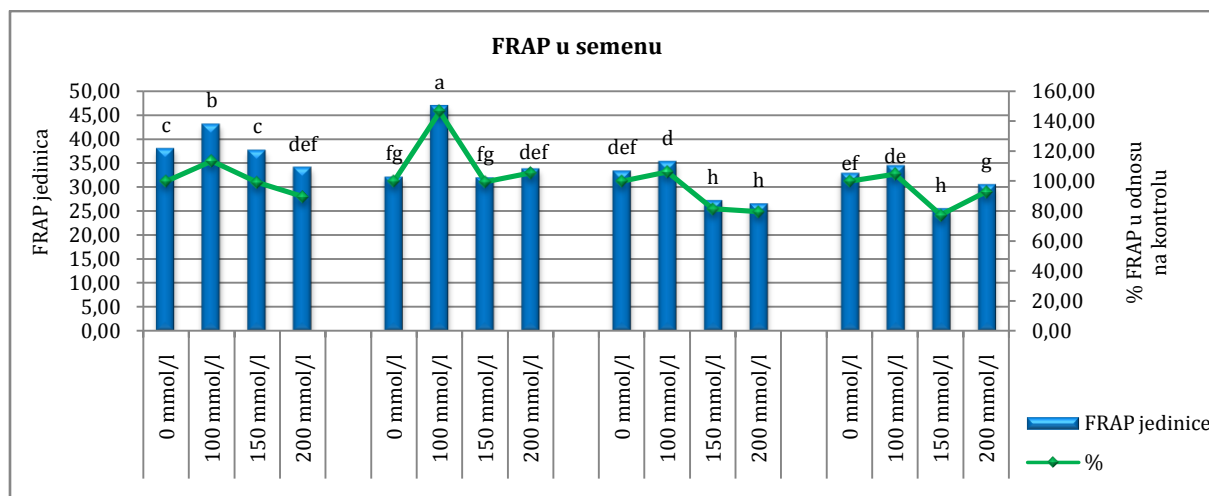
detekcije. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (33,0%) i genotipa (24,7%), kao i interakcija  $K \times G$  (42,3%) na ukupnu antioksidativnu aktivnost (Tabela 6a – Prilog 1).



Grafikon 49. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu vrednosti FRAP-a u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

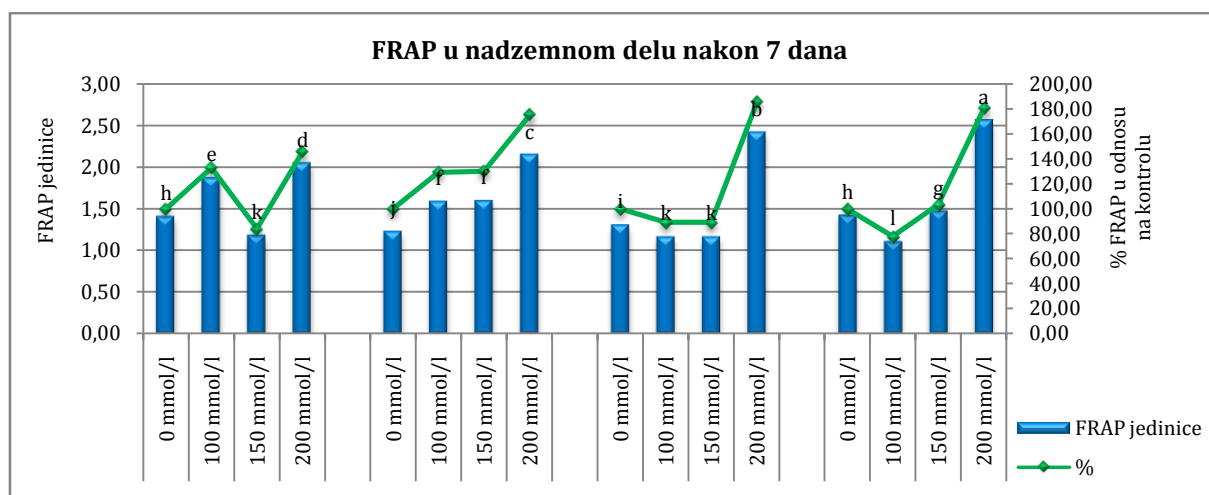
### 5.1.6.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na vrednost FRAP-a u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Seme:** Ukupna antioksidativna aktivnost u semenu u kontrolama iznosila je 38,05 FRAP jedinica (Banaćanka), 32,10 FRAP jedinica (Jasna), 33,33 FRAP jedinica (Kata), 32,90 FRAP jedinica (Zlatna). Vrednost ovog parametra u semenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 34,13 – 43,13 FRAP jedinica (Banaćanka), 31,95 – 46,95 FRAP jedinica (Jasna), 26,55 – 35,38 FRAP jedinica (Kata), 25,50 – 34,45 FRAP jedinica (Zlatna) (Grafikon 50). Kod svih ispitivanih genotipova, najviše vrednosti ukupne antioksidativne aktivnosti bile su pri najmanjem intenzitetu sonog stresa. Kod genotipova Banaćanka i Kata do najznačajnijeg smanjenja FRAP-a došlo je pri koncentraciji od 200 mmol/l, a kod genotipova Jasna i Zlatna pri koncentraciji od 150 mmol/l. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (45,9%) i genotipa (37,0%), kao i interakcije  $K \times G$  (17,1%) na ukupnu antioksidativnu aktivnost (Tabela 6b – Prilog 1).



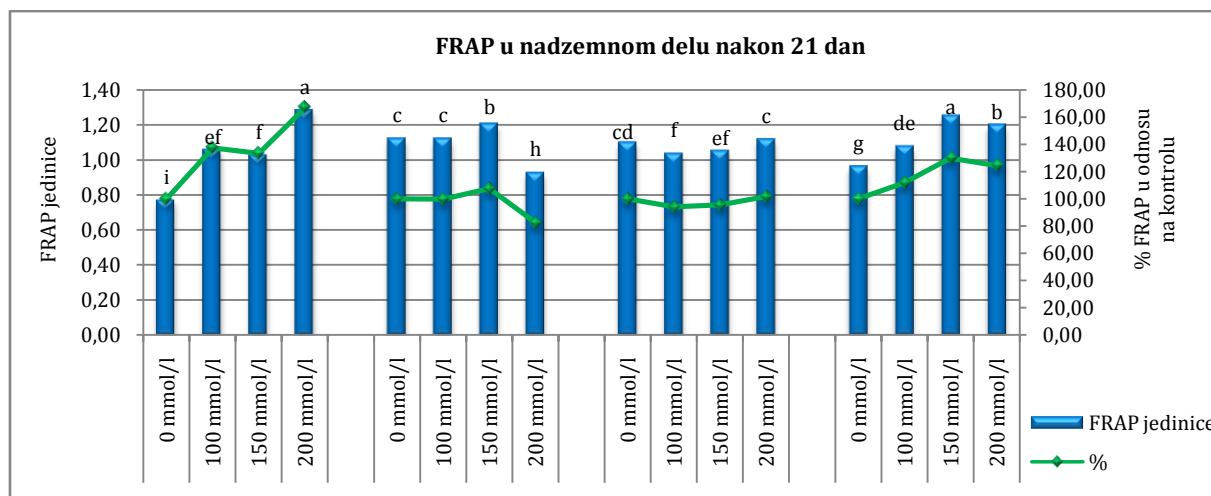
Grafikon 50. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu vrednosti FRAP-a u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** Ukupna antioksidativna aktivnost u nadzemnom delu nakon 7 dana u kontrolama iznosila je 1,41 FRAP jedinica (Banačanka), 1,23 FRAP jedinica (Jasna), 1,31 FRAP jedinica (Kata), 1,42 FRAP jedinica (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 1,18 – 2,05 FRAP jedinica (Banačanka), 1,59 – 2,14 FRAP jedinica (Jasna), 1,16 – 2,41 FRAP jedinica (Kata), 1,11 – 2,56 FRAP jedinica (Zlatna) (Grafikon 51). Kod svih ispitivanih genotipova do najznačajnijeg povećanja FRAP-a došlo je pri koncentraciji NaCl od 200 mmol/l, prvenstveno kod genotipa Kata kod koga se vrednost uvećala za 84,77% u odnosu na kontrolu. Kod genotipa Jasna došlo je do postepenog povećanja ukupne antioksidativne aktivnosti sa povećanjem sonog stresa, s tim da između 100 mmol/l i 150 mmol/l nije utvrđena statistički značajna razlika. Kod genotipova Banačanka i Kata najniže vrednosti FRAP-a uočene su pri koncentraciji od 150 mmol/l. Ukupna antioksidativna aktivnost u korenu nakon 7 dana je bila ispod granice detekcije. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (77,8%) i genotipa (1,4%), kao i interakcija  $K \times G$  (20,8%) na ukupnu antioksidativnu aktivnost (Tabela 6b – Prilog 1).



Grafikon 51. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu vrednosti FRAP-a u nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** Ukupna antioksidativna aktivnost u nadzemnom delu nakon 21 dan u kontrolama iznosila je 0,77 FRAP jedinica (Banačanka), 1,12 FRAP jedinica (Jasna), 1,10 FRAP jedinica (Kata), 0,96 FRAP jedinica (Zlatna). Vrednost ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 1,03 – 1,28 FRAP jedinica (Banačanka), 0,93 – 1,21 FRAP jedinica (Jasna), 1,04 – 1,12 FRAP jedinica (Kata), 1,08 – 1,25 FRAP jedinica (Zlatna) (Grafikon 52). Kod genotipova Banačanka i Zlatna došlo je do povećanja ukupne antioksidativne aktivnosti u nadzemnom delu pri svim nivoima stresa. Kod genotipa Jasna je naizraženija promena ostvarena pri koncentraciji od 200 mmol/l, kada je došlo do smanjenja za 17,29%. Kod genotipa Kata između dobijenih vrednosti u kontroli i pri najvećem intenzitetu sonog stresa, kao i vrednosti pri koncentracijama od 100 mmol/l i 150 mmol/l, je postojala razlika ali ona nije bila statistički značajna. Ukupna antioksidativna aktivnost u korenu nakon 7 dana je bila ispod granice detekcije. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (22,9%) i genotipa (6,7%), kao i interakcija  $K \times G$  (70,4%) na ukupnu antioksidativnu aktivnost (Tabela 6b – Prilog 1).



Grafikon 52. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu vrednosti FRAP-a u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

Dobijeni rezultati pokazuju da je intenzitet sonog stresa uticao na ukupnu antioksidativnu aktivnost kod svih ispitivanih genotipova u semenu i poniku, kako nakon 7 dana, tako i nakon 21 dan u obe godine ispitivanja. S obzirom da je dokazano da efikasan antioksidativni sistem može da obezbedi bolju zaštitu od oksidativnog stresa (Kumar i sar., 2011, Štajner i sar., 2013) ukupna antioksidativna aktivnost izražena FRAP jedinicama ima važan praktični značaj kod rangiranja genotipova i biljnih vrsta prema tolerantnosti na oksidativni stres. Vrednosti FRAP-a ukazuju na ukupnu antioksidativnu sposobnost redukcije jona gvožđa u ekstraktima biljnog materijala (Benzie i Strain, 1996). Ove aktivnosti mogu biti u direktnoj vezi sa sadržajem fenola, tanina i flavonoida i njihovom sposobnošću da neutrališu slobodne radikale (Sharma i Ramawat, 2013). S toga, visoke vrednosti FRAP-a ukazuju na visok sadržaj flavonoida, fenolnih kiselina i drugih pomenutih jedinjenja koja pripadaju grupi sekundarnih biomolekula (Popović, 2006). Prethodna istraživanja su pokazala da ukupna antioksidativna aktivnost može biti povezana sa sadržajem fenola, što ukazuje da fenolna jedinjenja imaju veliki doprinos u antioksidativnom potencijalu različitih biljnih ekstrakata (Dudonne i sar., 2009). Poznato je da seme uljane repice sadrži veće količine fenola, što može objasniti dobijene rezultate koji pokazuju veće vrednosti FRAP-a u semenu u odnosu na nadzemni deo nakon 7 dana i 21 dan. S druge strane, kod genotipova Jasna, Kata i Zlatna najviše vrednosti FRAP-a bile su pri najmanjim koncentracijama NaCl što može ukazati da manje količine NaCl deluju stimulatивно na pokretanje antioksidativnog sistema odbrane.

Različita istraživanja su pokazala da je došlo do povećanja sadržaja polifenola u semenu, kod vrsta roda *Brassica*, koje su bile uskladištene u nekontrolisanim uslovima u specijalnim pakovanjima u toku nekoliko dana na niskom temperaturama. Ovo može biti pokazatelj da se biosinteza polifenola nastavlja u prvim danima posle žetve kao samozaštitni mehanizam biljaka (Starzynska i sar., 2003; Cartea i sar., 2011). Sa druge strane, postoje dokazi koji govore da je duže skladištenje uticalo na smanjenje sadržaja fenola kod nekoliko biljnih vrsta (Price i sar., 1997). Pored biotičkih faktora, sadržaj fenola u velikoj meri zavisi od abiotičkih faktora, uslova skladištenja i načina dorade (De Pascale i sar., 2007, Gawlik-Dziki, 2008). Ovo objašnjava razlike u vrednostima FRAP-a u obe godine istraživanja. Može se pretpostaviti da je došlo do smanjivanja sadržaja fenolnih jedinjenja nakon godinu dana čuvanja semena, što je uticalo na smanjene vrednosti FRAP-a u drugoj godini istraživanja.

### **5.1.7 Uticaj različitih koncentracija NaCl na DPPH skevindžer aktivnost u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice**

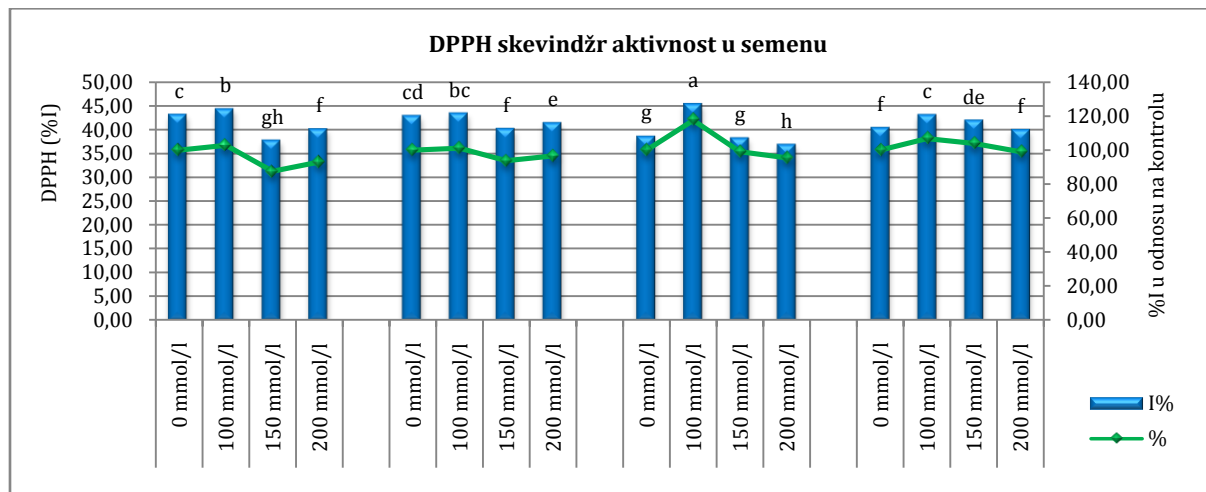
Na grafikonima 53-58 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja različitih koncentracija NaCl na DPPH skevindžer aktivnost u nakvašenom semenu, nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana i 21 dan. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti koncentracije NaCl (K), genotipa (G) i dela ponika (NDK), što je prikazano u tabelama 7a i 7b u Prilogu 1. Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabelama 37-42 u Prilogu 2. Takođe, rangovi dobijeni ovim testom označeni su i na prikazanim grafikonima, kao i procentualne vrednosti izračunate u odnosu na kontrolu koja je predstavljala 100%.

#### **5.1.7.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na DPPH skevindžer aktivnost u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane u godini proizvodnje semena**

**Seme:** DPPH skevindžer aktivnost u semenu u kontrolama iznosila je: 43,17 %I (Banaćanka), 42,93 %I (Jasna), 38,63 %I (Kata), 40,40 %I (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u semenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 37,77 – 44,33 %I (Banaćanka), 40,23 – 43,43 %I (Jasna), 39,90 – 45,40 %I (Kata), 40,03 – 43,13 %I (Zlatna) (Grafikon 53). Kod svih ispitivanih genotipova DPPH skevindžer aktivnost bila je najviša pri najnižem intenzitetu stresa. Kod genotipova Banaćanka i Jasna, najniže vrednosti bile su pri koncentraciji NaCl od 150 mmol/l, dok su kod genotipova Kata i Zlatna najniže vrednosti uočene pri koncentraciji od 200 mmol/l. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije

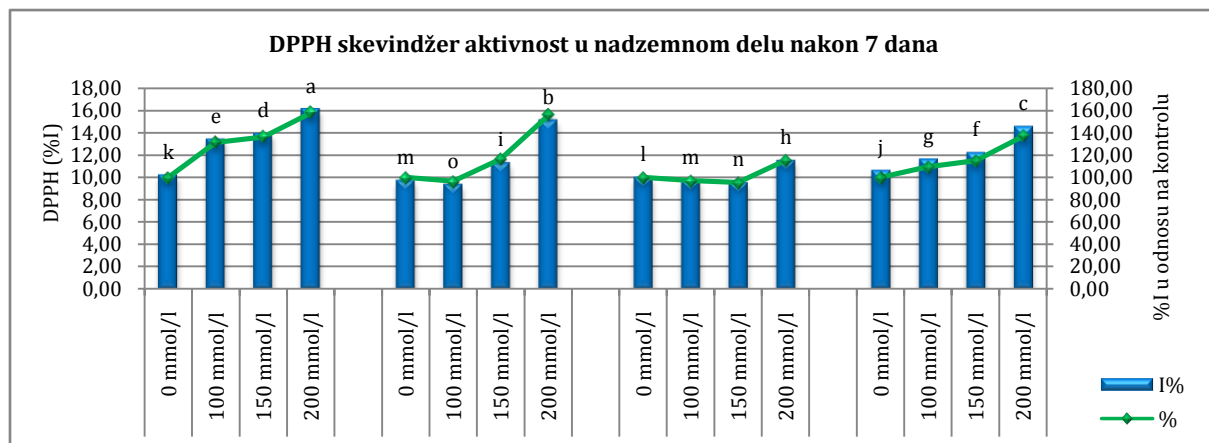


NaCl (57,5%) i genotipa (11,5%), kao i interakcije  $K \times G$  (31,0%) na DPPH skevindžer aktivnost (Tabela 7a – Prilog 1).



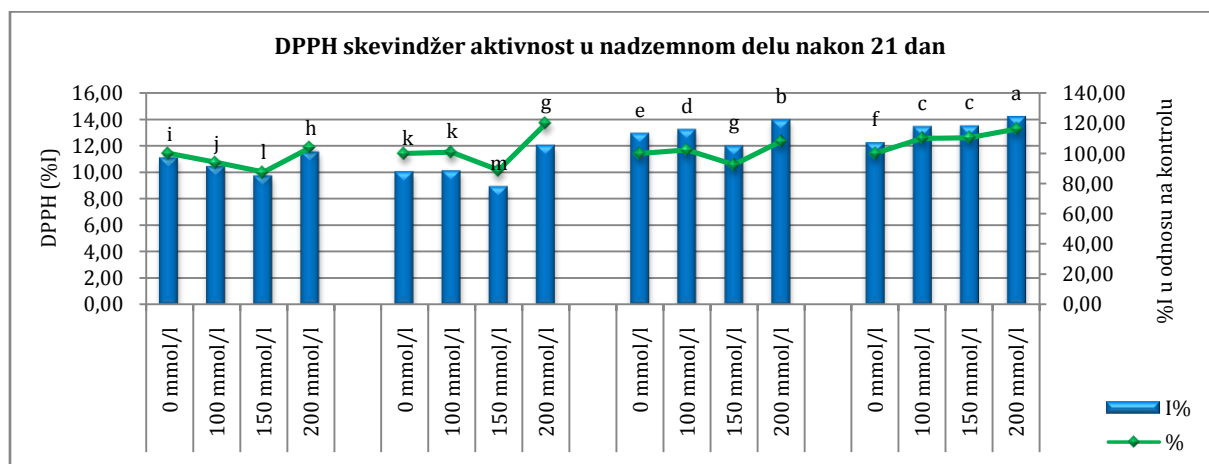
Grafikon 53. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu DPPH skevindžer aktivnosti u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** DPPH skevindžer aktivnost u nadzemnom delu nakon 7 dana u kontrolama iznosila je: 10,19 %I (Banačanka), 9,70 %I (Jasna), 9,96 %I (Kata), 10,59 %I (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 13,38 – 16,09 %I (Banačanka), 9,36 – 15,09 %I (Jasna), 9,51 – 11,48 %I (Kata), 11,60 – 14,51 %I (Zlatna) (Grafikon 54). Kod genotipova Banačanka i Zlatna uočeno je postepeno povećanje DPPH skevindžer aktivnosti sa porastom koncentracije NaCl i do najznačajnijih povećanja je došlo pri koncentraciji od 200 mmol/l (57,82%, 36,97%). Kod genotipa Jasna uočeno je smanjenje aktivnosti pri najnižem nivou stresa, ali je pri najvećoj koncentraciji došlo do povećanja za 55,57% u odnosu na kontrolu. Kod genotipa Kata je pri najmanjem i umerenom nivou stresa došlo do smanjenja ovog parametra. DPPH skevindžer aktivnosti u korenu nakon 7 dana su bile ispod granice detekcije. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (54,3%) i genotipa (31,2%), kao i interakcija  $K \times G$  (14,5%) na DPPH skevidndžer aktivnost (Tabela 7a – Prilog 1).



Grafikon 54. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu DPPH skevindžer aktivnosti nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

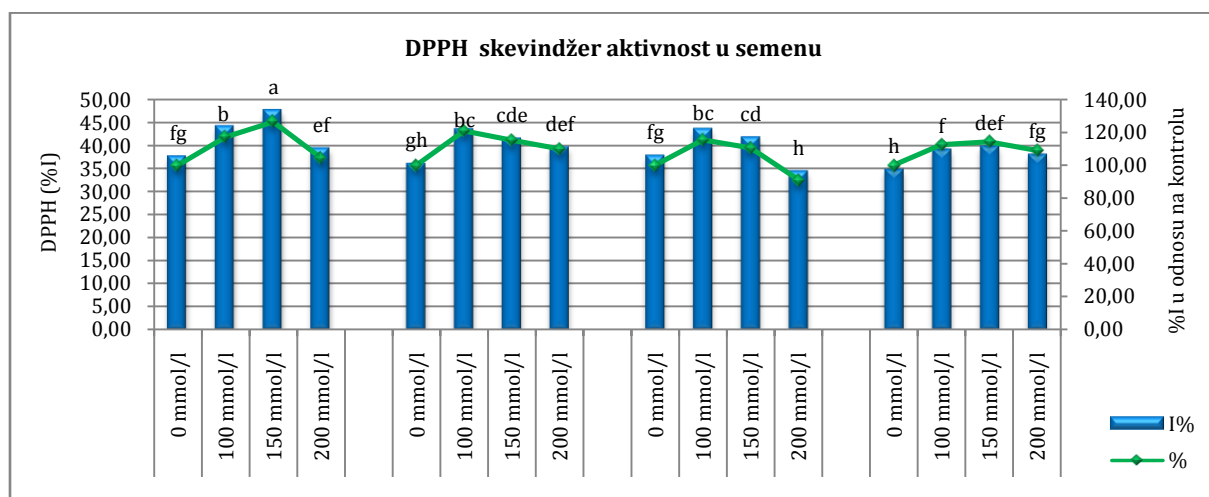
**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** DPPH skevindžer aktivnost u korenu nakon 7 dana u kontrolama iznosila je: 11,12 %I (Banačanka), 10,07 %I (Jasna), 12,96 %I (Kata), 12,25 %I (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u korenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 9,74 – 11,56 %I (Banačanka), 8,94 – 12,05 %I (Jasna), 12,00 – 13,98 %I (Kata), 13,46 – 14,20%I (Zlatna) (Grafikon 55). Kod genotipova Banačanka, Jasna i Kata najmanja aktivnost bila je pri koncentraciji od 150 mmol/l, dok je najveća bila pri koncentraciji od 200 mmol/l. Kod genotipa Zlatna uočeno je postepeno povećanje DPPH skevindžer aktivnosti sa povećanjem nivoa stresa, ali vrednosti dobijene pri koncentracijama od 150 mmol/l i 200 mmol/l nisu se statistički značajno razlikovale. DPPH skevindžer aktivnosti u korenu nakon 21 dan su bile ispod granice detekcije. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (18,9%) i genotipa (73,1%), kao i interakcija  $K \times G$  (8,0%) na DPPH skevindžer aktivnost (Tabela 7a – Prilog 1).



Grafikon 55. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu DPPH skevindžer aktivnosti u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice u godini proizvodnje semena

### 5.1.7.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na DPPH skevindžer aktivnost u toku klijanja semena i rane faze razvoja uljane repice ispitivane nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

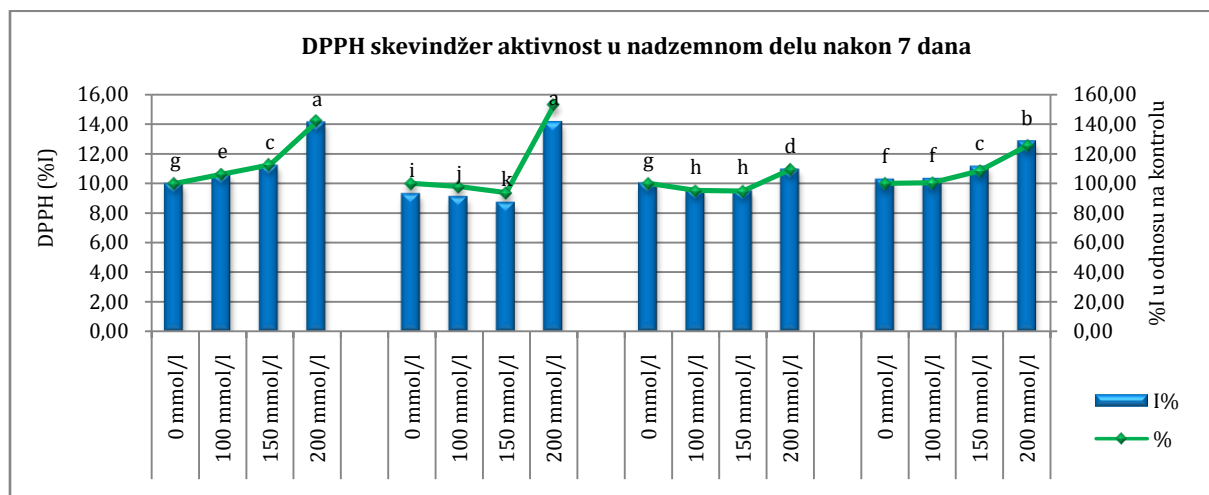
**Seme:** DPPH skevindžer aktivnost u semenu u kontrolama iznosila je: 37,63 %I (Banaćanka), 36,00 %I (Jasna), 37,73 %I (Kata), 34,77 %I (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u semenu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 39,33 – 47,57 %I (Banaćanka), 39,57 – 43,50 %I (Jasna), 34,43 – 43,53 %I (Kata), 37,93 – 39,77%I (Zlatna) (Grafikon 56). Kod svih ispitivanih genotipova DPPH skevindžer aktivnost je bila povećana u uslovima sonog stresa, ali su najviše vrednosti bile pri koncentracijama od 100 mmol/l i 150 mmol/l. Kod genotipa Kata aktivnost je takođe bila najveća pri ove dve koncentracije, ali se vrednost u najvećem nivou stresa smanjila za 8,75%. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efektanivoa stresa (62,0%) i genotipa (19,5%), kao i interakcije NS  $\times$  G (18,5%) na DPPH skevindžer aktivnost (Tabela 7b – Prilog 1).



Grafikon 56. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu DPPH skevindžer aktivnosti u semenu nakon 24 časa kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

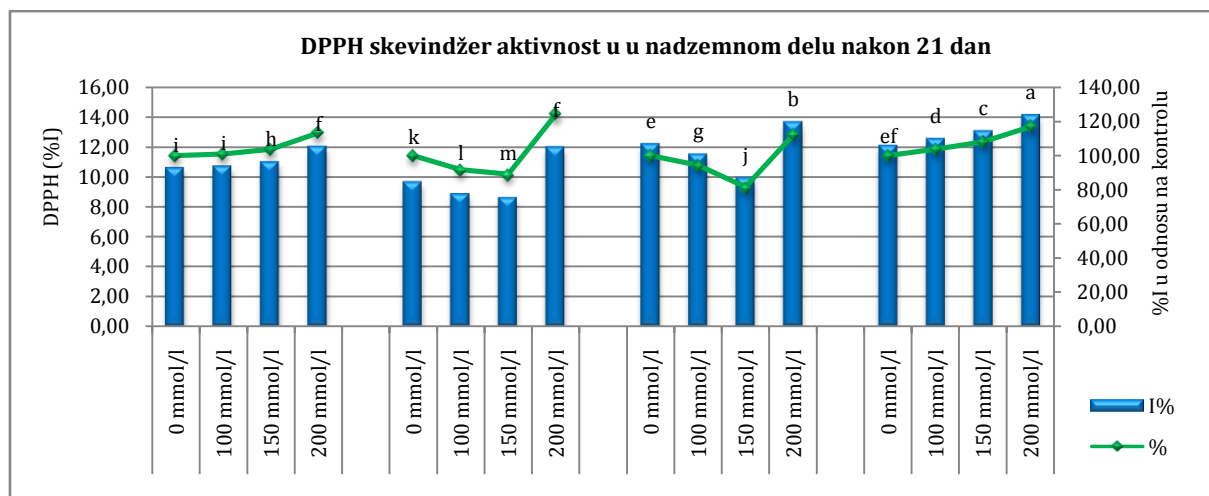
**Nadzemni deo i koren nakon 7 dana:** DPPH skevindžer aktivnost u nadzemnom delu nakon 7dana u kontrolama iznosila je: 9,96 %I (Banaćanka), 9,28 %I (Jasna), 10,00 %I (Kata), 10,25 %I (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 10,57 – 14,11 %I (Banaćanka), 8,70 – 14,13 %I (Jasna), 9,48 – 10,93 %I (Kata), 10,30 – 12,83 %I (Zlatna) (Grafikon 57). Kod genotipova Banaćanka i Zlatna uočen je postepeni porast aktivnosti sa povećanjem nivoa stresa. Kod genotipa Jasna najniža aktivnost ovog parametra bila je pri koncentraciji od 150 mmol/l, a najviša pri koncentraciji od 200

mmol/l. Kod genotipa Kata vrednosti pri umerenom i visokm nivou stresa se nisu statistički značajno razlikovale i bile su niže u odnosu na kontrolu. DPPH skevindžer aktivnosti u korenu nakon 7 dana su bile ispod granice detekcije. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (67,7%) i genotipa (13,9%), kao i interakcije  $K \times G$  (18,4%) na DPPH skevindžer aktivnost (Tabela 7b – Prilog 1).



Grafikon 57. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu DPPH skevindžer aktivnosti u nadzemnom delu nakon 7 dana kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

**Nadzemni deo i koren nakon 21 dan:** DPPH skevindžer aktivnost u nadzemnom delu nakon 21 dan u kontrolama iznosila je: 10,58 %I (Banaćanka), 9,64 %I (Jasna), 12,16 %I (Kata), 12,06 %I (Zlatna). Vrednosti ovog parametra u nadzemnom delu pri različitim koncentracijama NaCl menjala se u opsegu: 10,68 – 11,99 %I (Banaćanka), 8,58 – 11,95 %I (Jasna), 9,91 – 13,61 %I (Kata), 12,51 – 14,10 %I (Zlatna) (Grafikon 58). Kod genotipa Banaćanka uočeno je povećanje DPPH skevindžer aktivnosti u svim nivoima stresa, ali vrednosti u kontroli i najnižoj koncentraciji se nisu značajno razlikovale. Kod genotipa Zlatna je takođe došlo do postepenog povećanja aktivnosti sa povećanjem koncentracije NaCl. Kod genotipa Jasna i Kata uočeno je smanjenje ovog parametra pri koncentracijama od 100 mmol/l i 150 mmol/l. DPPH skevindžer aktivnosti u korenu nakon 21 dan su bile ispod granice detekcije. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta nivoa stresa (33,4%) i genotipa (54,6%), kao i interakcije  $NS \times G$  (12,0%) na DPPH skevindžer aktivnost (Tabela 7b – Prilog 1).



Grafikon 58. Uticaj različitih koncentracija NaCl na promenu DPPH skevindžer aktivnosti u nadzemnom delu nakon 21 dan kod odabranih genotipova uljane repice nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima

DPPH skevindžer aktivnost se određuje indirektnom metodom koja se zasniva na sposobnosti ekstrakta da smanji aktivnost visoko stabilnog DPPH radikala, razmenom atoma vodonika između tog radikala i antioksidanta (Prakash, 2001). DPPH je poznat skevindžer (hvatač) drugih slobodnih radikala i zbog toga brzina redukcije pri hemijskoj reakciji u kojoj učestvuje DPPH predstavlja meru radikalske prirode te reakcije (Alger, 1997).

Kao i kod ukupne antioksidativne aktivnosti (FRAP-a), dobijene veće vrednosti DPPH skevindžer aktivnosti u semenu u uslovima sonog stresa mogu biti direktno povezane sa sadržajem fenola, tanina i flavonoida i shodno tome sa njihovom sposobnošću da neutrališu slobodne radikale (Huang i sar., 2006).

Utvrđena je i korelacija između sadržaja fenola i antioksidativne aktivnosti, pošto različiti fenoli direktno utiču na antioksidativnu aktivnost (Duh, 1999, Štajner i sar., 2008, Sapunjieva i sar., 2012). Sonar i sar. (2011) su utvrdili da kod vrste *Colubrina asiatica* u uslovima sonog stresa, dolazi do akumulacije neenzimskih antioksidanata (polifenoli, askorbinska kiselina) na šta su ukazivale vrednosti DPPH skevindžer aktivnosti. U prilog ovome govore i brojni podaci koji potvrđuju korelaciju između ukupne antioksidativne vrednosti izražene FRAP jedinicama i DPPH skevindžer aktivnosti (Dudonne i sar., 2009, Štajner i sar., 2011).

Seme i nadzemni deo genotipova Banaćanka i Jasna u uslovima sonog stresa su pokazali bolju antiradikalnu sposobnost u odnosu na ostale ispitivane genotipove. Ovakvi rezultati mogu ukazati da više koncentracije NaCl (150 mmol/l) utiču na neravnotežu između stvaranja ROS i

sistema njihovog neutralisanja. U prilog ovome govore i rezultati smanjenog intenziteta LP i povećane aktivnosti SOD kod ova dva genotipa što dokazuje da je ova metoda veoma osetljiva kada se govori o određivanju antioksidativnog kapaciteta uzorka. Smanjena akumulacija antioksidanata neophodnih za neutralisanje ROS i zaštitu lipidnih membrana od oksidativnog stresa kod biljaka izloženih suši, smatra se jednim od glavnih negativnih efekata sonog stresa (Zhu i sar., 2009).

## **5.2 Antioksidativni status odabranih genotipova uljane repice uzgajanih u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta**

U ovom poglavlju su razmatrani i diskutovani rezultati dobijeni ispitivanjem parametara antioksidativnog statusa u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta.

Faze u kojima su vršena ispitivanja su:

I faza – faza formiranja lisne rozete i pripreme za zimsko mirovanje;

II faza – faza nakon zimskog mirovanja i

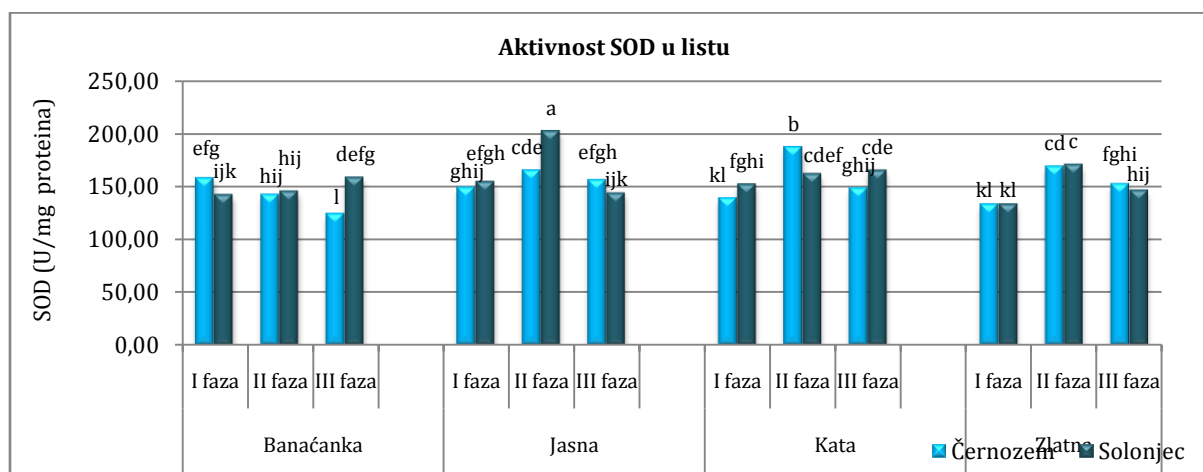
III faza – faza cvetanja.

Eksperiment je sproveden u polukontrolisanim uslovima u posudama pri čemu su korišćena tri tipa zemljišta: černoze, solonjec i solončak. S obzirom da na solončaju nije došlo ni do klijanja semena zbog prevelike količine soli, prikazani su samo rezultati biljnog materijala dobijenog na černoze i solonjecu. Ispitani su sledeći parametri: aktivnost enzima SOD i GPx, intenzitet LP, sadržaj GSH i ukupna antioksidativna vrednost FRAP. Vrednosti aktivnosti hidroksi-radikala i DPPH skevindžer aktivnosti su bile ispod granica detekcije i u listu i u korenu.

### **5.2.1 Aktivnost enzima SOD u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta**

Na grafikonima 59-60 prikazani su rezultati ispitivanja aktivnosti enzima SOD u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti tipa zemljišta (Z), genotipa (G) i faze rasta (FR). Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabeli 1 u Prilogu 3. Takođe, rangovi dobijeni ovim testom označeni su i na prikazanim grafikonima.

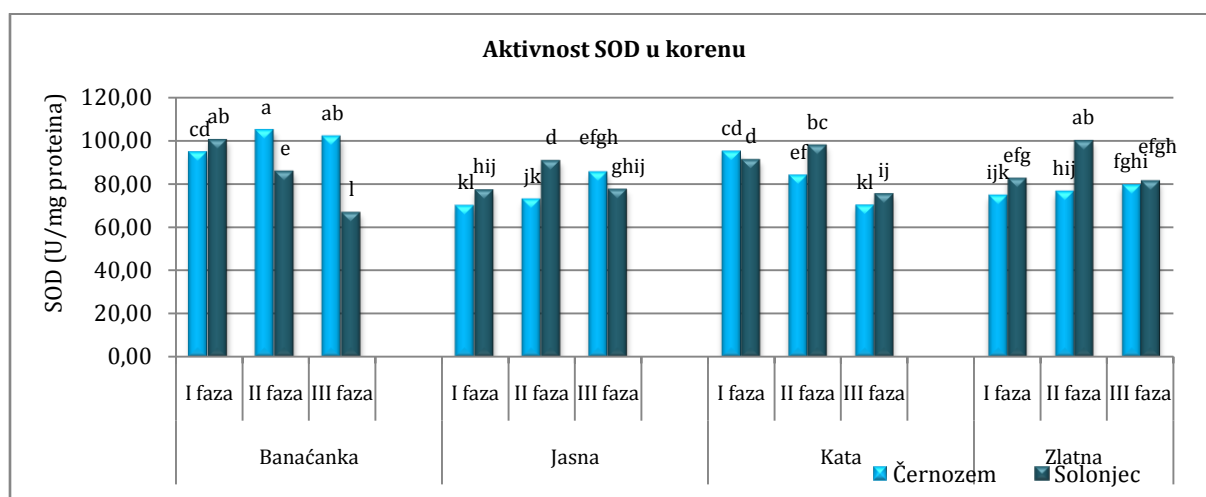
**List:** Aktivnost SOD u listu uljane repice gajene na černozeu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 124,24 - 157,69 U/mg proteina (Banaćanka), 148,66 - 164,88 U/mg proteina (Jasna), 138,71 - 186,66 U/mg proteina (Kata), 133,09 - 168,49 U/mg proteina (Zlatna). Aktivnost SOD u listu gajene na solonjecu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 141,98 - 158,50 U/mg proteina (Banaćanka), 143,60 - 202,29 U/mg proteina (Jasna), 152,19 - 165,05 U/mg proteina (Kata), 133,22 - 170,49 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 59). Tokom ispitivanja u fazi line rozete (I faza) jedino kod genotipa Banaćanka aktivnost SOD na černozeu je bila veća u odnosu na solonjec, dok je kod ostalih genotipova aktivnost bila veća na solonjecu. Kod svih ispitivanih genotipova, osim genotipa Banaćanka, najveća aktivnost ovog enzima uočena je tokom ispitivanja nakon zimskog mirovanja (II faza) kod oba tipa zemljišta. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta tipa zemljišta (1,9%), genotipa (15,3%) i faze rasta (34,5%). Od interakcija prvog reda jedino nije bila značajna interakcija  $Z \times FR$ , dok je najveći doprinos zabeležen kod interakcije  $G \times FR$  (19,8%). Interakcijom drugog reda  $Z \times G \times FR$  je objašnjeno 26,0% ukupne varijacije aktivnosti SOD u listu.



Grafikon 59. Aktivnosti SOD u listu odabranih genotipova uljane repice gajene na černozeu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića (I faza – faza formiranje lisne rozete, II faza – faza nakon zimskog mirovanja, III faza – faza cvetanja)

**Koren:** Aktivnost SOD u korenu uljane repice gajene na černozeu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 94,41 - 104,68 U/mg proteina (Banaćanka), 69,79 - 85,26 U/mg proteina (Jasna), 70,05 - 94,76 U/mg proteina (Kata), 74,64 - 79,34 U/mg proteina (Zlatna). Aktivnost SOD u korenu gajene na solonjecu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 66,77 - 100,25 U/mg proteina (Banaćanka), 77,05 - 90,64 U/mg proteina (Jasna), 75,33 - 97,75 U/mg proteina (Kata), 81,25 - 99,81 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 60). Kod svih ispitivanih genotipova osim kod genotipa Kata, aktivnost SOD je bila veća na solonjecu nego na černozeu. Slično je uočeno u

drugoj fazi kod svih genotipova osim kod genotipa Kata. U poslednjoj fazi ispitivanja kod genotipa Kata i Zlatna vrednosti ispitivanja su bile veće na černozeu nego solonjecu. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta tipa zemljišta (0,5%), genotipa (20,1%) i faze rasta (12,2%). Sve interakcije prvog i drugog reda su bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najznačajnija je bila interakcija  $Z \times G$  (22,1%), dok je interakcijom  $Z \times G \times FR$  objašnjeno 15,2% ukupne varijacije aktivnosti SOD u korenu.



Grafikon 60. Aktivnosti SOD u korenu odabranih genotipova uljane repice gajene na černozeu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića

(I faza – faza formiranje lisne rozete, III faza – faza nakon zimskog mirovanja, III faza – faza cvetanja)

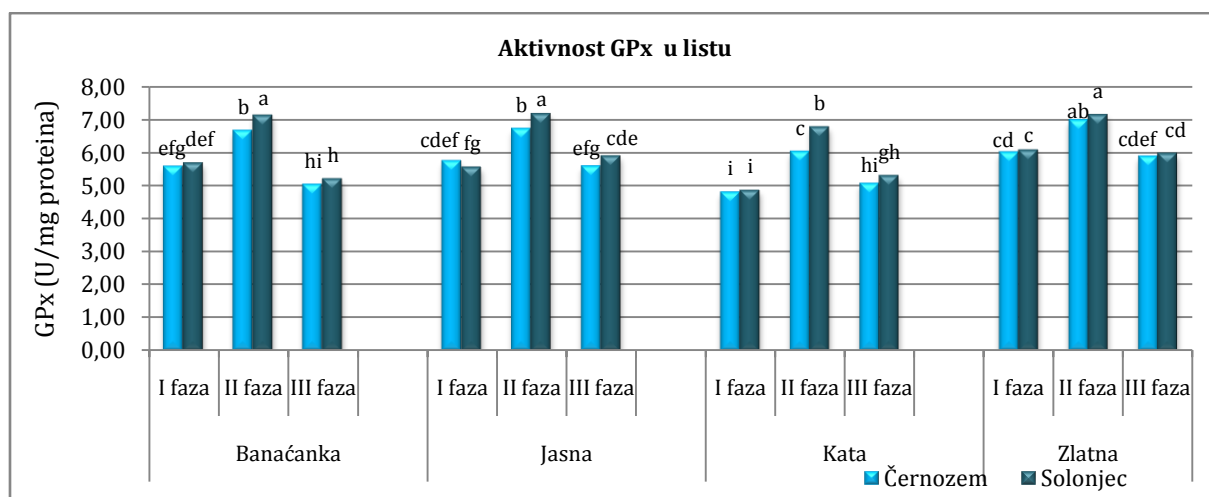
### 5.2.2 Aktivnost enzima GPx u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta

Na grafikonima 61-62 prikazani su rezultati ispitivanja aktivnosti enzima GPx u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti tipa zemljišta (Z), genotipa (G) i faze rasta (FR). Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dinkanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabeli 2 u Prilogu 3. Takođe, rangovi dobijeni ovim testom označeni su i na prikazanim grafikonima.

**List:** Aktivnost GPx u listu uljane repice gajene na černozeu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 5,04 – 6,67 U/mg proteina (Banačanka), 5,59 – 6,73 U/mg proteina (Jasna), 4,81 – 6,04 U/mg proteina (Kata), 5,88 – 6,98 U/mg proteina (Zlatna). Aktivnost GPx u listu gajene na solonjecu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 5,21 – 7,13 U/mg proteina (Banačanka), 5,57 –



7,18 U/mg proteina (Jasna), 4,87 – 6,78 U/mg proteina (Kata), 5,99 – 7,15 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 61). U listu kod svih ispitivanih genotipova, kod oba tipa zemljišta, osim kod genotipa Jasna, aktivnost GPx je bila veća u biljkama gajenim na solonjecu u odnosu na biljke gajene na černozeu. Najveće vrednosti kod svih ispitanih genotipova, nezavisno od tipa zemljišta, uočene su u drugoj fazi ispitivanja. Kod genotipa Zlatna bile su najmanje razlike između biljaka gajenim na ova dva tipa zemljišta. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta tipa zemljišta (2,4%), genotipa (19,4%) i faze rasta (71,4%). Od interakcija prvog reda jedino nije bila značajna interakcija  $Z \times G$ , dok je najveći doprinos zabeležen kod interakcije  $G \times FR$  (4,3%). Interakcijom drugog reda  $Z \times G \times FR$  objašnjeno 0,6% ukupne varijacije aktivnosti GPx u listu.

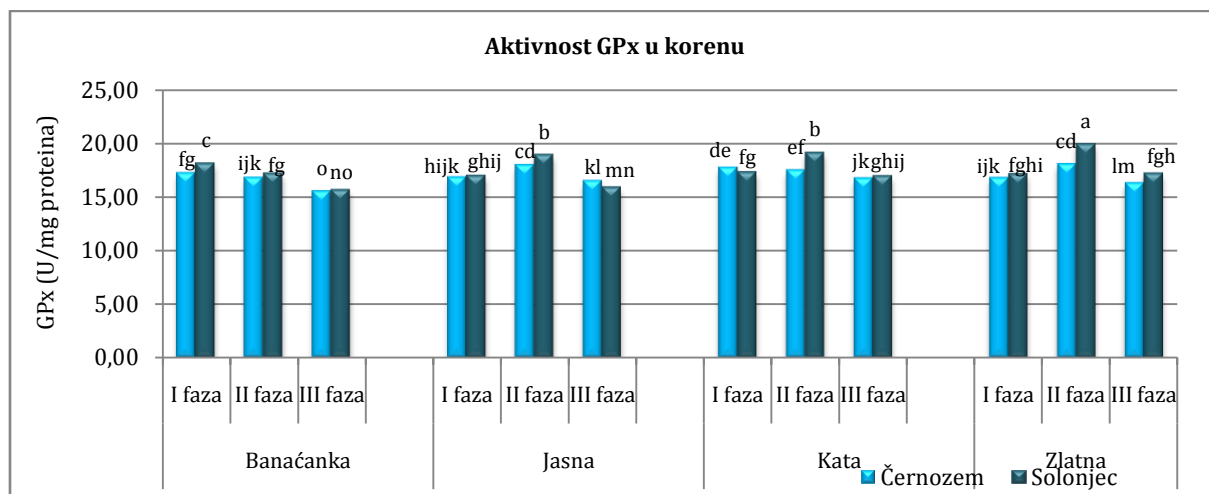


Grafikon 61. Aktivnosti GPx u listu odabranih genotipova uljane repice gajene na černozeu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića

(I faza – faza formiranja lisne rozete, II faza – faza nakon zimskog mirovanja, III faza – faza cvetanja)

**Koren:** Aktivnost GPx u korenu uljane repice gajene na černozeu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 15,52 – 17,17 U/mg proteina (Banaćanka), 16,45 – 17,93 U/mg proteina (Jasna), 16,70 – 17,44 U/mg proteina (Kata), 16,24 – 18,00 U/mg proteina (Zlatna). Aktivnost SOD u listu gajene na solonjecu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 15,65 – 18,10 U/mg proteina (Banaćanka), 15,89 – 18,92 U/mg proteina (Jasna), 16,94 – 19,11 U/mg proteina (Kata), 17,12 – 19,92 U/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 62). Kod svih ispitivanih genotipova, u svim fazama ispitivanja, osim kod genotipa Jasana u III fazi, aktivnost GPx u listu uljane repice gajene na solonjecu je bila veća u odnosu na černozeu. Analizom varijanse utvrđen je značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta tipa zemljišta (7,6%), genotipa (10,3%) i faze rasta (52,7%). Sve

interakcije prvog i drugog reda su bile statistički značajne. Od interakcija prvog reda najznačajnija je bila interakcija  $G \times FR$  (17,5%). Interakcijom drugog reda  $Z \times G \times FR$  objašnjeno 4,3% ukupne varijacije aktivnosti GPx u korenu.



Grafikon 62. Aktivnosti GPx u korenu odabranih genotipova uljane repice gajene na černozemu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića

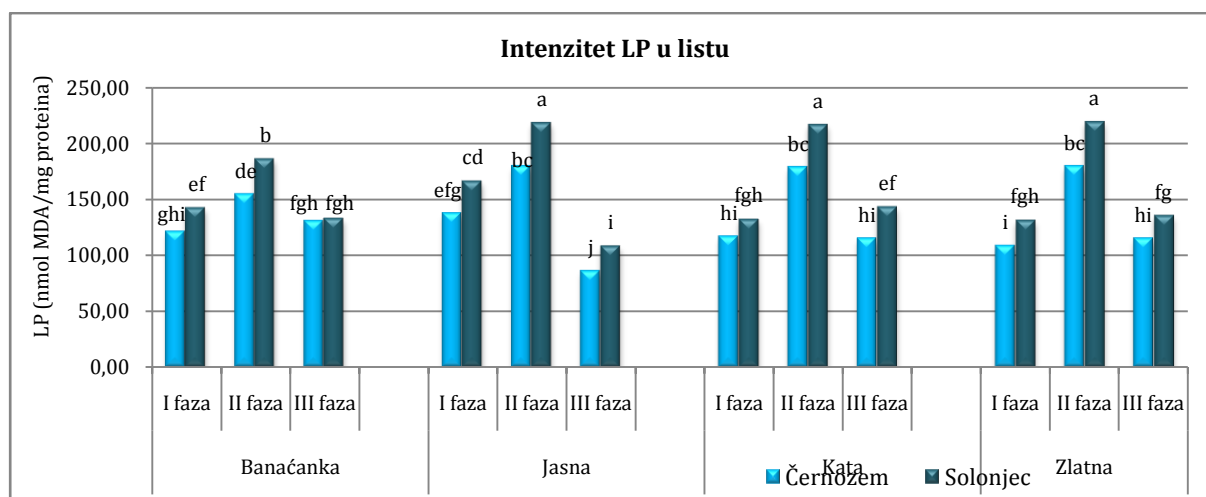
(I faza – faza formiranja lisne rozete, II faza – faza nakon zimskog mirovanja, III faza – faza cvjetanja)

### 5.2.3 Intenzitet LP u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta

Na grafikonima 63-64 prikazani su rezultati merenja intenziteta LP u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti tipa zemljišta (Z), genotipa (G) i faze rasta (FR). Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Džankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabeli 3 u Prilogu 3. Takođe, rangovi dobijeni ovim testom označeni su i na prikazanim grafikonima.

**List:** Intenzitet LP u listu uljane repice gajene na černozemu u zavisnosti od faze rasta iznosio je: 121,37 – 154,70 nmol MDA/mg proteina (Banaćanka), 86,32 – 179,49 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 115,38 – 178,63 nmol MDA/mg proteina (Kata), 108,55 – 179,49 nmol MDA/mg proteina (Zlatna). Intenzitet LP u listu uljane repice gajene na solonjecu u zavisnosti od faze rasta iznosio je: 133,33 – 186,32 nmol MDA/mg proteina (Banaćanka), 108,55 – 218,50 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 143,59 – 217,09 nmol MDA/mg proteina (Kata), 131,63 – 219,66 nmol MDA/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 63). Kod svih ispitivanih genotipa u svim fazama ispitivanja, osim kod genotipa Jasna u trećoj fazi, intenzitet LP u listu na solonjecu je bio

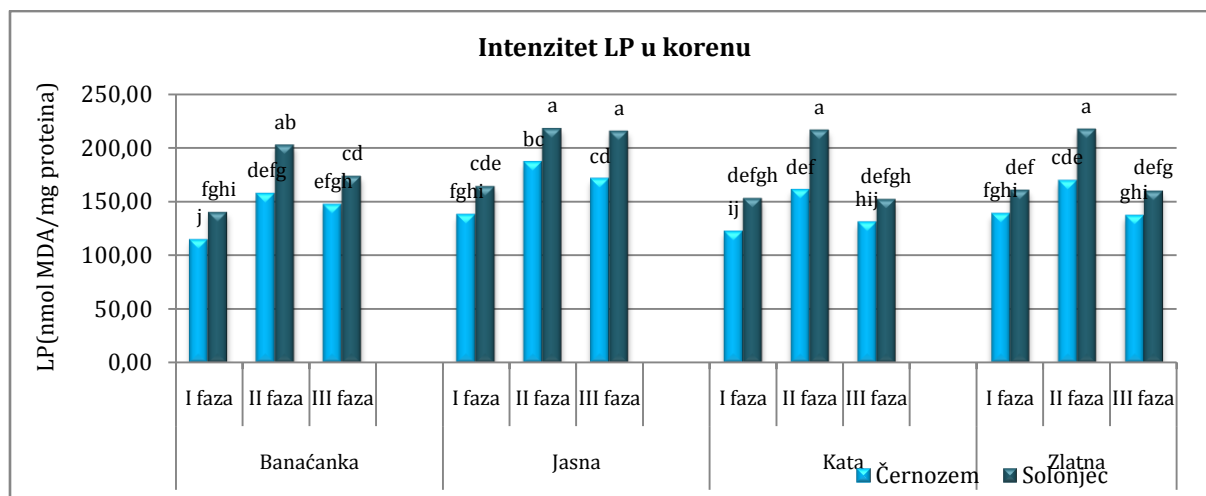
veću u odnosu na vrednosti dobijene na černozeu. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta tipa zemljišta (12,8%), i faze rasta (72,7%), dok efekat genotipa nije bio značajan. Od interakcija prvog reda jedino nije bila značajna interakcija  $Z \times G$ , dok je najveći doprinos zabeležen kod interakcije  $G \times FR$  (12,1%). Takođe, interakcija drugog reda  $Z \times G \times FR$  nije bila značajna za objašnjenje ukupne varijacije intenziteta LP u listu.



Grafikon 63. Intenzitet LP u listu odabranih genotipova uljane repice gajene na černozeu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića

(I faza – faza formiranja lisne rozete, II faza – faza nakon zimskog mirovanja, III faza – faza cvetanja)

**Koren:** Intenzitet LP u korenu uljane repice gajene na černozeu u zavisnosti od faze rasta iznosio je: 114,53 – 157,26 nmol MDA/mg proteina (Banaćanka), 137,61 – 186,32 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 122,22 – 160,68 nmol MDA/mg proteina (Kata), 136,75 – 169,23 nmol MDA/mg proteina (Zlatna). Intenzitet LP u korenu uljane repice gajene na solonjecu u zavisnosti od faze rasta iznosio je: 140,17 – 202,56 nmol MDA/mg proteina (Banaćanka), 164,10 – 217,95 nmol MDA/mg proteina (Jasna), 152,14 – 216,24 nmol MDA/mg proteina (Kata), 159,83 – 217,09 nmol MDA/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 64). Kod svih ispitivanih genotipova u svim fazama ispitivanja intenzitet LP u korenu na solonjecu je bio veći u odnosu na vrednosti dobijene na černozeu. Kod svih ispitivanih genotipova, bez obzira na tip zemljišta, najveće vrednosti bile su u drugoj fazi ispitivanja. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta tipa zemljišta (30,7%), genotipa (12,6%) i faze rasta (45,7%). Od interakcija prvog reda jedino nije bila značajna interakcija  $Z \times G$ . Takođe, interakcija drugog reda  $Z \times G \times FR$  nije bila značajna na objašnjenje ukupne varijacije intenziteta LP u korenu.



Grafikon 64. Intenzitet LP u korenu odabranih genotipova uljane repice gajene na černozemu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvoja

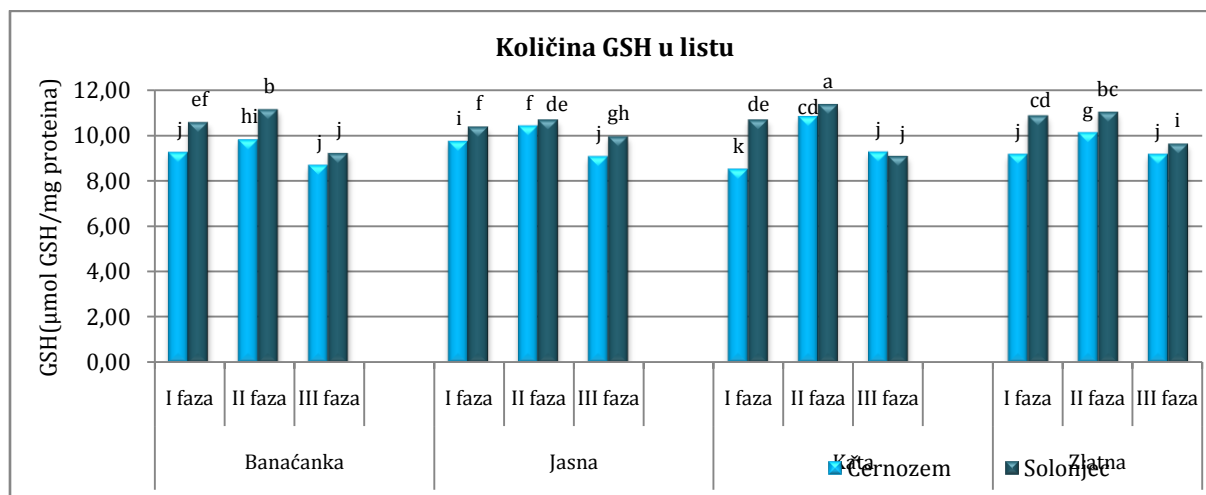
(I faza – faza formiranja lisne rozete, II faza – faza nakon zimskog mirovanja, III faza – faza cvetanja)

#### 5.2.4 Količina GSH u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta

Na grafikonima 65-66 prikazani su rezultati ispitivanja količine GSH u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti tipa zemljišta (Z), genotipa (G) i faze rasta (FR). Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabeli 4 u Prilogu 3. Takođe, rangovi dobijeni ovim testom označeni su i na prikazanim grafikonima.

**List:** Količina GSH u listu uljane repice gajene na černozemu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 8,67 – 9,79  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banačanka), 9,06 – 10,40  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 8,50 – 10,81  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 9,15 – 10,10  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna). Količina GSH u listu uljane repice gajene na solonjecu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 9,22 – 11,13  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Banačanka), 9,95 – 10,68  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Jasna), 9,08 – 11,36  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Kata), 9,63 – 11,02  $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$  (Zlatna) (Grafikon 65). Kod svih ispitivanih genotipa u svim fazama ispitivanja, osim kod genotipa Kata u trećoj fazi, količina GSH u listu na solonjecu je bila veću u odnosu na vrednosti dobijene na černozemu. Najviše vrednosti kod oba tipa zemljišta uočene su u drugoj fazi ispitivanja. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta tipa zemljišta (29,4%),

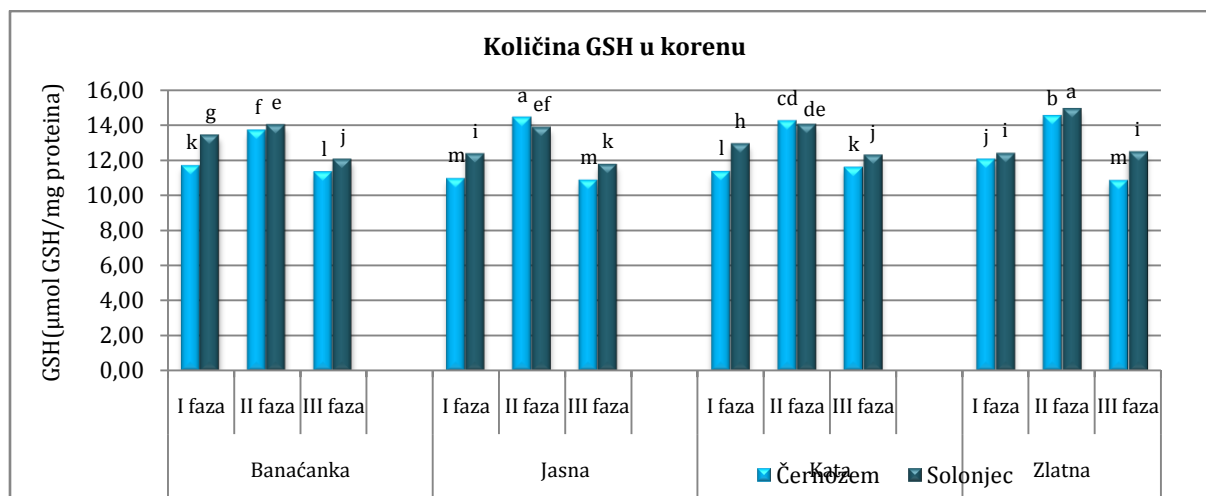
genotipa (1,5%) i faze rasta (49,5%). Sve interakcije prvog i drugog reda su bile statistički značajne. Od interakcija prvog reda najznačajnija je bila  $Z \times FR$  (6,9%), dok je interakcijom drugog reda  $Z \times G \times FR$  objašnjeno 6,5% ukupne varijacije sadržaja GSH u listu.



Grafikon 65. Količina GSH u listu odabranih genotipova uljane repice gajene na černozemu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića

(I faza – faza formiranja lisne rozete, II faza – faza nakon zimskog mirovanja, III faza – faza cvjetanja)

**Koren:** Količina GSH u korenu uljane repice gajene na černozemu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 11,30 – 11,67 µmol GSH/mg proteina (Banačanka), 10,84 – 14,40 µmol GSH/mg proteina (Jasna), 11,30 – 14,21 µmol GSH/mg proteina (Kata), 10,83 – 14,49 µmol GSH/mg proteina (Zlatna). Količina GSH u korenu uljane repice gajene na solonjecu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 12,02 – 13,98 µmol GSH/mg proteina (Banačanka), 11,74 – 13,84 µmol GSH/mg proteina (Jasna), 12,26 – 14,00 µmol GSH/mg proteina (Kata), 12,35 – 14,90 µmol GSH/mg proteina (Zlatna) (Grafikon 66). Kod svih ispitivanih genotipova u svim fazama ispitivanja, osim kod genotipova Jasna i Kata u drugoj fazi, količina GSH u korenu na solonjecu je bila veća u odnosu na vrednosti dobijene na černozemu. Kao i u listu, u korenu najveće vrednosti GSH dobijene su u drugoj fazi ispitivanja na oba tipa zemljišta. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta tipa zemljišta (8,8%), genotipa (2,1%) i faze rasta (78,0%). Sve interakcije prvog i drugog reda su bile statistički značajne. Od interakcija prvog reda najznačajnija je bila  $Z \times FR$  (4,7%), dok je interakcijom drugog reda  $Z \times G \times FR$  objašnjeno 2,9% ukupne varijacije sadržaja GSH u korenu.



Grafikon 66. Količina GSH u korenu odabranih genotipova uljane repice gajene na černozemu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića

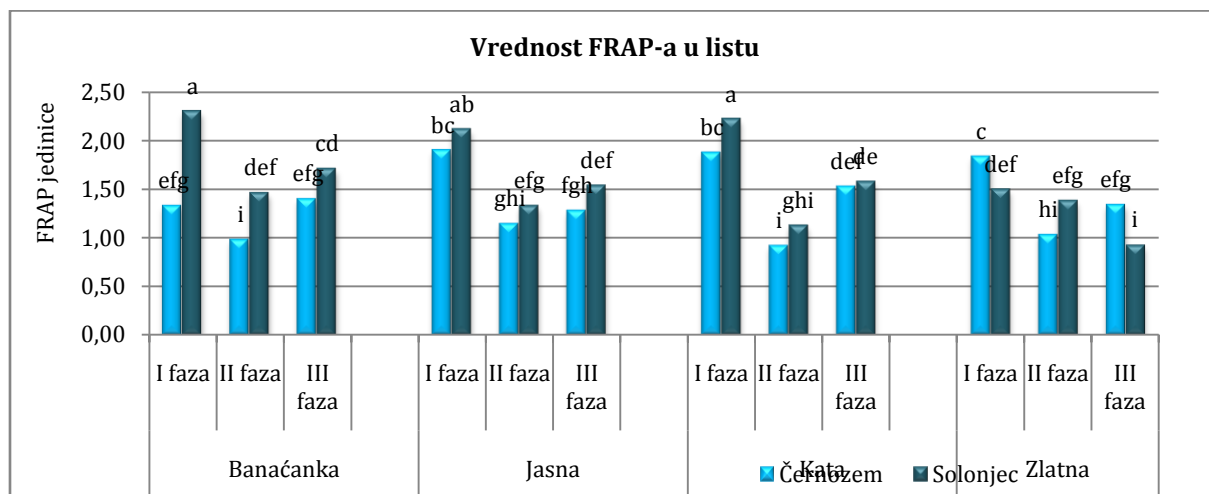
(I faza – faza formiranje lisne rozete, III faza – faza nakon zimskog mirovanja, III faza – faza cvetanja)

### 5.2.5 Ukupna antioksidativna vrednost (FRAP) u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta

Na grafikonima 67-68 prikazani su rezultati ispitivanja ukupne antioksidativne aktivnosti u listu i korenu uljane repice u različitim fazama rasta i razvoja gajene u polukontrolisanim uslovima na različitim tipovima zemljišta. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti tipa zemljišta (Z), genotipa (G) i faze rasta (FR). Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabeli 5 u Prilogu 3. Takođe, rangovi dobijeni ovim testom označeni su i na prikazanim grafikonima.

**List:** Ukupna antioksidativna aktivnost u listu uljane repice gajene na černozemu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 0,99 – 1,40 FRAP jedinica (Banačanka), 1,15 – 1,91 FRAP jedinica (Jasna), 0,92 – 1,88 FRAP jedinica (Kata), 1,04 – 1,84 FRAP jedinica (Zlatna). Ukupna antioksidativna aktivnost u listu uljane repice gajene na solonjecu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 1,47 – 2,31 FRAP jedinica (Banačanka), 1,54 – 2,12 FRAP jedinica (Jasna), 1,13 – 2,23 FRAP jedinica (Kata), 0,93 – 1,50 FRAP jedinica (Zlatna) (Grafikon 67). U listu svih ispitivanih genotipova u svim fazama ispitivanja, osim kod genotipa Zlatna u prvoj i poslednjoj fazi, vrednosti FRAP-a su bile veće na solonjecu u odnosu na černozem. Najviše vrednosti ukupne antioksidativne vrednosti uočene su u prvoj fazi ispitivanja na oba tipa zemljišta. Analizom

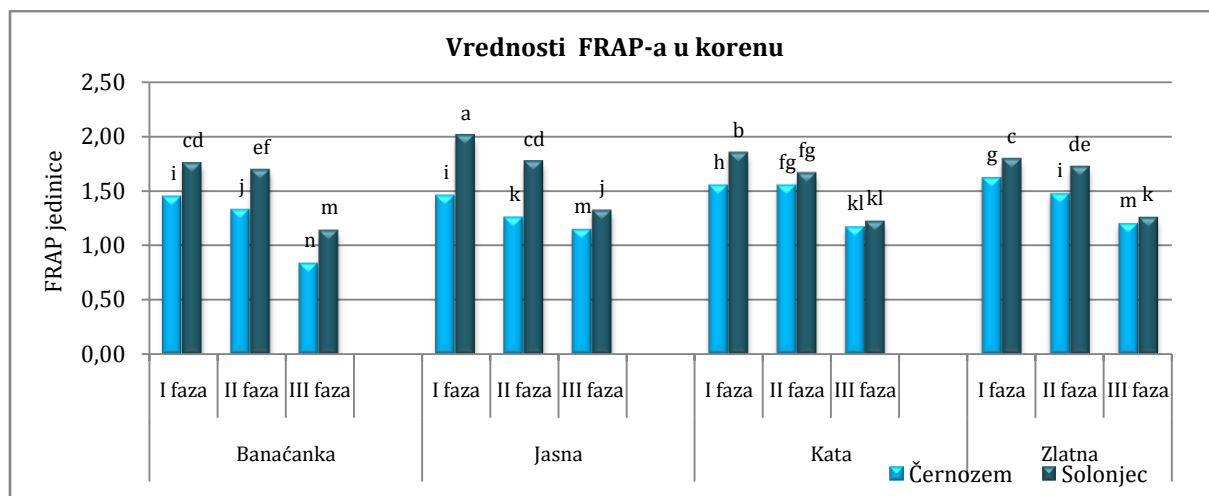
varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta tipa zemljišta (8,0%), genotipa (5,4%) i faze rasta (58,7%). Sve interakcije prvog i drugog reda su bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najznačajnija je bila interakcija  $Z \times G$ , dok je interakcijom  $Z \times G \times FR$  objašnjeno 6,5% ukupne antioksidativne aktivnosti u korenu.



Grafikon 67. Ukupna antioksidativna aktivnost u listu odabranih genotipova uljane repice gajene na černozemu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića

(I faza – faza formiranja lisne rozete, II faza – faza nakon zimskog mirovanja, III faza – faza cvetanja)

**Koren:** Ukupna antioksidativna aktivnost u korenu uljane repice gajene na černozemu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 0,83 – 1,45 FRAP jedinica (Banačanka), 1,14 – 1,46 FRAP jedinica (Jasna), 1,17 – 1,55 FRAP jedinica (Kata), 1,20 – 1,62 FRAP jedinica (Zlatna). Ukupna antioksidativna aktivnost u korenu uljane repice gajene na solonjecu u zavisnosti od faze rasta iznosila je: 1,13 – 1,75 FRAP jedinica (Banačanka), 1,31 – 2,00 FRAP jedinica (Jasna), 1,21 – 1,84 FRAP jedinica (Kata), 1,25 – 1,79 FRAP jedinica (Zlatna) (Grafikon 68). U korenu svih ispitivanih genotipova u svim fazama ispitivanja, vrednosti FRAP-a su bile veće na solonjecu u odnosu na černozem. Najviše vrednosti ukupne antioksidativne vrednosti uočene su u prvoj fazi ispitivanja. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta tipa zemljišta (8,0%), genotipa (58,7%) i faze rasta (5,4%). Sve interakcije prvog i drugog reda su bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najznačajnija je bila interakcija  $Z \times G$  (10,9%), dok je interakcijom  $Z \times G \times FR$  objašnjeno 6,5% ukupne ukupne antioksidativne aktivnosti u korenu.



Grafikon 68. Ukupna antioksidativna aktivnost u korenu odabranih genotipova uljane repice gajene na černozeu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića

(I faza – faza formiranja lisne rozete, II faza – faza nakon zimskog mirovanja, III faza – faza cvetanja)

Više od 10% obradivog i skoro polovina navodnjavanog zemljišta širom sveta su pogođeni salinizacijom, što utiče na smanjenje potencijalnih prinosa kod većine glavnih useva za više od 50% (Bray i sar., 2000). Zaslanjena zemljišta ili slatine u Vojvodini zauzimaju površinu od oko 148 000 ha (Vasin i sar., 2010) i zastupljena su sa dva tipa zemljišta solonjec i solončak (Šišov i sar., 2001). Slatine predstavljaju zaslanjena i/ili alkalizovana (halomorfna) zemljišta, uglavnom nepovoljnih fizičkih i hemijskih svojstava, izložena dopunskom vlaženju podzemnim vodama koje su mineralizovane (Ćirić i sar., 2012). Vojvođanske slatine pretežno čine alkalizovana zemljišta – solonjeci (80 333 ha), koji zauzimaju oko 3,75% od ukupne površine pokrajine (Sekulić i sar., 2005). Solonjec karakterišu nepovoljne fizičko-hemijske osobine, akumulacija natrijumovih soli što dovodi do porasta pH vrednosti i površinski sloj koji sadrži značajnu količinu gline što ga čini nepodobnim za rast i razvoj biljaka (Dimitrijević i sar., 2011).

Mehanizmi odbrane protiv oksidativnog stresa uključuju: preventivne mehanizme, mehanizme za uklanjanje oštećenja, fizičku odbranu i antioksidativnu odbranu (Kaminski i sar., 2012). Stresni faktori (salinitet, kiselost, teški metali) negativno utiču na ekološku ravnotežu i povećan nivo slobodnih radikala i reaktivnih vrsta kiseonika u ćelijama, što je u direktnoj vezi sa promenama u aktivnosti antioksidativnih enzima (Kim i sar., 2005). Zbog toga je veoma važno za ćelije da kontrolišu nivo reaktivnih vrsta kiseonika ali da ih pri tome potpuno ne eliminišu. Mnoga istraživanja pokazuju da su veće aktivnosti ovih enzima u pozitivnoj korelaciji sa tolerantnošću biljnih vrsta prema stresnim uslovima. Promene u aktivnosti enzima takođe



zavise od genotipova i nivoa stresa (Chen i sar., 2007). Poznato je da aktivnost antioksidativnih enzima kao što su SOD, CAT, Px i drugi utiče na otklanjanje ROS. Tako na primer, kod relativno tolerantnih vrsta na soni stress uočene su povećane aktivnosti pojedinih antioksidativnih enzima (Hernandez i sar., 2000), dok kod osetljivih vrsta joni Na<sup>+</sup> izazivaju snažan inhibitorski efekat na određene forme SOD (Hernandez i sar., 1994).

Povećane aktivnosti enzima SOD, intenziteta LP, sadržaja GSH i ukupne antioksidativne aktivnosti u biljkama gajenim na solonjecu u poređenju sa biljkama gajenim na černozeu, ukazuju na značajan stepen stresa kojem su biljke bile izložene. Vrednosti GPx u listu i korenu, bile su približne i na černozeu i na solonjecu, što ukazuje da aktivnost ovog enzima nije u značajnoj meri uticala na odbranu biljka od sonog stresa. Kod pojedinih genotipova, prvenstveno kod genotipa Zlatna, uočene su znatne razlike aktivnosti SOD i GPx između lista i korena biljaka gajenih na černozeu i solonjecu. Kod ovog genotipa uočene su najviše vrednosti aktivnosti navedenih enzima u listu što ukazuje na visok nivo stresa, ali razlike u vrednostima između tipova zemljišta nisu bile značajne. Razlike u aktivnosti ovih enzima u korenu između černozeu i solonjeca su bile izraženije. Prekomerna koncentracija soli u zemljištu uzrokuje nakupljanje soli u korenu biljaka (Schuch i Kelly, 2008). Kaminski i sar. (2012) navode da je jedna od strategija borbe protiv sonog stresa biljaka jeste inhibicija u korenu: Kasparijeve trake sprečavaju prolazak jona do ksilema pa oni ne prelaze iz apoplasta u simplast preko membrane.

Pored većih količina soli u solonjecu, koje su sigurno uticale na aktivnost antioksidativnih enzima, na povećan stepen oksidativnog stresa u biljkama gajenim na marginalnim zemljištima, utiče i stepen raspoloživosti hemijskih elemenata koji zavisi od brojnih ekoloških karakteristika zemljišta: pH, vodnog potencijala zemljišnog rastvora, sadržaja organskih materija (Sundareshwar i sar., 2003). Takođe, veća količina natrijuma u zemljištima ovog tipa, utiče na jonsku ravnotežu, a pre svega na metaboličke procese. Štaviše, aktivnost SOD i CAT je povezana sa koncentracijom elemenata Na, Ca, Fe, Zn, Cu, Mn, Pb i Cd, što ukazuje na složenost procesa antioksidativnog sistema uz istovremeno učešće hemijskih elemenata u stimulaciji i modifikaciji lipidne peroksidacije i aktivnosti ovih enzima (Kaminski i sar., 2012).

Pored biohemijskih promena u biljkama, tipovi zemljišta utiču i na morfološke karakteristike. Biljke koje slabo rastu zbog velike količine soli u zemljištu karakterišu se plavozelenom bojom (Oosterbaan, 2003), za razliku od biljaka koje slabo rastu zbog niske plodnosti i obično su žućkasto-zelene boje. Plava boja dolazi od debelog voštanog sloja koji se javlja u cilju smanjenja transpiracije i gubitka vode, a tamnija bolja od povećanja sadržaja

hlorofila. Akumulacija jona  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$  u listovima utiče na biosintezu hlorofila zbog efekta na aktivnost enzima koji sadrži gvožđe – citohrom oksidaze (Munne-Bosch i sar., 1999). U ovakvom okruženju, biljke apsorbuju prekomerne količine  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$  što za posledicu ima visok odnos  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , koji može oslabiti selektivnost membrane korena (Ozdemir i sar., 2004).

### **5.3 Ispitivanje životne sposobnosti semena odabranih genotipova uljane repice u zaslanjenim uslovima**

Standardni test klijavosti kao najčešće korišćeni test za ocenjivanje kvaliteta semena, ne može da predvidi potencijalne performanse partija semena u zaslanjenim uslovima. Zbog toga su razvijeni vigor testovi za procenu ponašanja semena u nepovoljnim uslovima. Dakle, standardni laboratorijski test u ovakvim uslovima ne može dati pouzdanu informaciju o porastu ponika, posebno u nepovoljnim uslovima sredine kao što su zaslanjeni. Sa druge strane, predviđanje potencijalnog ponašanja partija semena u ovakvim uslovima može dati mogućnost da se seme upotrebi na odgovarajućim površinama, u odgovarajuće vreme.

U cilju ispitivanja tolerantnosti različitih genotipova uljane repice na klijavost semena i parametre porasta ponika u uslovima zaslanjenost, upoređeni su rezultati standardnog testa klijavosti (SLT) i najznačajnijih vigor testova – hladni (cold) test (CT), testa ubrzanog starenja semena (TUS) i Hiltner test (HT).

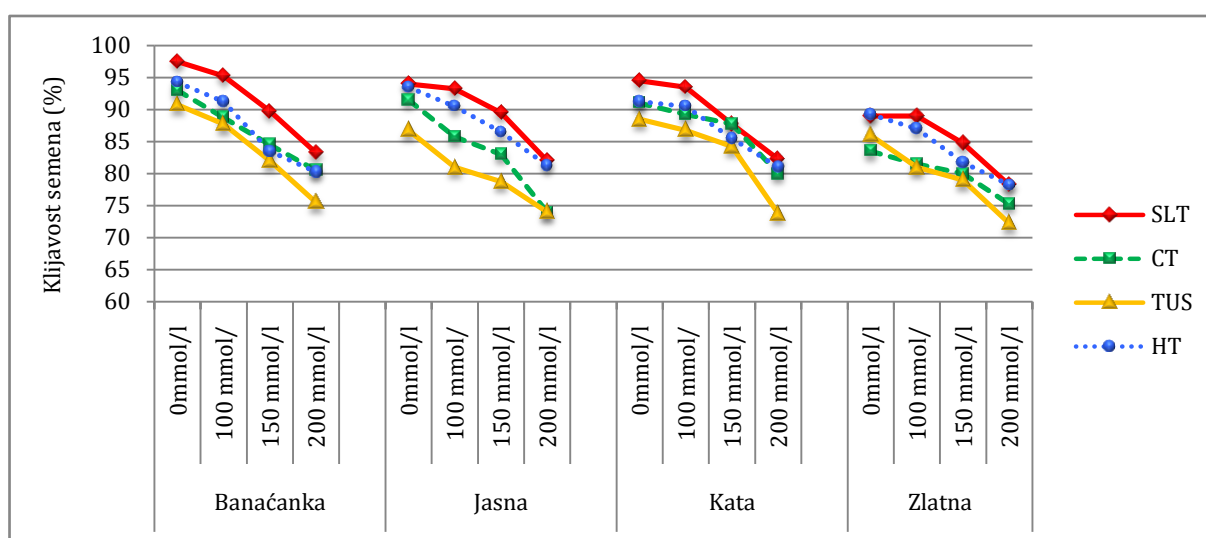
#### **5.3.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na klijavost semena odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova**

Na grafikonima 69-70 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja različitih koncentracija NaCl na klijavost semena odabranih genotipova uljane repice primenom različitih vigor testova. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti koncentracije NaCl (K), genotipa (G) i vigot testa (VT), zasebno za svaku godinu ispitivanja. Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabelama 1-2 u Prilogu 4.

##### ***5.3.1.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na klijavost semena odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena)***

Klijavost semena u kontrolama je iznosila: kod SLT: Banaćanka (98%), Jasna (94%), Kata (95%) i Zlatna (89%); kod CT: Banaćanka (93%), Jasna (92%), Kata (91%) i Zlatna (84%); kod TUS: Banaćanka (91%), Jasna (87%), Kata (89%) i Zlatna (86%); kod HT: Banaćanka (94%),

Jasna (91%), Kata (91%) i Zlatna (89%). Klijavost semena pri različitim koncentracijama NaCl se kretala u opsegu: kod SLT: Banaćanka (83-95%), Jasna (82-93%), Kata (82-94%) i Zlatna (78-89%); kod CT: Banaćanka (81-89%), Jasna (74-86%), Kata (80-89%) i Zlatna (75-82%); kod TUS: Banaćanka (76-88%), Jasna (74-81%), Kata (74-87%) i Zlatna (72-81%); kod HT: Banaćanka (80-91%), Jasna (81-91%), Kata (81-91%) i Zlatna (78-87%) (Grafikon 69). Rezultati ovog istraživanja pokazuju da različite koncentracije NaCl u podlogama za naklijavanje značajno utiču na klijavost semena uljane repice kod svih primenjenih testova. Klijavost semena kod svih ispitivanih genotipova, pri svim koncentracijama NaCl, kod SLT je bila veća u odnosu na dobijenu klijavost kod svih ostalih vigor testova. Kod genotipa Banaćanka, pri svim koncentracijama NaCl, uočene su najveće vrednosti klijavosti kod SLT u odnosu na ostale vigor testove, dok su kod genotipa Zlatna uočene najniže vrednosti. Kod svih ispitivanih genotipova, vrednosti pri TUS, takođe kod svih koncentracije NaCl, su bile najniže u odnosu na druge testove. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta vigor testa (19,9%) koncentracije NaCl (63,1%) i genotipa (10,8%). Od interakcija prvog i drugog reda, značajna su bile interakcije VT  $\times$  G i K  $\times$  G, dok VT  $\times$  K, kao i interakcija trećeg reda nisu bile značajne.

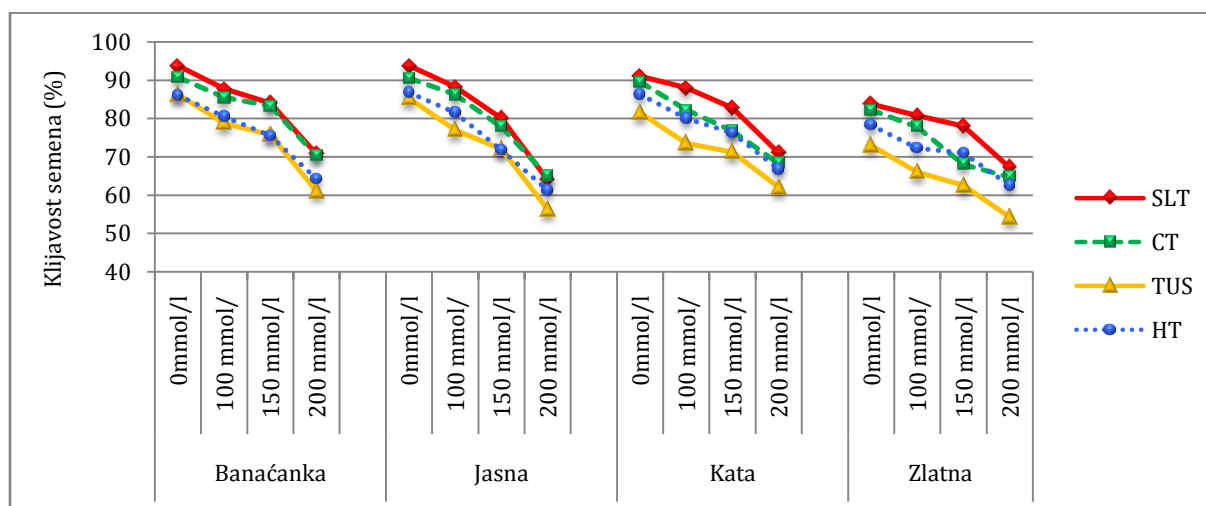


Grafikon 69. Uticaj različitih koncentracija NaCl na klijavost semena odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena)

(SLT - standardni laboratorijski testa, CT - cold hladni test, TUS - testa ubrzanog starenja, HT - Hiltner test)

### 5.3.1.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na klijavost semena odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

Klijavost semena u kontrolama je iznosila: kod SLT: Banaćanka (94%), Jasna (94%), Kata (91%) i Zlatna (84%); kod CT: Banaćanka (91%), Jasna (91%), Kata (90%) i Zlatna (82%); kod TUS: Banaćanka (86%), Jasna (85%), Kata (82%) i Zlatna (73%); kod HT: Banaćanka (86%), Jasna (87%), Kata (86%) i Zlatna (78%). Klijavost semena pri različitim koncentracijama NaCl se kretala u opsegu kod SLT: Banaćanka (71-88%), Jasna (64-88%), Kata (71-88%) i Zlatna (67-81%); kod CT: Banaćanka (70-86%), Jasna (65-86%), Kata (68-82%) i Zlatna (65-78%); kod TUS: Banaćanka (61-79%), Jasna (56-77%), Kata (62-74%) i Zlatna (54-66%); kod HT: Banaćanka (64-81%), Jasna (61-82%), Kata (67-80%) i Zlatna (63-72%) (Grafikon 70). Rezultati ispitivanja klijavosti kod SLT i ostalih vigor testova kretali su se istim trendom kao i kod ispitivanja koja su sprovedena odmah nakon žetve semena. Klijavost semena svih genotipova, pri svim koncentracijama NaCl, kod SLT je bila veća u odnosu na klijavost kod ostalih vigor testova. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta vigor testa (16,6%), koncentracije NaCl (68,3%) i genotipa (10,3%). Od interakcija prvog i drugog reda, značajna su bile interakcije VT  $\times$  G i K  $\times$  G, dok VT  $\times$  K, kao i interakcija trećeg reda nisu bile značajne.



Grafikon 70. Uticaj različitih koncentracija NaCl na klijavost semena odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godina dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

(SLT - standardni laboratorijski testa, CT - cold hladni test, TUS - testa ubrzanog starenja, HT - Hiltner test)

Poznato je da je klijanje semena vrlo složena pojava i povezana sa nizom metaboličkih procesa. Započinje usvajanjem vode i dalje se nastavlja kroz još dve faze: plato fazu (koja podrazumeva male promene sadržaja vode i visoku metaboličku aktivnost) i fazu daljeg povećavanja sadržaja vode uz istovremeno probijanje radikule i rasteenje (Giba i sar., 2004).

Otežano klijanje u zaslanjenim uslovima je često posledica visoke koncentracije soli u zonama setve semena zbog kapilarnog penjanja zemljišnih rastvora, a kasnije i zbog isparavanja na površini zemlje (Zamani i sar., 2010). Prema Kaymakanovoj (2009), salinitet utiče na klijanje na dva načina: 1) velika količina soli smanjuje osmotski potencijal do tačke koja usporava ili sprečava apsorpciju vode neophodne za mobilizaciju hranljivih materija potrebnih za klijanje; 2) soli često sadrže jone (u slučaju ovog eksperimenta  $\text{Na}^+$ ) koji mogu biti toksični za embrion semena. Takođe, Mohammadi (2009) i Rauf (2007) smatraju da je smanjenje klijavosti semena pri velikim koncentracijama  $\text{NaCl}$  uzrokovano pre svega poremećajima u osmotskoj regulaciji, koji dovode do otežanog usvajanja vode u uslovima zaslanjenosti, ali i toksičnim efektom  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$  jona. Farhudi i Sharifzadeh (2006) navode da do značajnog smanjenja procenta klijavosti dolazi sa svakim povećanjem koncentracije  $\text{NaCl}$ .

Suprotno tome, Zhang i sar. (2010) ispitujući seme ječma, navode da razlozi za nekljanje smena u uslovima sonog stresa nisu u potpunosti jasni, s obzirom da je sadržaj vode i koncentracija natrijuma u nekljalom semenu bila viša nego u prokljalim semenima. Ovakav stav sugeriše da osmotsko ograničenje apsorbovanja vode verovatno nije glavni uzrok smanjene klijavosti. Oni smatraju da u ovakvim uslovima integritet membrana može biti ugrožen ili da je akumulacija soli kod tonoplasta možda izazvala gubitak funkcije  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  antiporta, čime se sprečava klijanje.

Ispitivanja životne sposobnosti semena uglavnom su zasnovana na dva glavna uzroka koji utiču na vigor semena: uslovi spoljašnje sredine tokom proizvodnje i starenje semena. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da različite koncentracije  $\text{NaCl}$  u podlogama za naklijavanje značajno utiču na klijavost semena uljane repice kod svih vigor testova. Najviše vrednosti, u oba perioda ispitivanja, uočene su kod SLT kod genotipa Banačanka. U ispitivanjima sprovedenim odmah nakon žetve, kod svih genotipova značajne razlike u procentu klijavosti nisu uočene između kontrole i najniže koncentracije 100 mmol/l rastvora  $\text{NaCl}$ , već je do značajnih smanjenja došlo tek pri višim koncentracijama soli od 150 i 200 mmol/l. Ovakvi rezultati potvrđuju klasifikaciju po kojoj se uljana repica smatra umereno tolerantnom na zaslanjenost.

Sličan odnos između ispitivanih genotipova, ali niže vrednosti klijavosti zabeležene su kod TUS. Tokom ovog testa seme apsorbuje vodu iz vlažne sredine, tako da se sadržaj vlage u semenu povećava i istovremeno sa visokom temperaturom dovodi do ubrzanog starenja i propadanja semena (ISTA, 2014). Cilj ovog testa je da odredi skladišni potencijal partije semena, s obzirom da dugovečnost uskladištenog semena u znatnoj meri zavisi od uslova skladištenja, pre svega od temperature i relativne vlažnosti vazduha (Basavegowda i Arunkumar, 2013). Nakon izlaganja semena uslovima koji u najvećoj meri doprinose starenju i propadanju semena, proces klijanja u uslovima sonog stresa je bio značajno otežan kod svih ispitivanih genotipova. Značajan pad procenta klijavosti kod svih koncentracija NaCl ukazuje da je seme koje je prošlo tretman ubrzanog starenja značajno manje sposobno da se odupre i najnižem nivou sonog stresa. Do najvećeg procenta smanjenja klijavosti između SLT i TUS došlo je kod genotipa Jasna u ispitivanjima sprovedenim u godini proizvodnje semena, i kod genotipova Kata i Jasna u ispitivanjima nakon godinu dana čuvanja semena.

Uticaj temperature na klijanje semena pokazan je i kroz rezultate hladnog testa. Pored toga što temperatura utiče na biohemijske reakcije tokom procesa klijanja, njena važna uloga ogleda se takođe u regulaciji dostupne količine kiseonika kroz semenjaču, važnog u procesu disanja (Bradford i sar., 2008). Intenzitet disanja semena koristi se kao pokazatelj vigora semena i povezano je sa razvojem ponika (Patane i sar., 2006). Rezultati CT za sve parametre kod svih genotipova su uglavnom bili niži u odnosu na SLT.

Pored temperature, faktor koji u značajnoj meri utiče na vigor semena je relativna vlažnost vazduha i u vezi sa tim sadržaj vlage u semenu. Voda u semenu ima nekoliko važnih funkcija, kao što je učestvovanje u mnogim metaboličkim reakcijama, rastvarač je u različitim biohemijskim reakcijama, utiče na unutrašnja molekularna kretanja proteina što se odražava na strukturu fosfolipida i propustljivost ćelijskih membrana. Uopšte, povećan sadržaj vlage u semenu ubrzava proces propadanja semena (Nijenstein i sar., 2007). Nizak sadržaj vlage je koristan za skladištenje semena većine poljoprivrednih kultura (Alhamdan i sar., 2011). Uloga sadržaja vlage u vigor ispitivanjima koji se zasnivaju na starenju semena je kritična, jer povećanje od 1% u sadržaju vlage udvostručice stopu starenja semena i samim tim utiče na stepen gubitka klijavosti (Nijenstein i sar., 2007).

Literaturni podaci ukazuju na postojanje razlika između biljnih vrsta u mehanizmima zaštitnih sistema enzimske i neenzimske prirode koji utiču na stepen propadanja semena. Tako, kod uljanih biljnih vrsta, autooksidacija lipida i povećanje sadržaja slobodnih masnih kiselina

tokom perioda skladištenja su glavni razlozi za naglo propadanje semena ovih biljnih vrsta (Balašević-Tubić i sar., 2005). Činjenica da klijavost semena bogatih lipidima, kao što su vrste roda *Brassica*, uzrokuje, između ostalih procesa, bržu mobilizaciju skladišnih rezervi u kotiledone ponika (Kumar i sar., 2004) što može delimično objasniti postojanja razlika kod ispitivanih parametara između odabranih genotipova.

Slobodno-radikalske oksidacije, enzimaska dehidrogenacija i oksidacija proteina mogu u značajnoj meri doprineti procesu ubrzanog starenja semena (Bernal-Lugo i Leopold, 1998). Povećanje stepena propustljivosti ćelijskih membrana za posledicu ima povećano otpuštanje različitih jedinjenja poput šećera, neorganskih jona i aminokiselina, što istovremeno neposredno utiče na disanje, enzimsku aktivnost i smanjenje sinteze makromolekula (Bewley i Back, 1994). Rezultati ovog istraživanja ukazuju na postojanje negativnog korelacionog odnosa između intenziteta lipidne peroksidacije u semenu i klijavosti u prvoj godini ispitivanja kod svih vigor testova, ali je značajna veza bila samo kod TUS ( $r=-0,30$ ) i kod Hiltner testa ( $-0,32$ ). Isti odnos uočen je i u drugoj godini ispitivanja, ali su korelacione veze bile značajne kod svih primenjenih testova. Ovakav odnos može ukazati na važnost membranskih lipida i njihove peroksidacije za normalno odvijanje procesa u ćelijama u stresni uslovima.

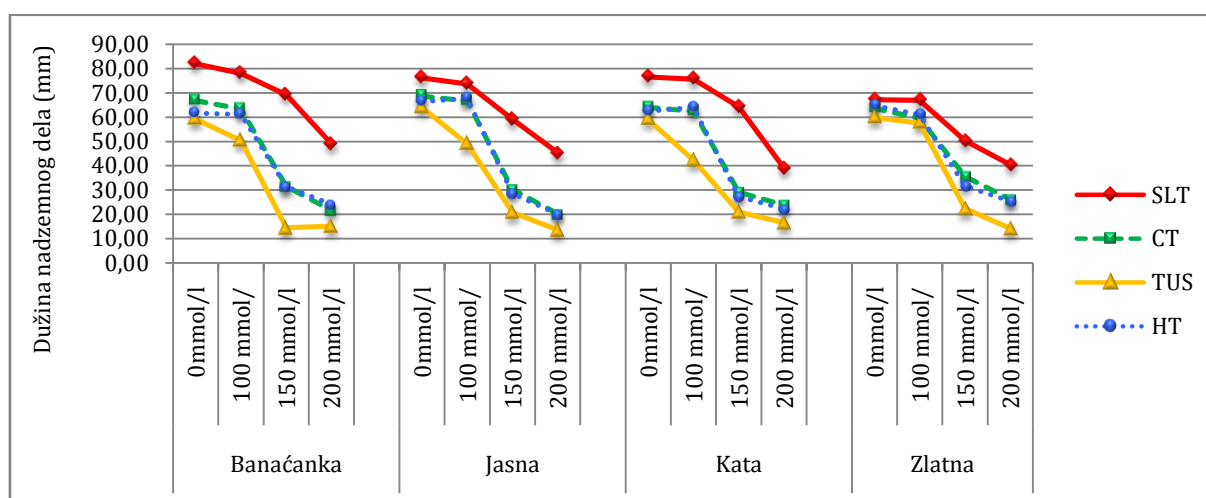
U semenu ječma uočeno je smanjenje aktivnost antioksidativnih enzima SOD i GPx na temperaturi od 35°C u odnosu na aktivnost na temperaturi od 25°C što ukazuje na oslabljenost odbrambenog sistema (Mei i Song, 2010). Rezultati ovog eksperimenta pokazuju pozitivan korelacioni odnos između aktivnosti antioksidativnih enzima u semenu i klijavosti kod svih vigor testova, što ukazuje na njihovu važnu ulogu u procesu klijanja semena u stresnim uslovima zaslanjenosti, neodgovarajuće temperature i visoke vlažnosti vazduha.

### **5.3.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na dužinu nadzemnog dela ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova**

Na grafikonima 71-72 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja različitih koncentracija NaCl na dužinu nadzemnog dela odabranih genotipova uljane repice primenom različitih vigor testova. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti koncentracije NaCl (K), genotipa (G) i vigor testa (VT), zasebno za svaku godinu ispitivanja. Statistički značajne razlike ( $P<0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabelama 3-4 u Prilogu 4.

### 5.3.2.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na dužinu nadzemnog dela ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena)

Dužina nadzemnog dela ponika u kontrolama je iznosila: kod SLT: Banaćanka (81,88 mm), Jasna (76,13 mm), Kata (76,50 mm) i Zlatna (67,13 mm); kod CT: Banaćanka (66,75 mm), Jasna (68,63 mm), Kata (64,00 mm) i Zlatna (60,00 mm); kod TUS: Banaćanka (59,19 mm), Jasna (63,88 mm), Kata (59,06 mm) i Zlatna (59,81 mm); kod HT: Banaćanka (61,63 mm), Jasna (66,38 mm), Kata (62,44 mm) i Zlatna (64,81 mm). Dužina nadzemnog dela pri različitim koncentracijama NaCl se kretala u opsegu: kod SLT: Banaćanka (49,00-77,94 mm), Jasna (45,25-73,63 mm), Kata (39,13-75,63 mm) i Zlatna (40,50-66,94 mm); kod CT: Banaćanka (21,63-63,38 mm), Jasna (20,13-66,63 mm), Kata (23,88-62,38 mm) i Zlatna (26,13-59,50 mm); kod TUS: Banaćanka (15,25-50,33 mm), Jasna (13,63-49,00 mm), Kata (16,63-42,25 mm) i Zlatna (14,25-57,63 mm); kod HT: Banaćanka (24,13-61,63 mm), Jasna (20,00-67,69 mm), Kata (22,19-64,00 mm) i Zlatna (25,44-61,00 mm) (Grafikon 71). Dužina nadzemnog dela ponika kod svih ispitivanih genotipova, pri svim koncentracijama NaCl, kod SLT je bila veća u odnosu na vigor testove. Kod genotipa Kata kod CT i HT, kao i kod genotipa Zlatna kod SLT vrednosti pri najnižoj koncentraciji NaCl su bile veće nego u kontroli. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (70,5%), genotipa (0,2%) i vigor testa (22,9%). Sve interakcije prvog i drugog reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije VT × K (3,7%) dok je K × G × VT interakcijom objašnjeno 1,1% ukupne varijacije dužine nadzemnog dela ponika.

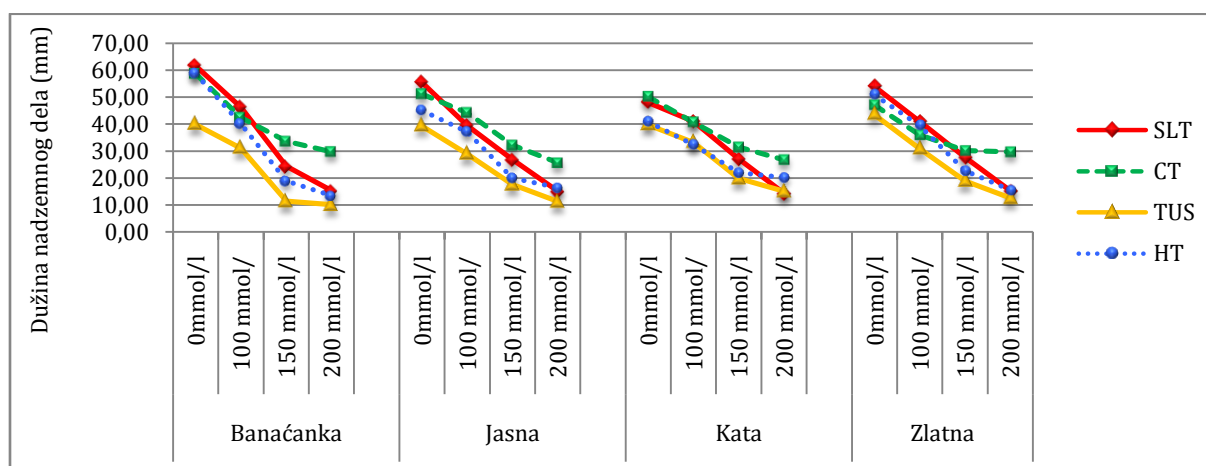


Grafikon 71. Uticaj različitih koncentracija NaCl na dužinu nadzemnog dela ponika (mm) odabranih genotipova uljane repice kod različitih vigor testova ispitivane u godini proizvodnje semena (SLT - standardni laboratorijski testa, CT - cold hladni test, TUS - testa ubrzanog starenja, HT - Hiltner test)



### 5.3.2.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na dužinu nadzemnog dela ponika kod odabranih genotipova uljane repice primenom vigor testova (ispitivano nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

Dužina nadzemnog dela ponika u kontrolama je iznosila: kod SLT: Banaćanka (61,50 mm), Jasna (55,38 mm), Kata (48,00 mm) i Zlatna (53,94 mm); kod CT: Banaćanka (58,50 mm), Jasna (51,00 mm), Kata (50,06 mm) i Zlatna (47,00 mm); kod TUS: Banaćanka (39,81 mm), Jasna (39,25 mm), Kata (35,50 mm) i Zlatna (43,50 mm); kod HT: Banaćanka (58,56 mm), Jasna (45,00 mm), Kata (39,69 mm) i Zlatna (43,50 mm). Dužina nadzemnog dela pri različitim koncentracijama NaCl se kretala u opsegu: kod SLT: Banaćanka (15,25-46,19 mm), Jasna (15,06-39,38 mm), Kata (14,31-40,94 mm) i Zlatna (15,25-40,94 mm); kod CT: Banaćanka (29,69-42,38 mm), Jasna (25,63-44,13 mm), Kata (26,75-40,63 mm) i Zlatna (29,63-35,94 mm); kod TUS: Banaćanka (10,00-31,00mm), Jasna (11,19-28,88 mm), Kata (13,50-33,00 mm) i Zlatna (12,56-30,81 mm); kod HT: Banaćanka (13,44-40,00 mm), Jasna (16,38-37,13 mm), Kata (20,19-32,38 mm) i Zlatna (15,56-39,50 mm) (Grafikon 72). Kod svih ispitivanih genotipova, osim kod genotipa Kata, dužina nadzemnog dela kod SLT bila je veća u odnosu na vrednosti kod vigor testova samo u kontroli. Pri najvećim koncentracijama NaCl (150 mmol/l i 200 mmol/l), kod svih ispitivanih genotipova, dužina nadzemnog dela ponika bila je najveća kod CT. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (79,6%), genotipa (0,3%) i vigor testa (12,4%). Sve interakcije prvog i drugog reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije VT × K (3,1%) dok je K × G × VT interakcijom objašnjeno 1,4% ukupne varijacije dužine nadzemnog dela ponika.



Grafikon 72. Uticaj različitih koncentracija NaCl na dužinu nadzemnog dela ponika (mm) odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godina dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

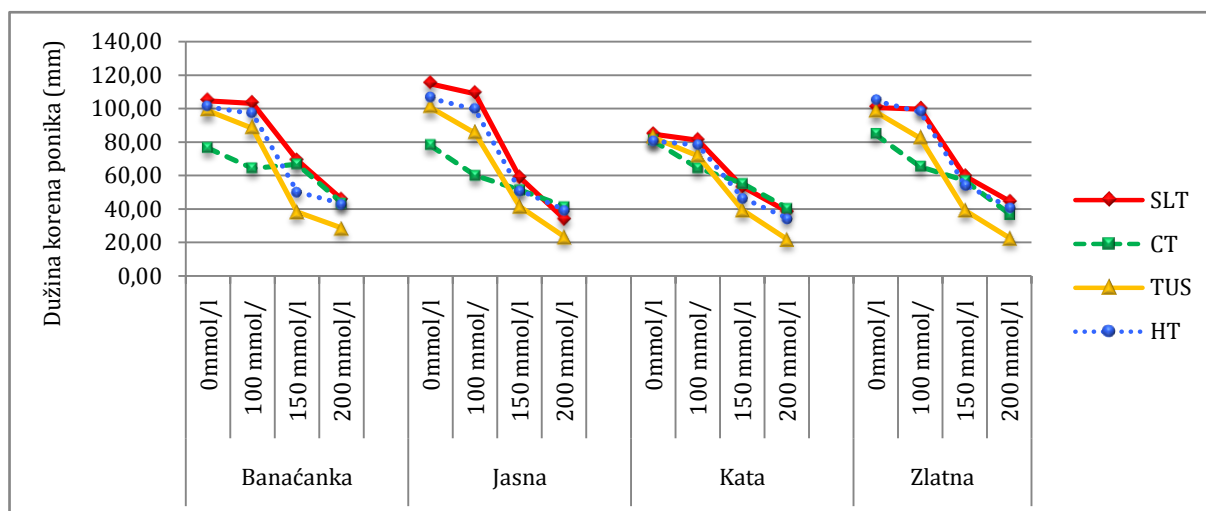
(SLT - standardni laboratorijski testa, CT - cold hladni test, TUS - testa ubrzanog starenja, HT - Hiltner testa)

### **5.3.3 Uticaj različitih koncentracija NaCl na dužinu korena ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova**

Na grafikonima 73-74 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja različitih koncentracija NaCl na dužinu korena ponika odabranih genotipova uljane repice primenom različitih vigor testova. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti koncentracije NaCl (K), genotipa (G) i vigor testa (VT), zasebno za svaku godinu ispitivanja. Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabelama 5-6 u Prilogu 4.

#### **5.3.3.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na dužinu korena ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena)**

Dužina korena ponika u kontrolama je iznosila: kod SLT: Banaćanka (104,63 mm), Jasna (114,75 mm), Kata (84,63 mm) i Zlatna (100,50 mm); kod CT: Banaćanka (76,25 mm), Jasna (77,88 mm), Kata (80,69 mm) i Zlatna (84,31 mm); kod TUS: Banaćanka (98,50 mm), Jasna (100,50 mm), Kata (82,63 mm) i Zlatna (97,75 mm); kod HT: Banaćanka (100,94 mm), Jasna (106,13 mm), Kata (80,50 mm) i Zlatna (104,56 mm). Dužina korena pri različitim koncentracijama NaCl se kretala u opsegu: kod SLT: Banaćanka (45,88-103,13 mm), Jasna (34,13-108,88 mm), Kata (38,63-81,13 mm) i Zlatna (44,63-99,63 mm); kod CT: Banaćanka (43,75-64,25 mm), Jasna (41,63-60,00 mm), Kata (40,63-64,31 mm) i Zlatna (37,00-62,25 mm); kod TUS: Banaćanka (28,63-88,13 mm), Jasna (23,50-85,25 mm), Kata (22,00-71,69 mm) i Zlatna (22,75-82,13 mm); kod HT: Banaćanka (43,13-97,00 mm), Jasna (39,50-99,38 mm), Kata (34,56-78,25 mm) i Zlatna (41,06-97,88 mm) (Grafikon 73). Kod genotipa Kata dužina korena bila je najniža pri svim koncentracijama NaCl kod SLT i kod svih vigor testova, dok su kod genotip Jasna uočene najviše vrednosti ovog parametra samo u kontroli kod svih primenjenih testova. Genotip Banaćanka je imala najduži koren pri visokom intenzitetu stresa (koncentracije 150 mmol/l i 200 mmol/l NaCl) samo pri SLT i CT. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (80,8%), genotipa (2,4%) i vigor testa (6,2%). Sve interakcije prvog i drugog reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije VT × K (2,6%) dok je K × G × VT interakcijom objašnjeno 1,2% ukupne varijacije dužine korena ponika.



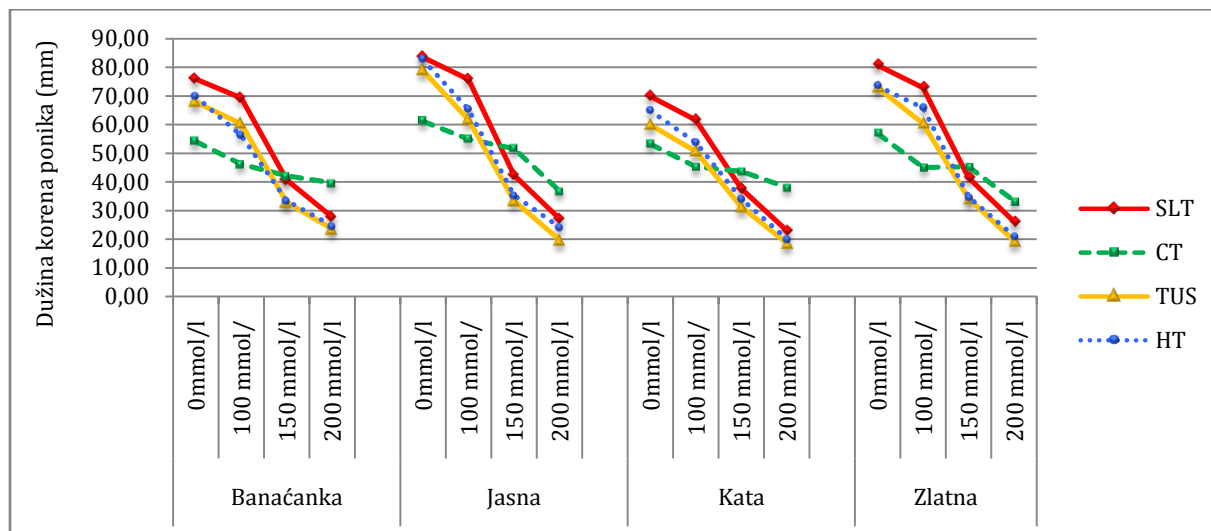
Grafikon 73. Uticaj različitih koncentracija NaCl na dužinu korena ponika (mm) odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena)

(SLT - standardni laboratorijski testa, CT - cold hladni test, TUS - testa ubrzanog starenja, HT - Hiltner test)

### 5.3.3.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na dužinu korena ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godinu dana čuvanja semena u kontrolisanim uslovima)

Dužina korena ponika u kontrolama je iznosila: kod SLT: Banaćanka (75,88 mm), Jasna (83,50 mm), Kata (69,88 mm) i Zlatna (80,75 mm); kod CT: Banaćanka (54,13 mm), Jasna (61,13 mm), Kata (53,16 mm) i Zlatna (56,88 mm); kod TUS: Banaćanka (67,81 mm), Jasna (78,75 mm), Kata (59,88 mm) i Zlatna (72,81 mm); kod HT: Banaćanka (69,75 mm), Jasna (82,63 mm), Kata (64,81 mm) i Zlatna (73,44 mm). Dužina korena pri različitim koncentracijama NaCl se kretala u opsegu: kod SLT: Banaćanka (27,75-69,25 mm), Jasna (27,13-75,75 mm), Kata (23,00-61,63 mm) i Zlatna (26,13-72,88 mm); kod CT: Banaćanka (39,63-46,13 mm), Jasna (36,88-54,81 mm), Kata (38,13-45,25 mm) i Zlatna (33,38-45,00 mm); kod TUS: Banaćanka (23,56-60,25 mm), Jasna (19,69-61,69 mm), Kata (18,63-50,63 mm) i Zlatna (19,43-60,31 mm); kod HT: Banaćanka (24,63-56,19 mm), Jasna (24,25-65,25 mm), Kata (20,06-53,75 mm) i Zlatna (21,13-65,88 mm) (Grafikon 74). Kod genotipa Jasna uočene su najveće vrednosti dužine korena ponika kod SLT pri svim koncentracijama, kao i kod CT i HT pri kontroli, 100 mmol/l i 150 mmol/l. Kod svih genotipova, kod CT uočeno je da su vrednosti pri kontroli bile značajno, a pri najvećem intenzitetu stresa najviše u odnosu na ostale testove. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (81,6%), genotipa (2,4%) i vigor testa (2,8%). Sve interakcije prvog i drugog reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija prvog

reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije VT × K (11,0%) dok je K × G × VT interakcijom objašnjeno 0,5% ukupne varijacije dužine korena ponika.



Grafikon 74. Uticaj različitih koncentracija NaCl na dužinu korena ponika (mm) odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godina dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

(SLT - standardni laboratorijski testa, CT - cold hladni test, TUS - testa ubrzanog starenja, HT - Hiltner test)

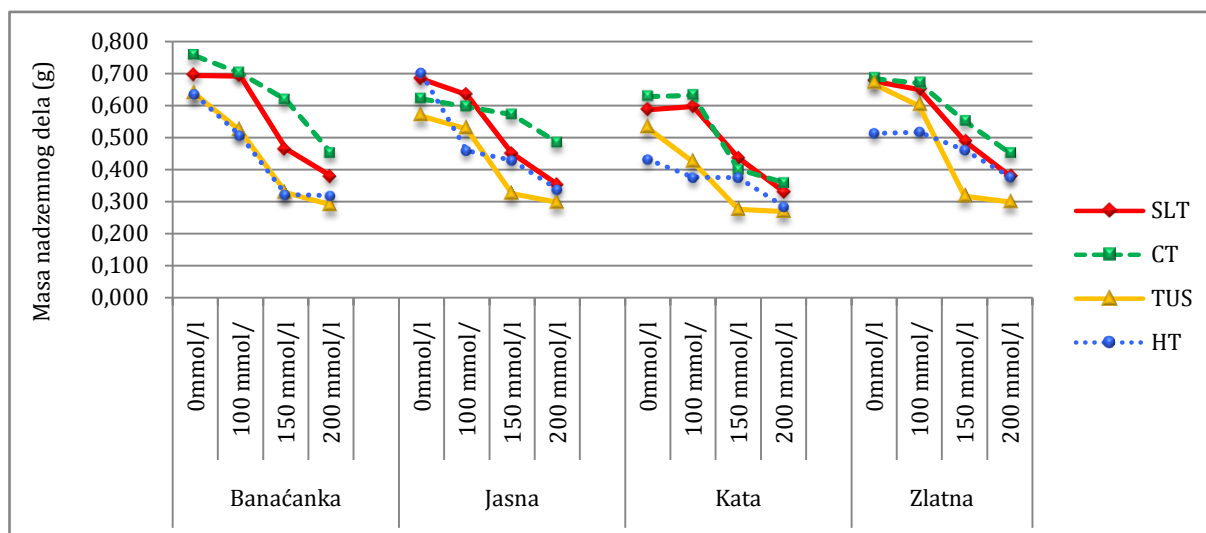
### 5.3.4 Uticaj različitih koncentracija NaCl na svežu masu nadzemnog dela ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova

Na grafikonima 75-76 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja različitih koncentracija NaCl na klijavost semena odabranih genotipova uljane repice primenom različitih vigor testova. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti koncentracije NaCl (K), genotipa (G) i vigot testa (VT), zasebno za svaku godinu ispitivanja. Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabelama 7-8 u Prilogu 4.

#### 5.3.4.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na svežu masu nadzemnog dela ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena)

Masa nadzemnog dela ponika u kontrolama je iznosila: kod SLT: Banaćanka (0,694 g), Jasna (0,683 g), Kata (0,587 g) i Zlatna (0,676 g); kod CT: Banaćanka (0,754 g), Jasna (0,621 g), Kata (0,628 g) i Zlatna (0,684 g); kod TUS: Banaćanka (0,635 g), Jasna (0,567 g), Kata (0,530 g) i

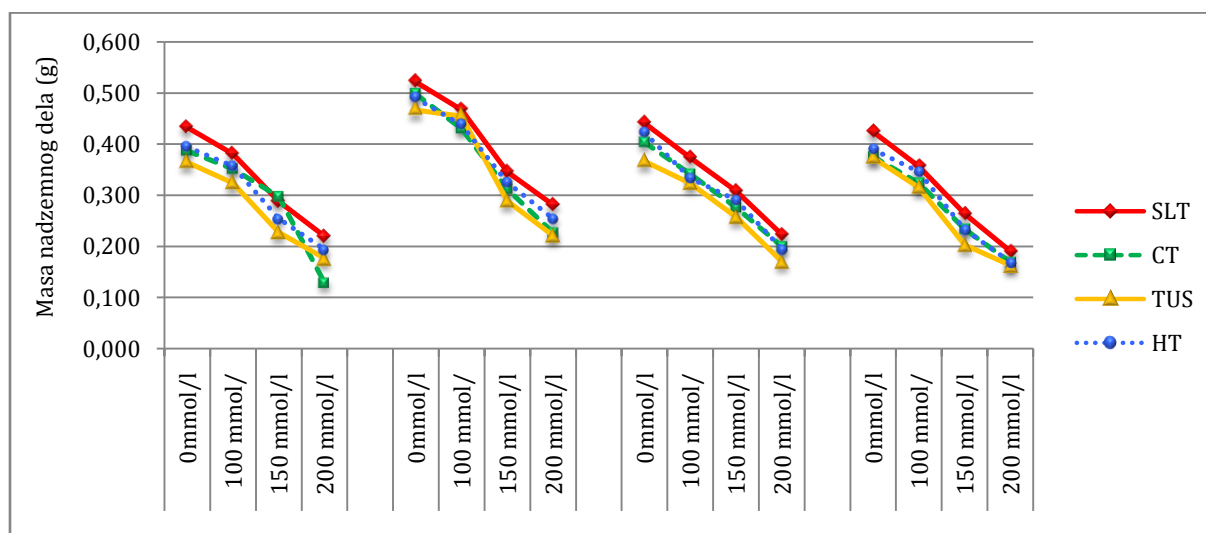
Zlatna (0,667 g); kod HT: Banaćanka (0,633 g), Jasna (0,699 g), Kata (0,432 g) i Zlatna (0,513 g). Masa nadzemnog dela pri različitim koncentracijama NaCl se kretala u opsegu: kod SLT: Banaćanka (0,380-0,692 g), Jasna (0,354-0,634 g), Kata (0,332-0,597 g) i Zlatna (0,381-0,650 g); kod CT: Banaćanka (0,453-0,700 g), Jasna (0,485-0,596 g), Kata (0,360-0,632 g) i Zlatna (0,452-0,669 g); kod TUS: Banaćanka (0,290-0,521 g), Jasna (0,297-0,526 g), Kata (0,269-0,423 g) i Zlatna (0,299-0,599 g); kod HT: Banaćanka (0,320-0,506 g), Jasna (0,340-0,459 g), Kata (0,287-0,377 g) i Zlatna (0,378-0,517 g) (Grafikon 75). Kod genotipa Banaćanka i Zlatna, masa nadzemnog dela pri svim koncentracijama NaCl je bila najveća kod CT u odnosu na ostale testove. Kod genotipa Kata najveće vrednosti kod ovog testa bile su u kontroli i koncentraciji od 100 mmol/l, dok je kod genotipa Jasna masa nadzemnog dela bila najveća pri 150 i 200 mmol/l, takođe kod ovog testa. Kod genotipa Kata pri SLT i CL, kao i kod genotipa Zlatna pri HT, vrednosti ovog parametra bile su veće pri koncentraciji od 100 mmol/l nego u kontroli. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (62,2%), genotipa (6,6%) i vigor testa (19,6%). Od interakcija prvog reda, jedino je bila značajna interakcija VT × K (4,2%) dok je K × G × VT interakcijom objašnjeno 4,9% ukupne varijacije mase nadzemnog dela ponika.



Grafikon 75. Uticaj različitih koncentracija NaCl na masu nadzemnog dela ponika (g) odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena) (SLT - standardni laboratorijski testa, CT - cold hladni test, TUS - testa ubrzanog starenja, HT - Hiltner test)

### 5.3.4.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na svežu masu nadzemnog dela ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

Masa nadzemnog dela ponika u kontrolama je iznosila: kod SLT: Banaćanka (0,433 g), Jasna (0,522 g), Kata (0,441 g) i Zlatna (0,424 g); kod CT: Banaćanka (0,387 g), Jasna (0,498 g), Kata (0,403 g) i Zlatna (0,375 g); kod TUS: Banaćanka (0,365g), Jasna (0,467 g), Kata (0,367 g) i Zlatna (0,374 g); kod HT: Banaćanka (0,394 g), Jasna (0,490 g), Kata (0,422 g) i Zlatna (0,390 g). Masa nadzemnog dela pri različitim koncentracijama NaCl se kretala u opsegu: kod SLT: Banaćanka (0,220-0,381 g), Jasna (0,282-0,467 g), Kata (0,224-0,374 g) i Zlatna (0,191-0,357 g); kod CT: Banaćanka (0,129-0,351g), Jasna (0,227-0,430 g), Kata (0,200-0,341 g) i Zlatna (0,169-0,324 g); kod TUS: Banaćanka (0,177-0,324 g), Jasna (0,222-0,455 g), Kata (0,171-0,323 g) i Zlatna (0,163-0,374 g); kod HT: Banaćanka (0,194-0,357 g), Jasna (0,254-0,438 g), Kata (0,195-0,333 g) i Zlatna (0,169-0,346 g) (Grafikon 76). Najviše vrednosti kod svih koncentracija NaCl pri svim testovima uočene su kod genotipa Jasna, a najniže kod genotipa Kata. Vrednosti dobijene SLT su bile značajno više od vrednosti dobijene ostalim vigor testovima. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (79,8%), genotipa (13,8%) i vigor testa (3,7%). Od interakcija prvog reda, nije bila značajna samo interakcija VT × G, dok je K × G × VT interakcijom objašnjeno 0,9% ukupne varijacije mase nazdemnog dela ponika.



Grafikon 76. Uticaj različitih koncentracija NaCl na masu nadzemnog dela ponika (g) odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

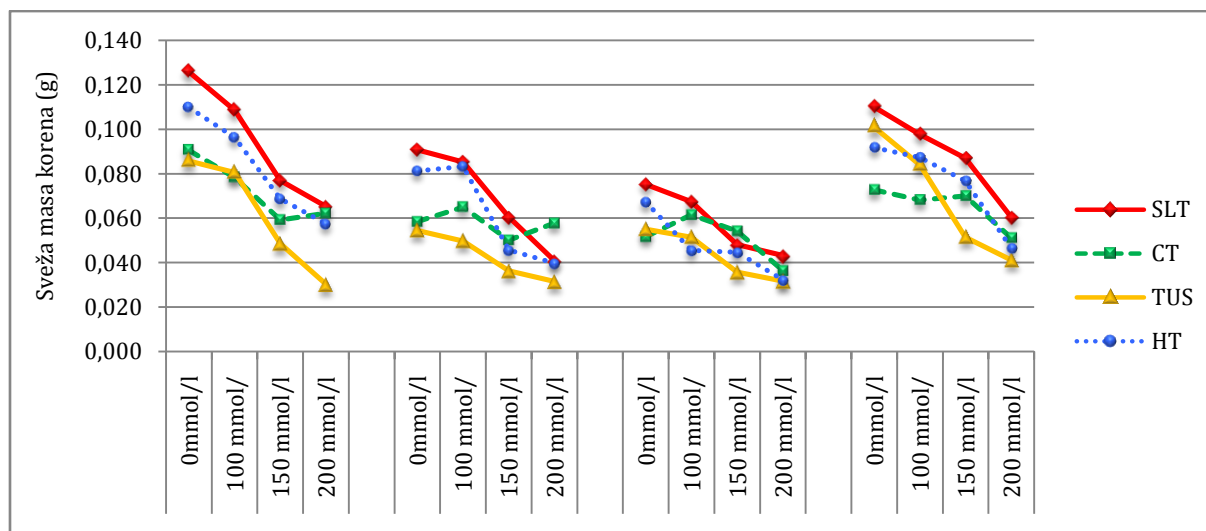
(SLT - standardni laboratorijski testa, CT - cold hladni test, TUS - testa ubranog starenja, HT - Hiltner test)

### **5.3.5 Uticaj različitih koncentracija NaCl na svežu masu korena ponika kod odabranih genotipova uljane repice primenom vigor testova**

Na grafikonima 77-78 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja različitih koncentracija NaCl na klijavost semena odabranih genotipova uljane repice primenom različitih vigor testova. Rezultati su obrađeni analizom varijanse i izraženi su efekti koncentracije NaCl (K), genotipa (G) i vigor testa (VT), zasebno za svaku godinu ispitivanja. Statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između srednjih vrednosti određene su Dankanovim višestrukim testom intervala i označene su različitim slovima u tabelama 9-10 u Prilogu 4.

#### **5.3.5.1 Uticaj različitih koncentracija NaCl na svežu masu korena ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano u godini proizvodnje semena)**

Masa korena ponika u kontrolama je iznosila: kod SLT: Banaćanka (0,126 g), Jasna (0,091g), Kata (0,075 g) i Zlatna (0,110 g); kod CT: Banaćanka (0,091 g), Jasna (0,059 g), Kata (0,052 g) i Zlatna (0,073 g); kod TUS: Banaćanka (0,086 g), Jasna (0,055 g), Kata (0,055 g) i Zlatna (0,101 g); kod HT: Banaćanka (0,110 g), Jasna (0,081 g), Kata (0,067 g) i Zlatna (0,092 g). Masa korena pri različitim koncentracijama NaCl se kretala u opsegu: kod SLT: Banaćanka (0,065-0,109 g), Jasna (0,041-0,085 g), Kata (0,043-0,068 g) i Zlatna (0,061-0,098 g); kod CT: Banaćanka (0,062-0,078 g), Jasna (0,058-0,065 g), Kata (0,037-0,062 g) i Zlatna (0,051-0,068 g); kod TUS: Banaćanka (0,030-0,081 g), Jasna (0,032-0,050 g), Kata (0,032-0,052 g) i Zlatna (0,041-0,084 g); kod HT: Banaćanka (0,058-0,096 g), Jasna (0,040-0,083 g), Kata (0,032-0,046 g) i Zlatna (0,047-0,087 g) (Grafikon 77). Kod genotipova Banaćanka i Jasna, u svim koncentracijama NaCl, masa korena bila je najveća pri SLT. Najniže vrednosti ovog parametra uočene kod genotipa Kata kod SLT, CT i HT. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (43,5%), genotipa (26,6%) i vigor testa (14,7%). Sve interakcije prvog i drugog reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije VT × K (3,9%) dok je K × G × VT interakcijom takođe objašnjeno 3,9% ukupne varijacije mase korena ponika.



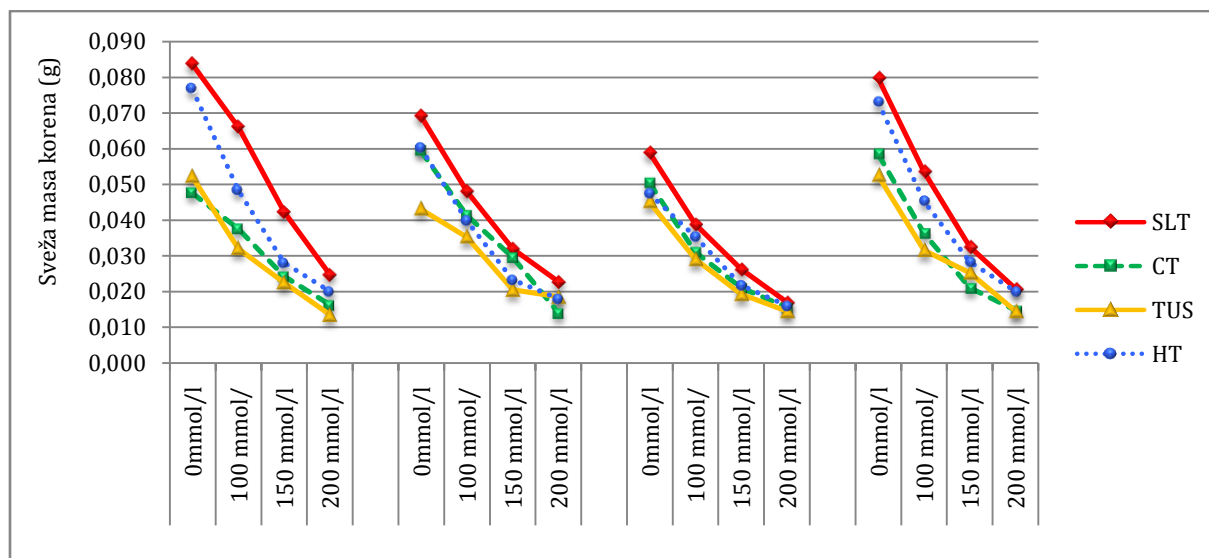
Grafikon 77. Uticaj različitih koncentracija NaCl na masu korena ponika (g) odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivane u godini proizvodnje semena)

(SLT - standardni laboratorijski testa, CT - cold hladni test, TUS - testa ubrzanog starenja, HT - Hiltner test)

### 5.3.5.2 Uticaj različitih koncentracija NaCl na svežu masu korena ponika odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

Masa korena ponika u kontrolama je iznosila: kod SLT: Banaćanka (0,084 g), Jasna (0,069 g), Kata (0,059 g) i Zlatna (0,080 g); kod CT: Banaćanka (0,048 g), Jasna (0,059 g), Kata (0,050 g) i Zlatna (0,058 g); kod TUS: Banaćanka (0,052 g), Jasna (0,043 g), Kata (0,045 g) i Zlatna (0,052 g); kod HT: Banaćanka (0,077 g), Jasna (0,060 g), Kata (0,047 g) i Zlatna (0,073 g). Masa korena pri različitim koncentracijama NaCl se kretala u opsegu: kod SLT: Banaćanka (0,025-0,066 g), Jasna (0,023-0,048 g), Kata (0,017-0,039 g) i Zlatna (0,021-0,054 g); kod CT: Banaćanka (0,014-0,038 g), Jasna (0,014-0,041 g), Kata (0,016-0,031 g) i Zlatna (0,015-0,036 g); kod TUS: Banaćanka (0,014-0,032 g), Jasna (0,019-0,035 g), Kata (0,015-0,029 g) i Zlatna (0,015-0,032 g); kod HT: Banaćanka (0,020-0,048 g), Jasna (0,018-0,040 g), Kata (0,016-0,035 g) i Zlatna (0,020-0,045 g) (Grafikon 78). Kod svih ispitivanih genotipova, pri svim koncentracijama NaCl, masa korena ponika je bila statistički značajno viša u odnosu na vrednosti dobijene u ostalim vigor testovima. Analizom varijanse utvrđen je visoko značajan doprinos ( $P < 0,05$ ) efekta koncentracije NaCl (77,9%), genotipa (3,7%) i vigor testa (10,4%). Sve interakcije prvog i drugog reda su takođe bile visoko značajne. Od interakcija prvog reda najveći doprinos je zabeležen kod interakcije VT  $\times$  G (2,5%) dok je K  $\times$  G  $\times$  VT interakcijom objašnjeno 1,6% ukupne varijacije mase korena ponika.





Grafikon 78. Uticaj različitih koncentracija NaCl na masu korena ponika (g) odabranih genotipova uljane repice kod vigor testova (ispitivano nakon godina dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima) (SLT - standardni laboratorijski testa, CT - cold hladni test, TUS - testa ubrzanog starenja, HT - Hiltner test)

Mnoga istraživanja su pokazala da je odgovor biljaka na suvišak NaCl kompleksan i pored metaboličkih i fizioloških podrazumeva i morfološke promene (Parida i Das, 2005). Pored otežanog usvanjanja neophodne količine vode za normalno odvijanje metaboličkih procesa u ćelijama, smanjenje porasta nadzemnog dela i korena ponika može biti posledica toksičnog efekata kao neravnomernog apsorbovanja hranljivih materija od strane ponika. Razlog za ovo može biti selektivna apsorpcija korenovog sistema, odnosno njegova sposobnost kontrolisanog usvajanja jona što je od presudnog značaja za preživljavanje biljka u prisustvu većih količina NaCl.

Dužina nadzemnog dela i, pre svega, korena su veoma važni pokazatelji kada je u pitanju ispitivanje uticaja zaslanjenosti, jer su koreni u direktnom kontaktu sa zemljom/podlogom i apsorbuju vodu u kojoj su rastvorene soli, dok je nadzemni deo distribuiran u ostale delove biljke (Jamil i Rha, 2004). Dužina nadzemnog dela i korena kod CT, ispitivana nakon godinu dana čuvanja semena bila je najveća pri koncentracijama NaCl od 150 i 200 mmol/l u odnosu na druge testove, što ukazuje na značaj tipa podloge za ublažavanje negativnih efekata visokih koncentracija soli.

Takođe, negativni efekti soli u podlogama za naklijavanje smanjuju brzinu fizioloških i biohemijskih procesa što utiče na otežan razvoj osnovnih struktura ponika posebno u poljskim uslovima (Meneses i sar., 2011). Ranije spomenuta pojava akumulacije velike količine jona kao

što su joni  $\text{Na}^+$  može da dovede do toksičnosti u ćeliji koja se manifestuje dehidracijom i membranskom disfunkcijom. Ovi poremećaji jonske i osmotske ravnoteže mogu sprečavati ključne metaboličke procese koji utiču na rast biljaka (Bybordi i sar., 2010). Analizirajući dužinu nadzemnog dela i korena uočene su značajne razlike kako između genotipova tako i između primenjenih koncentracija. Kod svih koncentracija  $\text{NaCl}$  i svih primenjenih testova, dužina korena bila je veća od nadzemnog dela. Ovo sugeriše da tokom klijanja u različitim uslovima, koreni imaju tendenciju da se više izdužuju u odnosu na nadzemni deo. Do istog zaključka došao je i Meneses i sar. (2011) ispitujući uticaj vodenog stresa na klijanje semena kod pamuka, smatrajući da je ovo opšti odgovor biljaka na uslove nedovoljne količine vode što je, ujedno i jedan od najizraženijih negativnih efekata sonog stresa. Ovo može biti od velike koristi za ponik i mlade biljke zbog povećavanja površine korena i samim tim povećanja količine apsorbovane vode posebno ako sušni period potraje (Moud i Maghsoudi, 2008).

Više vrednosti dužine i mase nadzemnog dela ponika pri najnižoj koncentraciji  $\text{NaCl}$  u odnosu na kontrolu kod genotipova Jasna i Kata u pojedinim testovima, kao i manje razlike između kontrole i najniže koncentracije  $\text{NaCl}$  kod ostalih genotipova, pokazuju da genotipovi koji su bili uključeni u ispitivanje poseduju izvestan stepen tolerantnosti prema manjim koncentracijama  $\text{NaCl}$ . Do sličnih rezultata došli su Bybordi (2010), kao i Jamil i sar. (2005) ispitujući različite vrste roda *Brassica*. Ovakvi rezultati se mogu objasniti pozitivnim uticajem niskih koncentracija  $\text{NaCl}$  na mnoge fiziološke procese, kao što su osmoregulacija, fotosinteza i aktivnost enzima. Hloridi su kofaktori kompleksa koji katalizuje oksidaciju vode (OEC - engl. *oxygen evolving center*). Takođe, za aktivaciju enzima kao što su ATPaza i alfa amilaza koja katalizuje razgradnju skroba u šećere neophodno je prisustvo hlorida (Abdel Haleem i sar., 2012).

Salinitet povećava koncentraciju  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$  u listovima i korenu biljaka soje, dok najveći nivo sonog stresa povećava koncentraciju ovih jona do te mere da izaziva značajnu redukciju porasta biljaka. Još jedan negativan efekat ovog stresa je smanjenje  $\text{K}^+$  i  $\text{K}/\text{Na}$ , što narušava funkciju kalijuma u biljnim ćelijama (Weisany i sar., 2012).

Ashraf i sar. (2010) smatraju da soni stres dovodi do smanjenja deobe ćelija, kao i ćelijskog izduživanja, pre svega zbog otežanog usvajanja hraniva, nakupljanja velikih količina reaktivnih kiseoničnih vrsta, inhibicije ćelijskih enzima, gubitka turgora i hormonskog disbalansa koji svakako utiče na otežani rast biljaka, a kasnije se negativno odražava i na proizvodnju biomase i prinos. Dobijeni rezultati dužine nadzemnog dela i ponika su pokazali da

pri nižim koncentracijama NaCl i nadzemni deo i koren i dalje imaju kapacitet da se nose sa sonim stresom, dok pri višim koncentracijama, dolazi do značajnih oštećenja i pojave nekroze tkiva. Abdel Haleem i sar. (2012) su ukazali da salinitet prouzrokuje smanjenje porasta kod biljne vrste *Vigna unguiculata* pri različitim koncentracijama NaCl (50, 100 i 200 mmol/l). Slične rezultate dobili su i Dolatabadian i sar. (2011) koji su utvrdili da je salinitet uticao na značajno smanjenje mase nadzemnog dela i korena, kao i visine biljke i broj listova kod soje.

Smanjen porast nadzemnog dela i korena u uslovima sonog stresa, može biti posledica smanjene aktivnosti antioksidativnih enzima SOD i GPx što potvrđuju pozitivni korelacioni odnosi između ovih parametra u prvoj godini ispitivanja kod svih vigor testova. Ovakvi korelacioni odnosi nisu zabeleženi u drugoj godini ispitivanja. Za razliku od dužine, masa nadzemnog dela i korena je bila u negativnim korelacionim odnosima sa aktivnošću enzima SOD i GPx u drugoj godini ispitivanja, što potvrđuje njihovu visoku aktivnost u stresnim uslovima što rezultira u sprečavanju daljeg ometanja normalnog odvijanje ćelijskog metabolizma.

Pozitivni korelacioni odnosi između rezultata SLT i HT kod parametara porasta (rezultati nisu prikazani) ukazuju da je seme svih ispitivanih genotipova visoko vigorozno i ima potencijal da se odupre simuliranim uslovima zemljišta lošeg mehaničkog sastava tokom Hiltner testa.

Kada se porede rezultati klijavosti i ostalih parametara dobijenih ispitivanjem u godini proizvodnje semena i nakon godinu dana čuvanja semena, uočava se da su najmanje razlike bile u kontroli prvenstveno kod SLT, dok je već pri najnižoj koncentraciji NaCl došlo do značajnih razlika između dva ispitivana perioda. Ovakvi rezultati ukazuju da je seme, nakon godinu dana čuvanja, zadržalo visok stepen fiziološkog kvaliteta samo ukoliko su uslovi za klijanje bili optimalni, dok je pri nastupanju stresnih uslova, uočeno značajno smanjenje procenta klijavosti.

Analizirajući razlike između vrednosti pojedinih parametara, u zavisnosti od koncentracije NaCl kod različitih vigor testova, uočava se da su vrednosti najpribližnije i najniže pri najvećem intenzitetu sonog stresa (200 mmol/l). Ovakvi rezultati, prvenstveno kod klijavosti semena i mase nadzemnog dela i korena ponika, mogu sugerisati da je visoka koncentracija NaCl bila dominantni faktor, u odnosu na ostale negativne činioce obuhvaćene vigor testovima kao što su niska i visoka temperatura, visoka vlažnost vazduha i mehaničke prepreke podloge.

Biljne vrste i genotipovi koji imaju bolju klijavost i porast ponika u uslovima sonog stresa će biti tolerantniji na stresne uslove u kasnijim fazama (Ashraf i McNeilly, 2004). Zabeležena je pozitivna korelacija između tolerantnosti ponika na zaslanjenosti biljaka u odraslim fazama kod vrsta roda *Brassica* (Ashraf i Ali, 2008).

## 6 ZAKLJUČAK

U prvom delu istraživanja ispitivan je uticaj različitih koncentracija NaCl na antioksidativni status semena i ponika različitih genotipova uljane repice u početnim fazama rasta (24 časa, 7 dana i 21 dan) u godini proizvodnje semena i nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima. Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Različite koncentracije NaCl u plogama za naklijavanje dovele su do indukcije antioksidativnog sistema uljane repice u semenu (nakon 24 časa) i poniku (nakon 7 i 21 dan).
- Postoje jasne razlike između ispitivanih genotipova kada se posmatra aktivnost antioksidativnih enzima (SOD, GPx), količina neenzimskih antioksidanata (GSH) i intenzitet LP, kako u nadzemnom delu tako i u korenu. Ovi rezultati mogu se koristiti kao biohemijski parametri za izbor tolerantnih genotipova uljane repice u uslovima zaslanjenosti.
- Između ispitivanih genotipova postoji varijabilnost u mogućnosti aktiviranja mehanizma antioksidativnog odgovora u uslovima sonog stresa.
- U prvoj godini antioksidativni enzimi su bili aktivniji kada su predstavljali osnovu antioksidativnog zaštitnog sistema, dok su u drugoj godini ispitivanja ovu ulogu preuzeli neenzimski antioksidanti. Razlog za ovo je to što enzimi nakon godinu dana čuvanja semena gube aktivnost.
- Negativan korelacioni odnos između aktivnosti SOD i intenziteta LP uočen je u semenu i nadzemnom delu nakon 21 dan u obe godine ispitivanja, i korenu nakon 21 dan u drugoj godini.
- Aktivnost antioksidativnih enzima (SOD, GPx) je uticala na antioksidativnu ravnotežu i na taj način smanjila oštećenja lipida ćelijskih membrana.
- Kod nekih genotipova primena niskih koncentracija NaCl stimulisala je aktivnosti antioksidativnih enzima, što ukazuje na značaj jona Na<sup>+</sup> i Cl<sup>-</sup> za metaboličke procese.

- Dobijeni rezultati potvrđuju polaznu hipotezu da se veća efikasnost antioksidativnog sistema pojedinih genotipova može smatrati jednim od faktora odgovornim za njihovu tolerantnost na soni stres.

U drugom delu istraživanja, ispitan je uticaj različitih tipova zemljišta na parametre antioksidativnog statusa u korenu i listu različitih genotipova uljane repice u tri faze rasta i razvića. Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Aktivnost svih ispitivanih parametra antioksidantnog statusa kod svih genotipova, i u listu i korenu, je bila veća u biljkama gajenim na solonjecu u odnosu na biljke gajene na černozeu.
- Aktivnost svih ispitivanih parametra antioksidantnog statusa na oba tipa zemljišta je bila najveća u drugoj fazi ispitivanja, u fazi nakon zimskog mirovanja jer su biljke, pored sonog stresa, bile izložene i niskim temperaturama.
- Vrednosti GPx u listu i korenu, bile su približne i na černozeu i na solonjecu. U semenu i poniku je uočeno da je GPx od velike važnosti za odbrambeni sistem. Aktivnost enzima GPx je važnija za odbranu u početnim fazama rasta, dok u kasnijim fazama tu ulogu pružima SOD.

U trećem delu istraživanja ispitana je životna sposobnost semena različitih genotipova uljane repice u uslovima sonog stresa u godini proizvodnje semena i nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima. Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Ispitivanje potencijala klijavosti i parametara porasta ponika u uslovima sonog stresa su jednostavni i korisni parametri, koji mogu da ukažu da odgovor genotipova na soni stres u početnim fazama rasta odražava odgovor biljaka ovakve stresne uslove u kasnijim fazama rasta i razvoja.
- Ponici svih genotipova pri nižim i srednjim koncentracijama NaCl su bili sposobni da se odupru sonom stresu, dok pri većim koncentracijama došlo je do značajnih oštećenja što se odrazilo na smanjenje porasta i pojavu nekroze.
- Nakon izlaganja semena uslovima koji u najvećoj meri doprinose starenju i propadanju semena, proces klijanja u uslovima sonog stresa je bio značajno otežan kod svih ispitivanih genotipova.

- Seme je nakon godinu dana čuvanja zadržalo visok stepen fiziološkog kvaliteta samo u kontroli (0 mmol/l NaCl), odnosno ukoliko su uslovi za klijanje bili optimalni, dok je pri nastupanju stresnih uslova (već pri 100 mmol/l), uočeno značajno smanjenje procenta klijavosti.

Na osnovu istraživanja u svim navedenim fazama mogu se izvesti sledeći zaključci koji ukazuju na interaktivno sinergističko delovanje ispitivanih biohemijskih parametara i pokazatelja koji definišu životnu sposobnost semena odabranih genotipova uljane repice:

- Negativni korelacioni odnos između intenziteta LP u semenu i klijavosti ukazuje da stepen peroksidacije lipidnih membrana ima veliki značaj za normalno odvijanje procesa u ćelijama u stresnim uslovima tokom procesa klijanja.
- Smanjen porast nadzemnog dela i korena u uslovima sonog stresa, može biti posledica smanjene aktivnosti antioksidativnih enzima SOD i GPx što potvrđuju pozitivni korelacioni odnosi između parametra porasta ponika i aktivnosti navedenih enzima u prvoj godini ispitivanja kod svih vigor testova.
- Negativni korelacioni odnosi između sveže mase nadzemnog dela i korena i aktivnost enzima SOD i GPx u drugoj godini ispitivanja, ukazuju da je visoka aktivnost navedenih enzima u stresnim uslovima doprinela sprečavanju daljeg ometanja normalnog odvijanje ćelijskog metabolizma.

Ovakvi rezultati upotpunjuju dosadašnja saznanja o povezanosti oksidativnog stresa izazvanog povećanim sadržajem soli u zemljištu sa parametrima antioksidativnog statusa. Zbog toga, ispitivanje ovih parametra može biti korisno za ocenjivanje tolerantnosti genotipova uljane repice na soni stres.

U cilju povećanja tolerantnosti uljane repice na stresne uslove sredine, pre svega zaslanjenosti, proučavanje odgovora različitih genotipova ima veliki značaj za poboljšanje efikasnosti oplemenjivanja i selekcije. Poznavanje razlika u tolerantnosti između biljnih vrsta i genotipova ima posebnu važnost sa ekološkog i ekonomskog aspekta, omogućavajući pravilno korišćenje poljoprivrednih zemljišta koja se suočavaju sa ovim problemom.

## 7 LITERATURA

- Abdel Haleem M. A. M., Heba I. M., Laila M. Z., Asmaa M. M. (2012): Pre-exposure to gamma rays alleviates the harmful effect of salinity on cowpea plants. *J Stress Physiol Biochem* 8 (4): 199-217.
- Abedi T., Pakniyat H. (2010): Antioxidant Enzyme Changes in Response to Drought Stress in Ten Cultivars of Oilseed Rape (*Brassica napus* L). *Czech J Genet Plant Breed* 46 (1): 27-34.
- Abogadallah G. M. (2010): Antioxidative defence under salt stress. *Plant Signal Behav* 5 (4): 369-374.
- Ahmad P., Jaleel C. A., Sharma S. (2010): Antioxidative defence system, lipid peroxidation, proline metabolizing enzymes and Biochemical activity in two genotypes of *Morus alba* L. Subjected to NaCl stress. *Russ J Plant Physiol* 57:509-517.
- Ajay A., Sairam R. K., Srivastava G. C. (2002): Oxidative stress and antioxidative system in plants *Current Sci* 82 (10): 1227-1238.
- Alger M. S. (1997): Polymer science dictionary. Springer 152. ISBNs 0412608707
- Al-Gubory K. H. (2012): Mitochondria: omega-3 in the route of mitochondrial reactive oxygen species. *Int J Biochem Cell Biol* 44 (9): 1569-1573.
- Alhamdan A. M., Alsadon A. A., Khalil S. O., Wahb-Allah M. A., El Nagar M., Ibrahim A. A (2011): Influence of storage conditions on seed quality and longevity of four vegetable crops. *Amer-Eurasian J Agric Environ Sci* 11 (3): 353-359.
- Alscher R. G., Donahue J. L., Cramer C. L. (1997): Reactive oxygen species and antioxidants: Relationship in green cells. *Physiol Plant* 100: 224-233.
- Alsher R. G, Erturk N., Heath L. S. (2002): Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. *J Exp Bot* 53: 133-1341.
- AOSA (2002): Seed Vigour Testing Handbook. U: Handbook of Seed Testing, Association of Official Seed Analysts, NE, USA, Contribution No. 32.

- Apel K., Hirt H. (2004): Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu Rev Plant Biol* 55: 373–399.
- Ashraf M., Akram N. A., Arteca R. N., Foolad M. R. (2010): The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. *Crit Rev Plant Sci* 29 (3): 162-190.
- Ashraf M., Ali Q. (2008): Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Environ. Exp. Bot.* 63: 266-273.
- Ashraf M., Athar H. R., Harris P. J. C., Kwon T. R. (2008): Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Adv Agron* 97: 45-110.
- Ashraf M., McNeilly T. (2004): Salinity tolerance in *Brassica* oilseeds. *Crit Rev Plant Sci* 23 (2): 157-174.
- Athar H. R., Khan A., Ashraf M. (2008): Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. *Env Exp Bot* 63: 224-231.
- Auclair C., Voisin E. (1985): Nitroblue tetrazolium reduction. U: Greenwald R. A. (Ed.) Handbook of methods for oxygen radical research. CRC Press, Boca Raton: 123–132.
- Bailey-Serres J., Mittler R. (2006): The Roles of Reactive Oxygen Species in Plant Cells. *Plant Physiol* (141): 311.
- Balašević-Tubić S., Malenčić Đ., Tatić M., Miladinović J. (2005): Influence of aging process on biochemical changes in sunflower seed. *Helia* 28(42): 107-114.
- Basavegowda G. S., Arunkumar H. (2013): Effect of commercial cold storage conditions and packaging materials on seed quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Global J Sci Frontier Res Agri Vet Sci* 13 (2): 23-28.
- Ben Amor N., Ben Hamed K., Debez A., Grignon C., Abdelly C. (2005): Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. *Plant Sci* 168: 889-899.
- Benka P., Salvai A. (2005): Digitalizacija pedološke karte Vojvodine zapotrebe geografskog informacionog sistema. *Tematski zbornika radova: Melioracije u održivoj poljoprivredi*, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu: 53-59.



- Bennett M. (2002): Saturated salt accelerated aging (SSAA) and other vigor tests for vegetable seeds In: Proceedings International Seed Seminar: Trade, Production and Technology. Eds. McDonald M., Contreras S., Pontificia Universidad Catolica de Chile, Facultad de Agronomia e Ingenieria Forestal, Departamento de Ciencias Vegetales. 15-16.oktobar, 2002., Santiago, Čile: 188-193.
- Benzie I. F. F, Strain J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70 – 76.
- Benzie I. F. F., Strain J. J. (1999): Ferric reducing antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods Enzymol* 299: 15-27.
- Bernal-Lugo I., Leopold A. C. (1998): The dynamics of seed mortality. *J Exp Bot* 49:1455-1461
- Bewley J. D., Black M. (1994): Seeds: Physiology of Development and Germination. Plenum Press.
- Beyer W. F., Fridovich I. (1987): Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in conditions. *Anal Biochem* 161: 559–566.
- Bor M. F., Ozdemir F., Turkan I. (2003): The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. *Plant Sci* 164: 77–84.
- Borsani O., Valpuesta V., Botella M. A. (2001): Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings. *Plant Physiol* 126: 1024-1030.
- Bradford K. J., Benech-Arnold R. L., Come D., Corbineau F. (2008): Quantifying the sensitivity of barley seed germination to oxygen, abscisic acid, and gibberellin using a population-based threshold model. *J Experim Bot* 59 (2): 335-347.
- Bray E. A., Bailey-Serres J., Weretilnyk E. (2000): Responses to abiotic stress U: Buchanan B., Grissem W., Jones, R. (Eds.): Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiology, Rockville: 1158-1203.
- Bridgman H., Dragovich D., Dodson J. (2008): The Australian Physical Environment. Oxford University Press, USA.

- Bybordi A. (2010): The influence of salt stress on seed germination, growth and yield of canola cultivars. *Not Bot Hort Agrobot Cluj* 38 (1): 128–133.
- Cairns N. G., Pasternak M., Wachter A., Cobbett C. S., Meyer A. J. (2006): Maturation of *Arabidopsis* seeds is dependent on glutathione biosynthesis within the embryo. *Plant Physiol* 141: 446-455.
- Candan N., Tarhan L. (2003): The correlation between antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in *Mentha pulegium* organs grown in  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Mg}_2^+$ ,  $\text{Cu}_2^+$ ,  $\text{Zn}_2^+$  and  $\text{Mn}_2^+$  stress conditions. *Plant Sci* 163: 769-779.
- Carbone M. C., Tatone C., Delle Monache S., Marci R., Caserta D., Colonna R., Amicarelli F. (2003): Antioxidant enzymatic defences in human follicular characterization and age-dependent changes. *Mol Hum Reprod* 9 (11): 639-643.
- Castillo A. G., Hampton J. G., Coolbear P. (1994): Effect of sowing date and harvest timing on seed vigour in garden pea (*Pisum sativum* L.). *New Zealand J Crop Hort Sci* (22): 91-95.
- Cartea M. E., Francisco M., Soengas P., Velasco P. (2011): Phenolic compounds in *Brassica* vegetables. *Molecules* 16: 251-280
- Chaparzadeh N., Amico M. L., Nejad R. K., Izzo R., Izzo F. N. (2004): Antioxidative responses of *Calendula officinalis* under salinity conditions. *Plant Physiol Biochem* 42: 695-701.
- Chen K., Gong M. H., Wang J.S. M., Zhang C. L. (2007): Antioxidant defense system in *Phragmites communis* Trin. ecotypes. *Biologia Plantarum* 51(4): 754-758.
- Cle L. M., Hill R., Niggeweg C., Martin R., Guisez Y., Prinsen E., Jansen M. A. K. (2008): Modulation of chlorogenic acid biosynthesis in *Solanum lycopersicum*; consequences for phenolic accumulation and UV-tolerance. *Phytochem* 69: 2149-2156.
- Collins A. (2001): Carotenoids and genomic stability. *Mutat Res* 475: 1-28.
- Cruz de Carvalho M. H. (2008): Drought stress and reactive oxygen species: Production, scavenging and signaling. *Plant Signal Behav* 3 (3): 156–165.
- Cuttle S. P. (2008): Impacts of Pastoral Grazing on Soil Quality U: McDowell R. W. (Ed) Environmental Impacts of Pasture-Based Farming, CAB International, Oxfordshire: 33-74.

- Ćirić V., Manojlović M., Belić M., Nešić Lj., Šeremešić S. (2012): Stabilnost agregata i procena rizika od stvaranja pokorice na solonjecu pri različitim načinima korišćenja. 49 (3): 243-249.
- Dai Q. L., Chen C., Feng B., Liu T.T., Tian X., Gong Y., Sun Y., Wang J., Du S. Z. (2009): Effects of NaCl treatment on the antioxidant enzymes of oilseed rape (*Brassica napus* L.) seedlings. *Afr J Biotechnol* 8 (20): 5400-5405.
- Dantas B. F., De Sa Ribeiro L., Aragao C. A. (2007): Germination, initial growth and cotyledon protein content of bean cultivars under salinity stress. *Rev Bras Sementes* 29: 106–110.
- Dat J., Vandenabeele S., Vranova E., Van Montagu M., Inze D., Van Breusegem F. (2000): Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. *Cell Molec Life Sci* 57: 779–795.
- De Pascale S., Maggio A. Pernice R., Fogliano V., Barbieri G. (2007): Sulphur fertilization may improve the nutritional value of *Brassica rapa* L. subsp *sylvestris*. *Eur J Agron* 26: 418-424.
- Denisov E. T., Afanasev I. B. (2005): Oxidation and antioxidants in organic chemistry and biology. Boca Raton, London, New York, Singapore: Taylor & Francis group.
- Demiral T., Turkan I. (2005): Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environ Exp Bot* 53: 247-257.
- Dianzani M., Barrera G. (2008): Pathology and physiology of lipid peroxidation and its carbonyl products. In: Alvarez S., Evelson P. (Eds.), Free Radical Pathophysiology. Transworld Research Network: Kerala, India: 19-38.
- Dimitrijević M., Petrović S., Belić M., Banjac B., Vukosavljev M., Mladenov N., Hristov N. (2011): The influence of solonetz soil limited growth conditions on bread wheat yield. *J Agric Sci Technol* 5 (2): 194-201.
- Dolatabadian A., Modarressanavy S. A. M., Ghanati F. (2011) Effect of salinity on growth, xylem structure and anatomical characteristics of soybean. *Notulae Scientia Biologicae* 3 (1): 41-45.
- Dudonne S., Vitrac X., Coutiere P., Woillez M., Merillon J. M. (2009): Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial

- interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *J Agric Food Chem* 57: 1768–1774.
- Duh P. (1999): Antioxidant activity of water extract of four Harnj Jyur (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) varieties in soybean oil emulsion. *Food Chem* 66: 471-476.
- Durrant M. J., Gummerson R. J. (1990): Factors associated with germination of sugarbeet seed in the standard test establishment in the field. *Seed Sci Technol* 18: 1-10.
- Dutilleul C., Garmier M., Noctor G., Mathieu C., Chetrit P., Foyer C. H., Paepe R. (2003): Leaf mitochondria modulate whole cell redox homeostasis, set antioxidant capacity, and determine stress resistance through altered signaling and diurnal regulation. *Plant Cell* (15): 1212–1226.
- Emrani S. N., Arzani A., Saeidi G. (2011): Seed viability, germination and seedling growth of canola (*Brassica napus* L.) as influenced by chemical mutagens. *Afr J Biotechnol* Vol. 10 (59): 1260.
- Enami H. R. (2011): A review of using canola/rapeseed meal in aquaculture feeding. *J Fish Aquat Sci* 6: 22-36.
- Esfandiari E., Shakiba M. R., Mahboob S., Alyari H., Toorchi M. (2007): Water stress, antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedling. *J Food Agric Environ* 5: 149-153.
- Estrella-Gomez N. E., Sauri-Duch E., Zapata-Perez O., Santamaria J. M. (2012): Glutathione plays a role in protecting leaves of *Salvinia minima* from Pb<sub>2</sub><sup>+</sup> damage associated with changes in the expression of SmGS genes and increased activity of GS. *Environ Exp Bot* 75: 188–194.
- FAO (2011): FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of Unated Nation. Dostupno na <http://faostat.fao.org/>
- Farhoudi R., Sharifzadeh F. (2006): The effects of NaCl priming on salt lolerance in canola (*Brassica napus* L.) seedling grown undersaline conditions, *Indian J Crop Sci* 1 (12): 74-78.
- Filek M., Walas S., Mrowiec H., Rudolphy-Skorska E., Sieprawska A., Biesaga-Koscielniak J. (2012): Membrane permeability and micro- and macroelement accumulation in spring wheat cultivars during the short-term effect of salinity and PEG-induced water stress. *Acta Physiol Plant* 34: 985-995.

- Foyer C. H., Noctor G. (2003): Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. *Physiol Plant* 119: 355–364.
- Foyer C. H., Noctor G. (2005): Oxidant and antioxidant signalling in plants: a re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. *Plant Cell Environ* 28: 1056–1071.
- Foyer C. H., Noctor G. (2009): Redox regulation and photosynthetic organisms: Signaling, acclimation, and practical implications. *Antioxid Redox Signal* 11: 861-905.
- Garciadeblas B., Senn M. E., Banuelos M. A., Rodriguez-Navarro A. (2003): Sodium transport and HKT transporters: the rice model. *Plant J* 34: 788–801.
- Garg N., Manchanda G. (2009): ROS generation in plants: boon or bane? *Plant Biosys* 143: 8-96.
- Gawlik-Dziki U. (2008): Effect of hydrothermal treatment on the antioxidant properties of broccoli (*Brassica oleracea* var. *botrytis italica*) florets. *Food Chem* 109: 393-401.
- Giba, Z., Grubišić D., Konjević R. (2004): Nitric oxide and seed germination. U: Magalhaes J. R., Singh R. P., Pasos L. P. (Eds.) Nitric Oxide Signaling in Higher Plants. Eds., Studium Press, LLC, Houston, USA: 239-275.
- Gill S. S., Tuteja N. (2010): Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol Biochem* 48: 909-930.
- Gill S. S., Khan N. A., Tuteja N. (2012): Cadmium at high dose perturbs growth, photosynthesis and nitrogen metabolism while at low dose it up regulates sulfur assimilation and antioxidant machinery in garden cress (*Lepidium sativum* L.). *Plant Sci* 182 (49): 112–120.
- Goel A., Sheoran L. S. (2003): Lipid peroxidation and peroxide scavenging enzymes in cotton seeds under natural ageing. *Biol Plant* 46: 429–434.
- Gomes-Filho E., Machado Lima C. R. F., Costa J. H., da Silva A. C., da Guia Silva Lima M., de Lacerda C. F., Prisco J. T. (2008): Cowpea ribonuclease: properties and effect of NaCl-salinity on its activation during seed germination and seedling establishment. *Plant Cell Rep* 27: 147–157.
- Halliwell B., Gutteridge J. M. C., Aruoma O. I. (1987): The deoxyribose method: a sample test tube assay for determination of rate constant for reaction of hydroxyl radicals. *Anal Biochem* 165: 215-219.

- Halliwell B., Gutteridge J. M. C. (1989): Free radicals in biology and medicine. Oxford: Clarendon Press, drugo izdanje.
- Halliwell B., Gutteridge J. M. C. (1990): Role of free radicals and catalytic metal ions in human diseases: An overview. *Methods Enzymol* 186: 1-86.
- Hampton J. G., Tekrony D. M. (Eds.) (1995): Handbook of vigour test methods. International Seed testing Association, Zurich, Switzerland.
- Hasegawa P., Bressan R. A., Zhu J. K., Bohnert H. J. (2000): Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 51:463-499.
- Hasanuzzaman M., Nahar K., Fujita M. (2013): Plant Response to Salt Stress and Role of Exogenous Protectants to Mitigate Salt-Induced Damages. U: *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*, (Eds.) P. Ahmad Azooz M. M., Prasad M. N. V. (Eds.). Springer Science Business Media.
- Hemavathi Chandrama P. U., Akula N., Kim H. S., Jeon J. H., Ho O. M., Chun S. C., Kim D. H., Park S. W. (2010): Biochemical analysis of enhanced tolerance in transgenic potato plants overexpressing D-galacturonic acid reductase gene in response to various abiotic stresses. *Mol Breeding* (28):1, 105-115.
- Hendry G. A. F, Crawford R. M. M. (1994): Oxygen and environmental stress in plants - an overview. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 102B: 1-10.
- Hernandez J. A., del Rio L. A., Sevilla F. (1994): Salt stress induced changes in superoxide dismutase isozymes in leaves and mesophyll protoplasts from *Vigna radiate* (L.) Walp. *New Phytol* 126: 37-44.
- Hernandez J. A., Compilo A., Jimenez A., Alarcon J. J., Sevilla F. (1999): Responses of antioxidant systems and leaf water relations to NaCl in pea plants. *New phytol* 141: 241-251.
- Hernandez J. A., Jimenez A., Mullineaux P., Sevilla F. (2000): Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long term stress is associated with induction of antioxidant defences. *Plant Cell Environ* 23: 853-862.
- Hiraga S., Sasaki K., Ito H., Ohashi Y., Matsui H. (2001): A large family of class III plant peroxidases. *Plant Cell Physiol* 42: 462-468.
- Hossain M. A., Piyatida P., Teixeira da Silva J. A., Fujita M. (2012): Molecular mechanism of heavy metal toxicity and tolerance in plants: central role of glutathione in detoxification of

- reactive oxygen species and methylglyoxal and in heavy metal chelation. *J Bot*: 1-37, doi:10.1155/2012/872875.
- Hsu S. Y., Kao C. H. (2003): Differential effect of sorbitol and polyethylene glycol on antioxidant enzymes in rice leaves. *Plant Growth Regul* 39: 83-90.
- Huang Y. C., Chang Y. H., Shao Y. Y. (2006): Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan. *Food Chem* 98: 529-538.
- Iqbal M., Ashraf M., Jamil A., Rehman S. (2006): Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plants under salt stress? *Integr Plant J Biol* 48: 181-189.
- ISTA (2014): International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Switzerland.
- Jain M., Mathur G., Koul S., Sarin N. B. (2001): Ameliorative effects of proline on salt stress induced lipid peroxidation in cell lines of groundnut (*Arachis hypogea* L.). *Plant Cell Rep* 20: 463-468.
- Jalali-e-Emam S. M. S., Alizadeh B., Zaefizadeh M., Zakarya R. A., Khayatnezhad M. (2011): Superoxide Dismutase (SOD) Activity in NaCl Stress in Salt-Sensitive and Salt-Tolerance Genotypes of Colza (*Brassica napus*L.). *Middle-East J Sci Res* 7 (1): 7-11.
- James C. (2011): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. Ithaca NY: ISAAA Brief. No. 43.
- Jamil M., Rha E. S. (2004): The effect of salinity (NaCl) on the germination and seedling of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* L.). *Korean J Plant Res* 7(2): 226-232.
- Jovičić D., Marjanović-Jeromela A., Vujaković M., Marinković R., Sakač Z., Nikolić Z., Milošević B. (2011): Uticaj različitih doza NPK đubriva na kvalitet semena uljane repice. *Ratar povrt / Field Veg Crop Res* 48: 125-130.
- Kagan V. E. (1988): Lipid peroxidation in biomembranes. Florida, CRC. Press, Inc. Boca Raton.
- Kamal-Eldin A., Appelqvist L. A. (1996): The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. *Lipids* 31: 671-701.

- Kaminski P., Koim-Puchowska B., Puchowski P., Jerzak L., Wieloch M., Bombolewska K. (2012): Enzymatic antioxidant responses of plants in saline anthropogenic environments, *Plant Science U: Agricultural and Biological Sciences "Plant Science"*, poglavlje 2, (Eds): Dhal N. K. (Ed.), ISBN: 978-953-51-0905-1, DOI: 10.5772/51003. Available from: <http://www.intechopen.com/books/plant-science/enzymatic-antioxidant-responses-of-plants-in-saline-anthropogenic-environments>.
- Karuppanapandian T., Jun-Cheol M., Changsoo K., Kumariah M., Wook K. (2011): Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction and scavenging mechanisms. *Australian J Crop Sci* 5 (6): 709-725.
- Kastori R. (1998): Fiziologija biljaka. Feljton, Novi Sad.
- Kaymakanova M. (2009): Effect of salinity on germination and seed physiology in bean (*Phaseolus vulgare* L.). *Biol Biotechn Eq*, Special edition 23(2): 326-329.
- Khajeh-Hosseini M., Powell A. A., Bingham I. J. (2003): The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soybean seeds. *Seed Sci Techn* 31: 715-725.
- Khan M. A., Rizvi Y. (1994): Effect of salinity, temperature and growth regulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex triflora* var. Stocksii. *Can J Bot* 72: 475-479.
- Kim S. Y., Lim J. H., Park M. R., Kim Y. J., Park T. I., Seo Y. W., Choi K. G., Yun S. J. (2005): Enhanced antioxidant enzymes are associated with reduced hydrogen peroxide in barley roots under saline stress. *J Biochem Mol Biol* 38: 218-224.
- Kolasinska K., Szyrmer J., Dul S. (2000): Relationship between laboratory seed quality tests and field emergence of common bean seed. *Crop Sci* 40: 470-475.
- Kondić J., Marinković R., Mijanović K. (2008): Uljana repica. Poljoprivredni institut Republike Sprske. Banja Luka.
- Koyro H. W. (2002): Ultrastructural effects of salinity in higher plants. U: Lauchli A., Lutge U. (Eds) *Salinity: environment – plants – molecules*. Kluwer, Amsterdam: 139-157.
- Kumar S., R., Sana N. K., Hossain I. (2004): Ionic effect on mobilization of seed storage nutrient substances and lipase activity in germinating oil seeds (*Brassica napus* L.). *Pak J Biol Sci* 7(1): 36-41.



- Kumar V., Sahai V., Bisaria V. S. (2011): High-density sporeproduction of *Piriformospora indica*, a plant growth-promoting endophyte, by optimization of nutritional and cultural parameters. *Bioresource Technol* 102 (3): 3169–3175.
- Laguerre M., Lecomte J., Villeneuve P. (2007): Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. *Prog Lipid Res* 46 (5): 244-282.
- Ledford H. K, Niyogi K. K. (2005): Singlet oxygen and photo-oxidative stress management in plants and algae. *Plant Cell Environ* 28: 1037–1045.
- Lin C. C., Kao C. H. (2000): Effect of NaCl stress on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> metabolism in rice leaves. *Plant Growth Regul* 30: 151-155.
- Lovato A., Noli E., Lovato A. F. S. (2005): The relationship between three cold test temperatures, accelerated ageing test and field emergence of maize seed. *Seed Sci Technol* 33: 249-253.
- Marinković R., Marjanović-Jeromela A., Mitrović P. (2009): Osobenosti proizvodnje ozime uljane repice (*Brassica napus* L.). *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* 46: 33-43.
- Marjanović-Jeromela A., Marinković R., Furman T. (2006): Uljana repica kao sirovina za proizvodnju biodizela. *Zbornik radova Naučni Institut za ratarstvo i povrtarstvo* 42 (1): 25-40.
- Massaro M., Scoditti E., Annunziata Carluccio M., De Caterina R. (2006): Epidemiology of olive oil and cardiovascular disease. U: J. L. Quiles, M. C. Ramirez-Tortosa, P. Yaqoob (Eds.), *Olive oil & health*. CAB International, Oxfordshire: 152-171.
- Matkovics B., Szabo I., Varga I. S. (1989): Determination of enzyme activities in lipid peroxidation and glutathione pathways (in Hungarian). *Laborat Diagn* 15: 248–249.
- Matzinger P. (2007): Friendly and dangerous signals: is the tissue in control. *Nat Immunol* 8: 11-13.
- May M. J., Vernoux T., Leaver C., Van Montagu M., Inzc D. (1998): Glutathione homeostasis in plant implications for environmental sensing and plant development. *J Exp Bot* 49 (321): 649-667.
- McDonald M. B. (1980): Assessment of seed quality. *Hort Sci* 15: 784- 788.

- McDonald M. B. (1999): Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Sci Techn* 27: 177-237.
- McDonald B. E. (2011): Canola Oil: Nutritional Properties. Canola Council Publications. Dostupno na: [http://www.canolacouncil.org/health\\_nutritional.aspx/](http://www.canolacouncil.org/health_nutritional.aspx/)
- Meloni D. A., Oliva M. A., Martinez C. A., Cambraia J. (2003): Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. *Environ Exp Bot* 49: 69-76.
- Meneses C. H. S. G., Bruno R. L. A., Fernandes P. D., Pereira W. E., Lima L. H. G. M., Lima M. M. A., Vidal M. S. (2011): Germination of cotton cultivar seeds under water stress induced by polyethyleneglycol-6000. *Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)* 68 (2): 131-138.
- Mei Y., Song S. (2010): Response to temperature stress of reactive oxygen species scavenging enzymes in the cross-tolerance of barley seed germination. *J Zhejiang Univ Sci B* 11(12): 965-972.
- Milošević M., Balešević-Tubić S. (1998): Biohemijske promene prouzrokovane starenjem semena uljanih biljnih vrsta. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* 30: 387-395.
- Milošević M., Vujaković M., Karagić Đ. (2010): Vigour tests as Indicators of seed viability. *Genetika* 42: 103-118.
- Mittler R. (2002): Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci* 7: 405-410.
- Mittler R., Vanderauwera S., Gollery M., Van Breusegem F. (2004): Reactive oxygen gene network of plants. *Trends Plant Sci* 9: 490-498.
- Mittova V., Tal M., Volokit M., Guy M. (2003): Up-regulation of the leaf mitochondrial and peroxisomal antioxidative systems in response to salt-induced oxidative stress in the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. *Plant Cell Environ* 26: 845-856.
- Mohammadi G. R. (2009): The influence of NaCl priming on seed germination and seedling growth of canola (*Brassica napus* L.) under salinity conditions. *American-Eurasian J Agr Environ Sci* 5 (5): 696-700.
- Moud A. M., Maghsoudi K. (2008): Salt stress effects on respiration and growth of germinated seeds of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *World J Agr Sci* 4 (3): 351-358.

- Montillet J. L., Chamnongpol S., Rusterucci C., Dat J., van de Cotte B., Agnel J.P., Battesti C., Inze D., Van Breusegem F., Triantaphylides C. (2005): Fatty acid hydroperoxides and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in the execution of hypersensitive cell death in tobacco leaves. *Plant Physiol* 138: 1516-1526.
- Munne-Bosch S. (2005): The role of  $\alpha$ -tocopherol in plant stress tolerance. *J Plant Physiol* 162: 743-748.
- Munne-Bosch S., Schwarz K., Alegre L. (1999): Enhanced formation of  $\alpha$ -tocopherol and highly oxidized abietane diterpene in water-stressed rosemary plants. *Plant Physiol.* 121: 1047-1052.
- Munns R. (2002): Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ* 25: 239-250.
- Munns R. (2005): Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol* 167: 645-663
- Munns R, Tester. M. (2008): Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Biol* 59: 651-681.
- Muscolo A., Sidari M., Paccio M. R. (2003): Tolerance of Kikuyu grass to long term salt stress in associated with induction of antioxidant defenses. *Plant Growth Regul* 41: 57-62.
- Mustapić Z. (2008): Uljana repica u Hrvatskoj – hrana i energija. *Glasilo biljne zaštite* 5: 279 - 282.
- Nazar R., Iqbal N., Masood A., Syeed S., Khan N. A. (2011): Understanding the significance of sulfur in improving salinity tolerance in plants. *Environ Exp Bot* 70: 80-87.
- Nayyar H., Gupta D. (2006): Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. *Environ Exp Bot* 58: 106-113.
- Nešić Lj., Hadžić V., Sekulić P., Belić M. (2003): Kvalitet vode za navodnjavanje i salinitet zemljišta u intenzivnoj povrtarskoj proizvodnji. *Letopis naučnih radova* 1: 5-10.
- Nijestejn J. H., Kruse M. (2000): The potential for standardisation in cold testing of maize (*Zea mays* L.). *Seed Sci Technol* 28: 837-851.
- Nijenstein H., Nydam J., Don R., McGrill (Eds.) (2007): ISTA Handbook on Moisture Determination, first edition, International Seed testin Association, Bassersdorf, Switzerland.

- Niyogi K. K., Shih C., Chow W. S, Pogson B. J., Della Penna D., Bjorkman O. (2001): Photoprotection in a zeaxanthin-and lutein-deficient double mutant of *Arabidopsis*. *Photosynthetic Res* 67:139-145.
- Njus D., Kelley P. M. (1991): Vitamins C and E donate single hydrogen atoms in vivo. *FEBS Lett* 284: 147–151.
- Noctor G., Foyer C. H. (1998): A re-evaluation of the ATP: NADPH budget during C3 photosynthesis. A contribution from nitrate assimilation and its associated respiratory activity? *J Exp Bot* 49: 1895-1908.
- Noctor G., Queval G., Mhamdi A., Chaouch S., Foyer C. H. (2011): Glutathione. *The Arabidopsis Book* 9: 0142.
- Othman Y., Al-Karaki G., Al-Tawaha A. R., Al-Horani A. (2006): Variation in germination and ion uptake in barley genotypes under salinity conditions. *World J Agric Sci* 2: 11–15.
- Oosterbaan R. J. (2003): Soil salinity. Dostupno na <http://www.waterlog.info/pdf/salinity.pdf>
- Ozdemir F., Melike B., Demiral T., Turkan I. (2004): Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, praline content and antioxidative system of rice (*Oryza sativa* L.) under salinity stress. *Plant Growth Regul* 42: 203-211.
- Panda S. K. (2012): Assay guided comparison for enzymatic and non-enzymatic antioxidant activities with special reference to medicinal plants U: Mohammed Amr El-Missiry (Ed) *Antioxidant enzyme, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology*: 381-400.
- Parida A. K., Das A. B. (2005): Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotox Environ Safe*: 60: 324–349
- Passardi F., Penel C., Dunand C. (2004): Performing the paradoxical: how plant peroxidases modify the cell wall. *Trends Plant Sci* 9: 534-540.
- Patane C., Cavallaro V., G. Avola, D'Agosta G. (2006): Seed respiration of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) during germination as affected by temperature and osmoconditioning. *Seed Sci Res* 16 (4): 251-260.
- Peksen A., Peksen E., Bozoglu H. (2004): Relationships among some seed traits, laboratory germination and field emergence in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes. *Pak J Bot* 36 (2): 311-320.

- Perron N. R., Brumaghim J. L. (2009): A review of the antioxidant mechanisms of polyphenol compounds related to iron binding. *Cell Biochem Biophys* 53: 75-100.
- Popović B. (2006): Uticaj  $\gamma$ -zračenja na antioksidantni sistem odabranih genotipova soje i pojava oksidativnog stresa. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- Popović B., Štajner D. (2008): Oksidativni stres kod biljaka. Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu.
- Prakash A. (2001): Antioxidant activity. *Medallion Laboratories Analytical Progress* 19 (2): 1-4.
- Price K. R., Casuscelli F., Colquhoun I. J., Rhodes M. J. C. (1997): Hydroxycinnamic acid esters from broccoli florets. *Phytochem* 45: 1683-1687.
- Przybylski R., Mag T., Eskin N. A. M., McDonald B. E. (2005): Canola oil. U: Shahidi F. (ed.): *Bailey's Industrial Oil & Fat Products, Edible Oil & Fat Products: Oils and Oil Seeds*, šesto izdanje, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Purity R. S., Kumar G., Singla-Pareek S., Pareek A. (2008): Towards salinity tolerance in Brassica: an overview. *Physiol Mol Biol Plants* 14 (1-2): 39-49.
- Pyngrupe S., Bhoomika K., Dubey R.S. (2012): Reactive oxygen species, ascorbate–glutathione pool, and enzymes of their metabolism in drought-sensitive and tolerant indica rice (*Oryza sativa* L.) seedlings subjected to progressing levels of water deficit. *Protoplasma* 250: 585–600.
- Quiroga M., Guerrero C., Botella M. A., Ros Barceló A., Amaya I., Medina M. I., Alonso F. J., de Forchetti S. M., Tigier H., Valpuesta V. (2000): A tomato peroxidase involved in the synthesis of lignin and suberin. *Plant Physiol*: 122: 1119-1127.
- Queval G., Noctor G. (2007): A plate-reader method for the measurement of NAD, NADP, glutathione and ascorbate in tissue extracts: application to redox profiling during *Arabidopsis* rosette development. *Anal Biochem* 363: 58–69.
- Queval G., Jaillard D., Zechmann B., Noctor G. (2011): Increased intracellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> availability preferentially drives glutathione accumulation in vacuoles and chloroplasts. *Plant Cell Environ* 34: 21–32.

- Quy Hai D., Kovacs K., Matkovics I., Matkovics B. (1975): Properties of enzymes X, Peroxidase and superoxide dismutase contents of plant seeds. *Biochem Physiol Pflanzen (BPP)* 167: 357-359.
- Rauf M., Munir M., Ul-Hassan M., Ahmad M., Afzal M. (2007): Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. *Afr J Biotechn* 6 (8): 971-975.
- Reddy A. R., Chaitanya K. V., Vivekanandan M. (2004): Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J Plant Physiol* 161: 1189-1202.
- Reynolds M., Tuberosa R. (2008): Translational research impacting on crop productivity in drought-prone environments. *Curr Opin Plant Biol* 11: 171-179.
- RZS (2013): Republički zavod za statistiku republike Srbije. Dostupno na <http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/public/ReportView.aspx>
- Sapunjjeva T., Alexieva I., Mihaylova D., Popova A. (2012): Antimicrobial and antioxidant activity of extracts of *Allium ursinum* L. *J BioSci Biotech Online*: 143 – 145.
- Sattler S. E., Gilliland L. U., Magallanes-Lundback M., Pollard M., Della Penna D. (2004): Vitamin E is essential for seed longevity and for preventing lipid peroxidation during germination. *Plant Cell* 16:1419-1432.
- Scandalios J. G. (1993): Oxygen stress and superoxide dismutase. *Plant Physiol* 101: 712-726.
- Schuch U. K., Kelly J. J. (2008): Salinity tolerance of cacti and succulents. Turfgrass, Landscape and Urban IPM Research Summary: 155.
- Sedlak J., Lindsay H. (1968): Estimation of total protein bound and non protein sulphhydryl groups in tissue with Ellman's reagent. *Anal Biochem*. 25: 192-205.
- Sekmen A. H., Turkana I., Takiob S. (2007): Differential responses of antioxidative enzymes and lipid peroxidation to salt stress in salt-tolerant *Plantago maritime* and salt-sensitive *Plantago media*. *Physiol Plant* 131: 399-411.
- Sekulić P., Nešić Lj, Hadžić V., Belić M., Vasin J., Ubavić M., Bogdanović D., Čuvarđić M., Dozet D., Pucarević M., Milošević N., Jarak M., Đurić S., Ralev J., Škorić- Zeremski T. (2005): Zemljišta Srbije kao resurs održivog razvoja, XI Kongres DPZSCG, Budva, plenarni referat: 18-37.

- Shahbazi E. S., Arzani A., Saeidi G. (2011): Effects of NaCl treatments on seed germination and antioxidant activity of canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Bangladesh J Bot* 41 (1): 67-73.
- Shalata A., V. Mittova M. Volokita M. Guy, Tal M. (2001): Response of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii* to salt-dependent oxidative stress: The root antioxidative system. *Physiol Plant*. 112: 487-494.
- Sharma V., Ramawat K. G. (2013): Salinity-induced modulation of growth and antioxidant activity in the callus cultures of miswak (*Salvadora persica*). *Biotech* 3 (1): 11-17.
- Shigeoka S., Ishikawa T., Tamoi M., Miyagawa Y., Takeda T., Yabuta Y., Yoshimura K. (2002): Regulation and functions of ascorbate peroxidase isoenzymes. *J Exp Bot* 53:1305-1311.
- Sieferman-Harms D. (1987): The light harvesting functions of carotenoids in photosynthetic membrane. *Plant Physiol* 69: 561-568.
- Simon L. M., Fatrai Z., Jonas D. E., Matkovics B. (1974): Study of metabolism enzymes during the development of *Phaseolus vulgaris*. *Biochem Physiol Pflanzen (BPP)* 166: 387-392.
- Singh N. A., Anjum N. A., Khan R., Nazar (2008): Metal-binding peptides and antioxidant defence system in plants: significance in cadmium tolerance. U: N.A. Khan, S. Singh (Eds.) *Abiotic stress and plant responses*. IK International, New Delhi: 159- 189.
- Soler-Rivas C., Espin J. C., Wichers H. J., (2000): An easy and fast test to compare total free radical scavenger capacity of foodstuffs. *Phytochem Anal* 11 (5): 330-338.
- Sonar B. A., Desai Nivas M., Gaikwad D. K. and Chavan P. D. (2011): Assessment of salinity-induced antioxidative defense system in *Colubrina asiatica* Brong. *J Stress Physiol Biochem* 7 (3): 193-200.
- Starzynska A., Leja M., Mareczek A. (2003): Physiological changes in the antioxidant system of broccoli flower buds senescing during short-term storage, related to temperature and packaging. *Plant Sci* 165: 1387-1395.
- Sundareshwar P. V., Morris J. T., Koepfler E. K., Fornwalt B. (2003): Phosphorus limitation of coastal ecosystem processes. *Science* 299 (5606): 563-565.
- Šišov L. L., Tonkonogov V. D., Lebedeva I. I., Gerasimova M. I. (2001): Russian soil classification system, V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Russian Academy of Agricultural Sciences, Dokuchaev Society of Soil Scientist of Russian Academy of Sciences, Moscow

- Škorić A., Filipovski G., Ćirić M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Posebna izdanja, knjiga LXXVIII, Sarajevo.
- Štajner D., Orlović S., Popović B. M., Kebert M., Galić Z. (2011): Screening of drought oxidative stress tolerance in Serbian melliferous plant species. *Afr J Biotechnol* 10(9): 1609-1614.
- Štajner D., Orlović S., Popović B. M., Kebert M., Stojnić S., B. Klačnja (2013): Chemical parameters of oxidative stress adaptability in beech. *J Chem* 2013: 1-8.
- Štajner D., Popović B., Čanadanović-Brunet J., Štajner M. (2008): Antioxidant and scavenger activities of *Allium ursinum*. *Fitoterapia* 79: 303-305.
- Tanou G., Molassiotis A., Diamantidis G. (2009): Induction of reactive oxygen species and necrotic death-like destruction in strawberry leaves by salinity. *Environ Exp Bot* 65: 270-281.
- Tayefi-Nasrabadi H., Dehghan G., Daeihassani B., Movafegi A., Samadi A. (2011): Some biochemical properties of guaiacol peroxidases as modified by salt stress in leaves of salt-tolerant and salt-sensitive safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Afr J Biotechnol* 10 (5): 751-763.
- Tsai Y. C., Hong C. Y., Liu L. F., Kao C. H. (2005): Expression of ascorbate peroxidase and glutathione reductase in roots of rice seedlings in response to NaCl and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *J Plant Physiol* 162: 291-299.
- Turkan I., Bor M., Ozdemir F., Koca H. (2005): Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Sci* 168: 223-231.
- Tuteja N. (2007): Mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Methods Enzymol* 428: 419-438.
- Tumbas V. (2010): Antiradikalska i antiproliferativna aktivnost ekstrakata odabranih biljaka iz familije *Rosaceae* i *Ericaceae*. Doktorska disertacija, tehnoloski fakultet Novi Sad.
- Upchurch R. G. (2008): Fatty acid unsaturation, mobilization and regulation in response of stress to plants. *Biotechnol Lett* 30: 967-977.
- Valliyodan B., Nguyen H. T. (2006): Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. *Curr Opin Plant Biotech*: 9: 189-195.



- Vasin J., Belić M., Nešić Lj., Ninkov J., Zeremski-Škorić T. (2010): Uticaj fizičkih osobina zaslanjenih zemljišta Vojvodine na produkciju biomase. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36 (3): 220-227.
- Vellosillo T., Vicente J., Kulasekaran S., Hamberg M., Castresana C. (2010): Emerging complexity in reactive oxygen species production and signaling during the response of plants to pathogens. *Plant Physiol* 154: 444-448.
- Vernoux T., Wilson R. C., Seeley K. A., Reichheld J. P., Muroy S., Brown S., Maughan S. C., Cobbett C. S., Van Montagu M., Inze D., May M. J., Sung Z. R. (2000): The root meristemless / cadmium sensitive2 gene defines a glutathione-dependent pathway involved in initiation and maintenance of cell division during postembryonic root development. *Plant Cell* 12: 97-110.
- Vieira R. D., Neto A. S., Mudrovitsch de Bittencourt S. R., Panobianco M. (2004): Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. *Sci Agric* 61 (2): 164-168.
- Vinocur B., Altman A. (2005): Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: Achievements and limitations. *Curr Opin Biotech* 16: 123-132.
- Wahid A., Farooq M., Basra S. M. A., Rasul E., Siddique K. H. M. (2011): Germination of seeds and propagules under salt stress. U: Pessarakli M. (ed) *Handbook of plant and crop stress*, treće izdanje, CRC Press, Boca Raton: 321-337.
- Wang N., Qian W., Suppanz I., Wei L., Mao B., Long Y., Meng J., Muller A. E. Jung C. (2011): Flowering time variation in oilseed rape (*Brassica napus* L.) is associated with allelic variation in the FRIGIDA homologu BnaA.FRI. *J Exp Bot* 62 (15): 5641-5658.
- Weisany W., Sohrabi Y., Heidari G., Siosemardeh A., Ghassemi-Golezani K. (2012): Changes in antioxidant enzymes activity and plant performance by salinity stress and zinc application in soybean (*Glycine max* L.). *Plant Omic J* 5(2): 60-67.
- Winkel-Shirley B. (2002): Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Curr Opin Plant Biol* 5: 218-223.
- Witzel K., Weidner A, Surabhi G., BornerA., Mock H. (2009): Salt stress-induced alterations in the root proteome of barley genotypes with contrasting response towards salinity. *J Exp Bot* 60 (12): 3545-3557.

- Yari L., Aghaalikhani M., Khazaei F. (2010): Effect of seed priming duration and temperature on seed germination behavior of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *ARNP . Agric Biol Sci* 5 (1): 5-8.
- Yokota A., Kawasaki S., Iwano M., Nakamura C., Miyake C., Akashi K. (2002): Citrulline and DRIP-1 protein (ArgE homologue) in drought tolerance of wild watermelon. *Ann Bot* 89: 825–832.
- Zagorchev L., Seal C. E., Kranner I., Odjakova M. (2012): Redox state of low-molecular-weight thiols and disulphides during somatic embryogenesis of salt-treated suspension cultures of *Dactylis glomerata* L. *Free Radic Res* 46: 656–664.
- Zagorchev L., Seal C. E., Kranner I., Odjakova M. (2013): A central role for thiols in plant tolerance to abiotic stress. *Int J Mol Sci* (14): 7405-7432.
- Zamani S., Nezami M. T., Habibi D., Khorshidi M. B. (2010): Effect of quantitative and qualitative performance of four canola cultivars (*Brassica napus* L.) to salinity conditions. *Advance Envir Bio.* 4 (3): 422-427.
- Zhang F., Guo J. K., Yang Y. L., He W. L., Zhang L. X. (2004): Changes in the pattern of antioxidant enzymes in wheat exposed to water deficit and re-watering. *Acta Physiol Plant* 26 (3): 345-352.
- Zhang H., Irving L. J., McGill C., Matthew C., Zhou D., Kemp P. (2010): The effects of salinity and osmotic stress on barley germination rate: sodium as an osmotic regulator. *Ann Bot* 106: 1027–1035.
- Zhu J. K. (2007): Plant Salt Stress. Encyclopedia of life sciences, John Wiley & Sons, Ltd. DOI: 10.1002 / 9780470015902. a0001300. pub2
- Zhu Z., Liang Z., Han R. (2009): Saikosaponin accumulation and antioxidative protection in drought-stressed *Bupleurum chinense* DC. plants. *Environ Exp Bot* 66: 326–333.

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Koeh-169.jpg>

[www.britannica.com](http://www.britannica.com)

## **8 PRILOZI**

## Prilog 1.

Tabela 1a. ANOVA za aktivnost SOD određene u godini proizvodnje semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	39,9	70865,1	228,1	0,000
Genotip (G)	3	31,8	56633,2	182,3	0,000
NS x G	9	28,3	16778,3	54,0	0,000

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	19,6	26066,1	125,5	0,000
Genotip (G)	3	8,2	10905,2	52,5	0,000
Deo Ponika (NDK)	1	40,5	61799,6	779,3	0,000
NS x G	9	12,4	5498,8	26,5	0,000
NS x NDK	3	4,6	6168,6	29,7	0,000
G x NDK	3	3,2	4343,9	20,9	0,000
NS x G x NDK	9	11,5	5093,5	24,5	0,000

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	17,1	16979,1	49,2	0,000
Genotip (G)	3	4,4	4356,3	12,6	0,000
Deo Ponika (NDK)	1	37,8	12835,7	326,9	0,000
NS x G	9	5,2	1713,3	5,0	0,000
NS x NDK	3	5,3	38635,1	111,9	0,000
G x NDK	3	3,6	3639,6	10,5	0,000
NS x G x NDK	9	26,6	8815,6	25,5	0,000

Tabela 1b. ANOVA za aktivnost SOD određene nakon godinu dana čuvanja semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	42,0	33823,6	39,9	0,000
Genotip (G)	3	45,3	36468,8	43,1	0,000
NS x G	9	12,7	3418,7	4,0	0,002

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	11,9	3070,9	79,5	0,000
Genotip (G)	3	4,9	1248,6	32,3	0,000
Deo Ponika (NDK)	1	48,9	37771,3	978,0	0,000
NS x G	9	13,8	1187,8	30,8	0,000
NS x NDK	3	7,5	1932,1	50,0	0,000
G x NDK	3	2,6	666,2	17,3	0,000
NS x G x NDK	9	10,4	894,3	23,2	0,000

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	37,2	9546,4	24,2	0,000
Genotip (G)	3	2,2	560,9	1,4	0,245
Deo Ponika (NDK)	1	28,8	22259,5	56,4	0,000
NS x G	9	17,4	1495,3	3,8	0,001
NS x NDK	3	3,2	816,1	2,1	0,113
G x NDK	3	3,7	961,6	2,4	0,073
NS x G x NDK	9	7,5	643,3	1,6	0,125

Tabela 2a. ANOVA za aktivnost GPx određenu u godini proizvodnje semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	70,2	4036,6	406,5	0,000
Genotip (G)	3	13,7	786,0	79,2	0,000
NS x G	9	16,1	308,2	31,0	0,000

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	3,3	2733,7	142,9	0,000
Genotip (G)	3	1,0	830,7	43,4	0,000
Deo Ponika (NDK)	1	87,5	215708,1	11272,7	0,000
NS x G	9	2,6	710,5	37,1	0,000
NS x NDK	3	1,4	1177,2	61,5	0,000
G x NDK	3	0,4	311,7	16,3	0,000
NS x G x NDK	9	3,8	1034,6	54,1	0,000

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	6,5	20454,9	313,2	0,000
Genotip (G)	3	0,5	1691,6	25,9	0,000
Deo Ponika (NDK)	1	58,3	546667,8	8369,5	0,000
NS x G	9	13,0	13506,4	206,8	0,000
NS x NDK	3	9,6	29929,1	458,2	0,000
G x NDK	3	0,3	928,8	14,2	0,000
NS x G x NDK	9	11,8	1275,4	187,9	0,000

Tabela 2b. ANOVA za aktivnost GPx određenu nakon godinu dana čuvanja semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	80,5	364,2	1646,9	0,000
Genotip (G)	3	8,4	37,9	171,2	0,000
NS x G	9	11,1	16,8	76,2	0,000

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	3,2	197,8	230,6	0,000
Genotip (G)	3	0,4	24,1	28,0	0,000
Deo Ponika (NDK)	1	88,3	16198,9	18886,5	0,000
NS x G	9	2,2	45,7	53,3	0,000
NS x NDK	3	2,7	161,5	188,3	0,000
G x NDK	3	0,4	23,0	26,8	0,000
NS x G x NDK	9	2,8	56,7	66,2	0,000

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	8,9	249,1	705,6	0,000
Genotip (G)	3	0,8	23,5	66,6	0,000
Deo Ponika (NDK)	1	80,9	6824,8	19335,1	0,000
NS x G	9	0,9	8,7	24,6	0,000
NS x NDK	3	5,6	158,5	449,2	0,000
G x NDK	3	0,8	21,0	59,6	0,000
NS x G x NDK	9	2,1	19,8	56,2	0,000

Tabela 3a. ANOVA za intenzitet LP određen u godini proizvodnje semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	28,3	16793,9	53,5	0,000
Genotip (G)	3	21,8	12918,2	41,1	0,000
NS x G	9	49,9	9884,5	31,5	0,000

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	2,7	503853,5	783,6	0,000
Genotip (G)	3	0,2	60273,9	5,0	0,004
Deo Ponika (NDK)	1	75,0	381,7	6552,5	0,000
NS x G	9	0,9	40616,3	9,0	0,000
NS x NDK	3	18,1	4730,4	528,2?	0,000
G x NDK	3	2,1	691,1	61,5	0,000
NS x G x NDK	9	1,0	782,3	10,2	0,000

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	13,2	81510,6	96,1	0,000
Genotip (G)	3	4,8	5309,4	34,7	0,000
Deo Ponika (NDK)	1	67,5	1917,7	1475,0	0,000
NS x G	9	3,7	517,2	9,0	0,000
NS x NDK	3	1,3	2735,1	9,4	0,000
G x NDK	3	6,8	499,0	49,5	0,000
NS x G x NDK	9	2,7	360,3	6,5	0,000

Tabela 3b. ANOVA za intenzitet LP određen nakon godinu dana čuvanja semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	28,3	16793,9	53,5	0,000
Genotip (G)	3	21,8	12918,2	41,1	0,000
NS x G	9	49,9	9884,5	31,5	0,000

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	12,1	1046431,2	145,4	0,000
Genotip (G)	3	1,0	53128,0	11,7	0,000
Deo Ponika (NDK)	1	79,1	4286,0	2863,8	0,000
NS x G	9	0,8	27972,6	3,3	0,002
NS x NDK	3	6,3	1957,3	76,6	0,000
G x NDK	3	0,4	1202,8	5,4	0,002
NS x G x NDK	9	0,3	369,9	1,0	0,440

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	11,5	2142386,66	200,7	0,000
Genotip (G)	3	0,8	98784,90	14,4	0,000
Deo Ponika (NDK)	1	83,1	7079,90	4352,7	0,000
NS x G	9	0,3	32807,88	1,7	0,100
NS x NDK	3	3,8	2150,03	66,7	0,000
G x NDK	3	0,3	852,19	4,4	0,007
NS x G x NDK	9	0,2	634,12	1,3	0,261

Tabela 4a. ANOVA za količinu GSH određenu u godini proizvodnje semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	83.0	116.9	295.0	0.000
Genotip (G)	3	14.1	19.8	50.1	0.000
NS x G	9	2.9	1.4	3.5	0.004

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	3,6	21.0	1062.9	0,000
Genotip (G)	3	0,8	4.4	223.3	0,000
Deo Ponika (NDK)	1	92,8	1621.0	81884.7	0,000
NS x G	9	0,4	0.69	34.74	0,000
NS x NDK	3	1,7	3	10.0	0,000
G x NDK	3	0,5	3.06	154.56	0,000
NS x G x NDK	9	0,2	0.35	17.55	0,000

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	0,4	1,1	27,8	0,000
Genotip (G)	3	0,1	0,3	6,8	0,000
Deo Ponika (NDK)	1	97,4	808,3	20011,9	0,000
NS x G	9	0,4	0,4	9,7	0,000
NS x NDK	3	0,9	2,4	59,3	0,000
G x NDK	3	0,7	1,9	45,7	0,000
NS x G x NDK	9	0,1	0,1	2,93	0,000

Tabela 4b. ANOVA za količinu GSH određenu u godini proizvodnje semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	83.0	116.9	295.0	0.000
Genotip (G)	3	14.1	19.8	50.1	0.000
NS x G	9	2.9	1.4	3.5	0.004

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	2.3	28.6	1490.3	0.000
Genotip (G)	3	0.7	7.9	411.4	0.000
Deo Ponika (NDK)	1	92.1	3385.9	176647.7	0.000
NS x G	9	0.3	1.4	71.2	0.000
NS x NDK	3	4.2	51.0	2660.4	0.000
G x NDK	3	0.2	2.7	139.6	0.000
NS x G x NDK	9	0.2	0.9	46.1	0.000

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	3.0	33.4	281257,8	0.000
Genotip (G)	3	0.2	1.8	2967,8	0.000
Deo Ponika (NDK)	1	95.4	3161.2	158,7	0,000
NS x G	9	0.3	1.0	772,0	0.000
NS x NDK	3	0.8	8.7	75,1	0.000
G x NDK	3	0.0	0.8	85,0	0.000
NS x G x NDK	9	0.3	1.0	84,5	0.000

Tabela 5a. ANOVA za kapacitet neutralisanja OH radikala određen u godini proizvodnje semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	90,8	1058,4	1493,1	0,000
Genotip (G)	3	8,2	95,5	134,7	0,000
NS x G	9	1,0	4,0	5,6	0,000

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	85,1	520,9	40,5	0,000
Genotip (G)	3	6,8	41,7	3,2	0,035
NS x G	9	8,1	16,5	1,3	0,285

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	94,3	817,7	1218,0	0,000
Genotip (G)	3	3,8	32,7	48,7	0,000
NS x G	9	1,9	5,5	8,2	0,000

Tabela 5b. ANOVA za kapacitet neutralisanja OH radikala određen nakon godinu dana čuvanja semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	78,6	318,8	1368,3	0,000
Genotip (G)	3	16,3	65,9	282,8	0,000
NS x G	9	5,1	6,9	29,7	0,000

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	61,5	414,9	85,4	0,000
Genotip (G)	3	29,9	201,9	41,6	0,000
NS x G	9	8,6	19,4	4,0	0,002

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	63,4	258,9	931,3	0,00
Genotip (G)	3	16,5	67,5	242,9	0,00
NS x G	9	20,1	27,4	98,4	0,00



Tabela 6a. ANOVA za FRAP određen u godini proizvodnje semana

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	47,7	200,5	480,3	0,000
Genotip (G)	3	27,2	114,6	274,4	0,000
NS x G	9	25,1	35,2	84,4	0,000

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	61,3	6,8	1534,7	0,000
Genotip (G)	3	15,3	1,7	384,0	0,000
NS x G	9	23,4	0,9	195,3	0,000

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	33,0	0,2	308,5	0,000
Genotip (G)	3	24,7	0,1	231,2	0,000
NS x G	9	42,3	0,1	131,7	0,000

Tabela 6b. ANOVA za FRAP određen nakon godinu dana čuvanja semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	45,9	219,5	142,1	0,000
Genotip (G)	3	37,0	177,5	114,8	0,000
NS x G	9	17,1	27,3	17,6	0,000

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	77,8	2,5	5889,4	0,000
Genotip (G)	3	1,4	0,1	106,6	0,000
NS x G	9	20,8	0,2	523,6	0,000

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	22,9	0,1	125,4	0,000
Genotip (G)	3	6,7	0,0	36,8	0,000
NS x G	9	70,4	0,1	128,3	0,000

Tabela 7a. ANOVA za DPPH određen u godini proizvodnje semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	57,5	53,5	135,9	0,000
Genotip (G)	3	11,5	10,7	27,1	0,000
NS x G	9	31,0	9,6	24,5	0,000

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	54,3	38,8	10523,9	0,000
Genotip (G)	3	31,2	22,3	6054,9	0,000
NS x G	9	14,5	3,4	933,0	0,000

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	18,9	7,6	2842,0	0,000
Genotip (G)	3	73,1	29,5	10988,3	0,000
NS x G	9	8,0	1,1	400,4	0,000

Tabela 7b. ANOVA za DPPH određen u godini proizvodnje semena

Nakon 24 časa	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	62,0	120,7	83,9	0,000
Genotip (G)	3	19,5	38,0	26,4	0,000
NS x G	9	18,5	12,0	8,3	0,000

Nakon 7 dana	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	67,7	28,0	3503,2	0,000
Genotip (G)	3	13,9	5,7	717,2	0,000
NS x G	9	18,4	2,5	318,0	0,000

Nakon 21 dan	DF	SS (%)	MS	F	P
Koncentracija NaCl (K)	3	33,4	13,0	2876,8	0,000
Genotip (G)	3	54,6	21,2	4699,4	0,000
NS x G	9	12,0	1,6	343,4	0,000

## Prilog 2.

Tabela 1. Poređenje srednjih vrednosti aktivnosti SOD (U/mg proteina) u semenu nakon 24 časa izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	751,77 <sup>bc</sup>	798,19 <sup>a</sup>	777,56 <sup>ab</sup>	694,39 <sup>e</sup>
	100 mmol/l	744,04 <sup>cd</sup>	780,79 <sup>ab</sup>	585,43 <sup>g</sup>	591,88 <sup>g</sup>
	150 mmol/l	512,60 <sup>h</sup>	694,02 <sup>e</sup>	717,06 <sup>de</sup>	511,16 <sup>h</sup>
	200 mmol/l	634,99 <sup>f</sup>	704,10 <sup>e</sup>	482,36 <sup>h</sup>	514,04 <sup>h</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 2. Poređenje srednjih vrednosti aktivnosti SOD (U/mg proteina) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	217,66 <sup>p</sup>	257,95 <sup>o</sup>	254,99 <sup>o</sup>	256,84 <sup>o</sup>
	100 mmol/l	336,29 <sup>fgh</sup>	312,64 <sup>hijkl</sup>	277,90 <sup>mno</sup>	270,51 <sup>no</sup>
	150 mmol/l	187,29 <sup>r</sup>	339,23 <sup>efgh</sup>	303,45 <sup>iklm</sup>	212,12 <sup>p</sup>
	200 mmol/l	215,07 <sup>p</sup>	329,55 <sup>fghij</sup>	286,62 <sup>lmn</sup>	326,60 <sup>fghij</sup>
Koren	0 mmol/l	341,42 <sup>efg</sup>	347,25 <sup>ef</sup>	341,42 <sup>efg</sup>	331,88 <sup>fghi</sup>
	100 mmol/l	412,46 <sup>b</sup>	507,89 <sup>a</sup>	391,25 <sup>bc</sup>	374,82 <sup>cd</sup>
	150 mmol/l	292,72 <sup>klmn</sup>	363,69 <sup>de</sup>	317,12 <sup>ghijk</sup>	288,84 <sup>lmn</sup>
	200 mmol/l	399,17 <sup>bc</sup>	306,03 <sup>ijkl</sup>	340,96 <sup>efg</sup>	341,51 <sup>efg</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 3. Poređenje srednjih vrednosti aktivnosti SOD (U/mg proteina) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 21 dan izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	231,25 <sup>lmn</sup>	267,92 <sup>ijk</sup>	259,58 <sup>ikl</sup>	253,33 <sup>klmn</sup>
	100 mmol/l	338,33 <sup>de</sup>	313,33 <sup>hijkl</sup>	315,42 <sup>defgh</sup>	287,92 <sup>hij</sup>
	150 mmol/l	299,17 <sup>ghi</sup>	156,67 <sup>defgh</sup>	149,58 <sup>o</sup>	224,58 <sup>lmn</sup>
	200 mmol/l	223,33 <sup>mn</sup>	220,42 <sup>n</sup>	226,25 <sup>lmn</sup>	256,67 <sup>iklm</sup>
Koren	0 mmol/l	242,62 <sup>klmn</sup>	227,87 <sup>lmn</sup>	228,42 <sup>lmn</sup>	304,37 <sup>efgh</sup>
	100 mmol/l	328,42 <sup>defg</sup>	305,46 <sup>efgh</sup>	310,38 <sup>defgh</sup>	335,52 <sup>def</sup>
	150 mmol/l	301,57 <sup>fghi</sup>	462,37 <sup>a</sup>	345,64 <sup>cd</sup>	372,53 <sup>bc</sup>
	200 mmol/l	380,54 <sup>b</sup>	345,06 <sup>cd</sup>	295,28 <sup>ghi</sup>	334,76 <sup>def</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 4. Poređenje srednjih vrednosti aktivnosti SOD (U/mg proteina) u semenu nakon 24 časa natapanja u različitim koncentracijama NaCl (nakon godinu dana čuvanja u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	558,33 <sup>bc</sup>	545,10 <sup>bcd</sup>	509,31 <sup>cdef</sup>	509,31 <sup>cdef</sup>
	100 mmol/l	581,86 <sup>ab</sup>	617,65 <sup>a</sup>	457,84 <sup>fgh</sup>	469,12 <sup>efg</sup>
	150 mmol/l	521,69 <sup>cde</sup>	482,70 <sup>efg</sup>	372,87 <sup>ij</sup>	468,97 <sup>efg</sup>
	200 mmol/l	500,27 <sup>def</sup>	444,26 <sup>gh</sup>	338,82 <sup>j</sup>	414,06 <sup>hi</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 5. Poređenje srednjih vrednosti aktivnosti SOD (U/mg proteina) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama NaCl (nakon godinu dana čuvanja u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	140,10 <sup>b</sup>	118,48 <sup>c</sup>	112,88 <sup>cd</sup>	85,26 <sup>ghij</sup>
	100 mmol/l	158,78 <sup>a</sup>	90,73 <sup>fghi</sup>	98,60 <sup>ef</sup>	87,13 <sup>fghi</sup>
	150 mmol/l	92,11 <sup>fgh</sup>	118,69 <sup>c</sup>	119,66 <sup>c</sup>	139,44 <sup>b</sup>
	200 mmol/l	168,57 <sup>a</sup>	158,86 <sup>a</sup>	136,89 <sup>b</sup>	145,39 <sup>b</sup>
Koren	0 mmol/l	89,38 <sup>fghi</sup>	80,76 <sup>hijk</sup>	72,99 <sup>kl</sup>	65,57 <sup>l</sup>
	100 mmol/l	79,03 <sup>ijk</sup>	91,63 <sup>fgh</sup>	85,76 <sup>ghij</sup>	71,78 <sup>kl</sup>
	150 mmol/l	95,32 <sup>efg</sup>	82,92 <sup>hijk</sup>	71,40 <sup>kl</sup>	103,68 <sup>de</sup>
	200 mmol/l	79,75 <sup>ijk</sup>	96,97 <sup>efg</sup>	74,56 <sup>ijkl</sup>	95,32 <sup>efg</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 6. Poređenje srednjih vrednosti aktivnosti SOD (U/mg proteina) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 21 dan izlaganja različitim koncentracijama NaCl (nakon godinu dana čuvanja u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	110,47 <sup>bc</sup>	90,96 <sup>bcdefg</sup>	159,42 <sup>a</sup>	109,39 <sup>bc</sup>
	100 mmol/l	108,19 <sup>bc</sup>	108,43 <sup>bc</sup>	93,83 <sup>bcdef</sup>	126,02 <sup>b</sup>
	150 mmol/l	103,17 <sup>bcd</sup>	94,84 <sup>bcde</sup>	74,86 <sup>cdefghi</sup>	105,76 <sup>bcd</sup>
	200 mmol/l	86,93 <sup>bcdefg</sup>	42,53 <sup>hij</sup>	87,65 <sup>bcdefg</sup>	78,89 <sup>cdefgh</sup>
Koren	0 mmol/l	77,18 <sup>cdefgh</sup>	76,62 <sup>cdefgh</sup>	93,59 <sup>bcdef</sup>	67,52 <sup>defghij</sup>
	100 mmol/l	72,69 <sup>cdefghi</sup>	124,59 <sup>b</sup>	85,38 <sup>cdefg</sup>	95,27 <sup>bcde</sup>
	150 mmol/l	37,99 <sup>ij</sup>	55,18 <sup>fghij</sup>	68,49 <sup>defghij</sup>	58,37 <sup>efghij</sup>
	200 mmol/l	52,82 <sup>ghij</sup>	30,64 <sup>j</sup>	36,88 <sup>ij</sup>	60,86 <sup>efghij</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 7. Poređenje srednjih vrednosti aktivnosti GPx (U/mg proteina) u semenu nakon 24 časa izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	60,80 <sup>b</sup>	74,04 <sup>a</sup>	54,66 <sup>c</sup>	26,10 <sup>ef</sup>
	100 mmol/l	21,78 <sup>fg</sup>	30,23 <sup>e</sup>	44,98 <sup>d</sup>	18,27 <sup>gh</sup>
	150 mmol/l	18,22 <sup>gh</sup>	20,81 <sup>fg</sup>	17,65 <sup>gh</sup>	13,72 <sup>gi</sup>
	200 mmol/l	16,43 <sup>gh</sup>	13,24 <sup>hi</sup>	13,39 <sup>hi</sup>	8,30 <sup>i</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 8. Poređenje srednjih vrednosti aktivnosti GPx (U/mg proteina) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	23,67 <sup>lmno</sup>	25,35 <sup>lm</sup>	35,81 <sup>k</sup>	16,54 <sup>nopqr</sup>
	100 mmol/l	12,08 <sup>qr</sup>	9,90 <sup>r</sup>	30,58 <sup>kl</sup>	19,93 <sup>mnpq</sup>
	150 mmol/l	21,44 <sup>mnp</sup>	12,22 <sup>qr</sup>	30,86 <sup>kl</sup>	23,95 <sup>lmn</sup>
	200 mmol/l	9,68 <sup>r</sup>	14,85 <sup>pqr</sup>	12,83 <sup>qr</sup>	15,83 <sup>opqr</sup>
Koren	0 mmol/l	145,24 <sup>ab</sup>	98,17 <sup>fg</sup>	95,38 <sup>gh</sup>	123,75 <sup>d</sup>
	100 mmol/l	88,06 <sup>hi</sup>	139,03 <sup>bc</sup>	110,68 <sup>e</sup>	131,57 <sup>c</sup>
	150 mmol/l	104,09 <sup>ef</sup>	132,40 <sup>c</sup>	146,99 <sup>a</sup>	150,68 <sup>a</sup>
	200 mmol/l	83,08 <sup>i</sup>	74,78 <sup>i</sup>	119,64 <sup>d</sup>	88,87 <sup>hi</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 9. Poređenje srednjih vrednosti aktivnosti GPx (U/mg proteina) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 21 dan izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	15,04 <sup>m</sup>	28,08 <sup>lm</sup>	34,91 <sup>l</sup>	38,31 <sup>l</sup>
	100 mmol/l	14,70 <sup>m</sup>	26,39 <sup>lm</sup>	24,55 <sup>lm</sup>	31,49 <sup>l</sup>
	150 mmol/l	23,85 <sup>lm</sup>	24,92 <sup>lm</sup>	58,62 <sup>k</sup>	52,81 <sup>k</sup>
	200 mmol/l	15,88 <sup>m</sup>	12,72 <sup>m</sup>	26,44 <sup>lm</sup>	27,46 <sup>lm</sup>
Koren	0 mmol/l	178,99 <sup>f</sup>	124,05 <sup>h</sup>	223,04 <sup>d</sup>	77,86 <sup>i</sup>
	100 mmol/l	271,61 <sup>b</sup>	430,24 <sup>a</sup>	151,97 <sup>g</sup>	206,36 <sup>e</sup>
	150 mmol/l	109,28 <sup>i</sup>	65,90 <sup>jk</sup>	109,65 <sup>i</sup>	174,08 <sup>f</sup>
	200 mmol/l	104,17 <sup>i</sup>	143,67 <sup>g</sup>	256,21 <sup>c</sup>	243,87 <sup>c</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 10. Poređenje srednjih vrednosti aktivnosti GPx (U/mg proteina) u semenu nakon 24 časa izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno godinu dana nakon čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	17,67 <sup>a</sup>	17,63 <sup>a</sup>	13,22 <sup>b</sup>	7,66 <sup>d</sup>
	100 mmol/l	5,10 <sup>e</sup>	9,24 <sup>c</sup>	8,04 <sup>d</sup>	3,58 <sup>f</sup>
	150 mmol/l	3,23 <sup>fg</sup>	2,77 <sup>gh</sup>	2,69 <sup>gh</sup>	2,23 <sup>hi</sup>
	200 mmol/l	2,00 <sup>hi</sup>	2,16 <sup>hi</sup>	2,19 <sup>hi</sup>	1,76 <sup>i</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 11. Poređenje srednjih vrednosti aktivnosti GPx (U/mg proteina) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana izloženim različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	1,08 <sup>m</sup>	1,56 <sup>lm</sup>	1,74 <sup>lm</sup>	1,65 <sup>lm</sup>
	100 mmol/l	2,23 <sup>klm</sup>	1,82 <sup>lm</sup>	2,83 <sup>iklm</sup>	1,78 <sup>lm</sup>
	150 mmol/l	1,96 <sup>klm</sup>	1,96 <sup>klm</sup>	3,04 <sup>jkl</sup>	2,53 <sup>jklm</sup>
	200 mmol/l	2,99 <sup>jkl</sup>	4,24 <sup>j</sup>	3,06 <sup>jkl</sup>	3,69 <sup>jk</sup>
Koren	0 mmol/l	19,81 <sup>h</sup>	16,11 <sup>i</sup>	21,59 <sup>g</sup>	26,84 <sup>e</sup>
	100 mmol/l	23,44 <sup>f</sup>	43,46 <sup>a</sup>	26,85 <sup>e</sup>	33,93 <sup>c</sup>
	150 mmol/l	32,79 <sup>c</sup>	37,86 <sup>b</sup>	30,29 <sup>d</sup>	31,02 <sup>d</sup>
	200 mmol/l	30,52 <sup>d</sup>	24,00 <sup>f</sup>	28,13 <sup>e</sup>	27,18 <sup>e</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 12. Poređenje srednjih vrednosti aktivnosti GPx (U/mg proteina) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 21 dan izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	1,61 <sup>o</sup>	2,24 <sup>no</sup>	2,19 <sup>no</sup>	1,85 <sup>no</sup>
	100 mmol/l	4,17 <sup>l</sup>	4,34 <sup>l</sup>	6,22 <sup>k</sup>	3,99 <sup>l</sup>
	150 mmol/l	3,83 <sup>lm</sup>	4,24 <sup>l</sup>	7,58 <sup>j</sup>	3,89 <sup>l</sup>
	200 mmol/l	2,82 <sup>mn</sup>	2,68 <sup>no</sup>	3,73 <sup>lm</sup>	4,60 <sup>l</sup>
Koren	0 mmol/l	15,94 <sup>g</sup>	12,98 <sup>h</sup>	16,20 <sup>g</sup>	9,03 <sup>i</sup>
	100 mmol/l	20,59 <sup>d</sup>	21,99 <sup>c</sup>	17,68 <sup>f</sup>	18,71 <sup>e</sup>
	150 mmol/l	21,70 <sup>c</sup>	24,20 <sup>b</sup>	19,52 <sup>e</sup>	22,30 <sup>c</sup>
	200 mmol/l	23,28 <sup>b</sup>	31,29 <sup>a</sup>	30,85 <sup>a</sup>	23,54 <sup>b</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 13. Poređenje srednjih vrednosti intenziteta LP (nmol MDA/mg proteina) u semenu nakon 24 časa izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	290,16 <sup>g</sup>	338,02 <sup>f</sup>	363,45 <sup>ef</sup>	406,82 <sup>c</sup>
	100 mmol/l	376,91 <sup>cde</sup>	457,67 <sup>b</sup>	397,85 <sup>cd</sup>	454,68 <sup>b</sup>
	150 mmol/l	444,21 <sup>b</sup>	369,43 <sup>def</sup>	510,02 <sup>a</sup>	408,32 <sup>c</sup>
	200 mmol/l	408,32 <sup>c</sup>	360,46 <sup>ef</sup>	529,47 <sup>a</sup>	354,47 <sup>ef</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 14. Poređenje srednjih vrednosti intenziteta LP (nmol MDA/mg proteina) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	100,21 <sup>h</sup>	139,10 <sup>fg</sup>	131,62 <sup>fg</sup>	145,08 <sup>fg</sup>
	100 mmol/l	172,00 <sup>e</sup>	210,89 <sup>c</sup>	130,12 <sup>g</sup>	146,58 <sup>f</sup>
	150 mmol/l	224,35 <sup>c</sup>	212,38 <sup>c</sup>	192,94 <sup>d</sup>	215,38 <sup>c</sup>
	200 mmol/l	338,02 <sup>ab</sup>	348,49 <sup>a</sup>	326,06 <sup>b</sup>	338,02 <sup>ab</sup>
Koren	0 mmol/l	50,43 <sup>kl</sup>	45,30 <sup>l</sup>	65,81 <sup>jk</sup>	43,59 <sup>l</sup>
	100 mmol/l	53,84 <sup>kl</sup>	58,97 <sup>kl</sup>	90,59 <sup>hi</sup>	58,12 <sup>kl</sup>
	150 mmol/l	76,92 <sup>ij</sup>	58,97 <sup>kl</sup>	103,41 <sup>h</sup>	44,44 <sup>l</sup>
	200 mmol/l	76,92 <sup>ij</sup>	55,55 <sup>kl</sup>	94,01 <sup>h</sup>	76,07 <sup>ij</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 15. Poređenje srednjih vrednosti intenziteta LP (nmol MDA/mg proteina) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 21 dan izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	335,08 <sup>i</sup>	318,77 <sup>i</sup>	354,36 <sup>i</sup>	395,87 <sup>i</sup>
	100 mmol/l	452,21 <sup>h</sup>	446,28 <sup>h</sup>	459,63 <sup>gh</sup>	470,01 <sup>fgh</sup>
	150 mmol/l	498,18 <sup>efg</sup>	507,07 <sup>ef</sup>	478,90 <sup>fgh</sup>	524,86 <sup>de</sup>
	200 mmol/l	553,03 <sup>cd</sup>	600,48 <sup>ab</sup>	584,17 <sup>bc</sup>	633,10 <sup>a</sup>
Koren	0 mmol/l	151,28 <sup>mn</sup>	140,17 <sup>n</sup>	136,75 <sup>n</sup>	155,56 <sup>mn</sup>
	100 mmol/l	150,43 <sup>mn</sup>	160,68 <sup>mn</sup>	134,19 <sup>n</sup>	187,18 <sup>klm</sup>
	150 mmol/l	205,13 <sup>kl</sup>	201,71 <sup>kl</sup>	157,26 <sup>mn</sup>	223,93 <sup>k</sup>
	200 mmol/l	211,97 <sup>kl</sup>	228,20 <sup>k</sup>	175,21 <sup>lmn</sup>	211,97 <sup>kl</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 16. Poređenje srednjih vrednosti intenziteta LP (nmol MDA/mg proteina) u semenu nakon 24 časa izloženim različitim koncentracijama rastvora NaCl (mereno godinu dana nakon čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	290,16 <sup>g</sup>	338,02 <sup>f</sup>	363,45 <sup>ef</sup>	406,82 <sup>c</sup>
	100 mmol/l	376,91 <sup>cde</sup>	457,67 <sup>b</sup>	397,85 <sup>cd</sup>	454,68 <sup>b</sup>
	150 mmol/l	444,21 <sup>b</sup>	369,43 <sup>def</sup>	510,02 <sup>a</sup>	408,32 <sup>c</sup>
	200 mmol/l	408,32 <sup>c</sup>	360,46 <sup>ef</sup>	529,47 <sup>a</sup>	354,47 <sup>ef</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P<0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 17. Poređenje srednjih vrednosti intenziteta LP (nmol MDA/mg proteina) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni i deo	0 mmol/l	332,12 <sup>h</sup>	341,01 <sup>h</sup>	375,11 <sup>g</sup>	384,01 <sup>g</sup>
	100 mmol/l	487,80 <sup>bc</sup>	452,21 <sup>def</sup>	427,01 <sup>f</sup>	483,35 <sup>bcd</sup>
	150 mmol/l	468,52 <sup>cde</sup>	444,80 <sup>ef</sup>	481,87 <sup>bcd</sup>	486,31 <sup>bcd</sup>
	200 mmol/l	547,10 <sup>a</sup>	508,55 <sup>b</sup>	541,17 <sup>a</sup>	550,07 <sup>a</sup>
Koren	0 mmol/l	215,38 <sup>op</sup>	213,68 <sup>op</sup>	215,38 <sup>op</sup>	227,35 <sup>nop</sup>
	100 mmol/l	252,99 <sup>lmn</sup>	234,19 <sup>mno</sup>	196,58 <sup>p</sup>	243,59 <sup>lmno</sup>
	150 mmol/l	291,45 <sup>ijk</sup>	308,55 <sup>hij</sup>	276,92 <sup>jkl</sup>	323,93 <sup>hi</sup>
	200 mmol/l	247,86 <sup>lmno</sup>	244,44 <sup>lmno</sup>	214,53 <sup>op</sup>	263,25 <sup>klm</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P<0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 18. Poređenje srednjih vrednosti intenziteta LP (nmol MDA/mg proteina) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 21 dan izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	335,08 <sup>i</sup>	318,77 <sup>i</sup>	354,36 <sup>i</sup>	395,87 <sup>i</sup>
	100 mmol/l	452,21 <sup>h</sup>	446,28 <sup>h</sup>	459,63 <sup>gh</sup>	470,01 <sup>fgh</sup>
	150 mmol/l	498,18 <sup>efg</sup>	507,07 <sup>ef</sup>	478,90 <sup>fgh</sup>	524,86 <sup>de</sup>
	200 mmol/l	553,03 <sup>cd</sup>	600,48 <sup>ab</sup>	584,17 <sup>bc</sup>	633,10 <sup>a</sup>
Koren	0 mmol/l	151,28 <sup>mn</sup>	140,17 <sup>n</sup>	136,75 <sup>n</sup>	155,56 <sup>mn</sup>
	100 mmol/l	150,43 <sup>mn</sup>	160,68 <sup>mn</sup>	134,19 <sup>n</sup>	187,18 <sup>klm</sup>
	150 mmol/l	205,13 <sup>kl</sup>	201,71 <sup>kl</sup>	157,26 <sup>mn</sup>	223,93 <sup>k</sup>
	200 mmol/l	211,97 <sup>kl</sup>	228,20 <sup>k</sup>	175,21 <sup>lmn</sup>	211,97 <sup>kl</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P<0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom



Tabela 19. Poređenje srednjih vrednosti količine GSH ( $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$ ) u semenu nakon 24 časa izlaganja u različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banačanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	17,96 <sup>f</sup>	14,86 <sup>j</sup>	15,80 <sup>t</sup>	18,28 <sup>f</sup>
	100 mmol/l	20,29 <sup>d</sup>	17,99 <sup>f</sup>	17,28 <sup>g</sup>	20,33 <sup>d</sup>
	150 mmol/l	25,83 <sup>a</sup>	19,88 <sup>e</sup>	20,36 <sup>d</sup>	21,95 <sup>c</sup>
	200 mmol/l	22,36 <sup>b</sup>	16,37 <sup>h</sup>	17,39 <sup>g</sup>	20,65 <sup>d</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 20. Poređenje srednjih vrednosti količine GSH ( $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$ ) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama rastvora NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banačanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	14,45 <sup>g</sup>	12,83 <sup>i</sup>	12,08 <sup>j</sup>	13,65 <sup>h</sup>
	100 mmol/l	15,16 <sup>e</sup>	14,41 <sup>g</sup>	13,54 <sup>h</sup>	15,20 <sup>e</sup>
	150 mmol/l	15,75 <sup>d</sup>	14,82 <sup>f</sup>	13,77 <sup>h</sup>	15,30 <sup>e</sup>
	200 mmol/l	16,45 <sup>c</sup>	16,73 <sup>b</sup>	16,48 <sup>c</sup>	18,56 <sup>a</sup>
Koren	0 mmol/l	6,37 <sup>qr</sup>	6,14 <sup>q</sup>	6,32 <sup>q</sup>	6,29 <sup>q</sup>
	100 mmol/l	6,60 <sup>pq</sup>	6,64 <sup>p</sup>	6,70 <sup>p</sup>	7,00 <sup>lmn</sup>
	150 mmol/l	6,96 <sup>lmno</sup>	6,78 <sup>nop</sup>	6,71 <sup>op</sup>	7,07 <sup>lm</sup>
	200 mmol/l	6,84 <sup>mnp</sup>	6,81 <sup>mnp</sup>	7,12 <sup>kl</sup>	7,33 <sup>k</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 21. Poređenje srednjih vrednosti količine GSH ( $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$ ) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 21 dan izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banačanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	15,20 <sup>a</sup>	14,82 <sup>b</sup>	14,52 <sup>bcde</sup>	14,09 <sup>fghi</sup>
	100 mmol/l	14,70 <sup>bc</sup>	14,34 <sup>cdefg</sup>	14,25 <sup>defghi</sup>	13,95 <sup>hi</sup>
	150 mmol/l	14,33 <sup>cdefg</sup>	14,16 <sup>efghi</sup>	14,00 <sup>aghi</sup>	13,88 <sup>i</sup>
	200 mmol/l	14,61 <sup>bcd</sup>	14,47 <sup>bcde</sup>	14,32 <sup>defgh</sup>	14,45 <sup>bcdef</sup>
Koren	0 mmol/l	8,11 <sup>o</sup>	7,69 <sup>p</sup>	8,28 <sup>no</sup>	7,73 <sup>p</sup>
	100 mmol/l	8,12 <sup>o</sup>	8,16 <sup>o</sup>	8,77 <sup>lm</sup>	9,02 <sup>kl</sup>
	150 mmol/l	8,89 <sup>klm</sup>	8,23 <sup>no</sup>	8,88 <sup>klm</sup>	8,83 <sup>klm</sup>
	200 mmol/l	8,55 <sup>mn</sup>	8,73 <sup>lm</sup>	9,17 <sup>k</sup>	10,07 <sup>j</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 22. Poređenje srednjih vrednosti količine GSH ( $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$ ) u semenu nakon 24 časa izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	18,56 <sup>jk</sup>	17,69 <sup>kl</sup>	16,69 <sup>l</sup>	19,24 <sup>ij</sup>
	100 mmol/l	22,61 <sup>de</sup>	20,31 <sup>ghi</sup>	20,61 <sup>gh</sup>	21,86 <sup>ef</sup>
	150 mmol/l	27,19 <sup>a</sup>	23,50 <sup>cd</sup>	25,43 <sup>b</sup>	26,49 <sup>a</sup>
	200 mmol/l	23,80 <sup>c</sup>	19,88 <sup>hi</sup>	21,31 <sup>fg</sup>	22,93 <sup>cde</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 23. Poređenje srednjih vrednosti količine GSH ( $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$ ) u nadzemnom delu i korenu nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	17,10 <sup>i</sup>	15,98 <sup>k</sup>	13,43 <sup>l</sup>	16,46 <sup>i</sup>
	100 mmol/l	17,89 <sup>h</sup>	18,76 <sup>g</sup>	16,50 <sup>j</sup>	18,65 <sup>g</sup>
	150 mmol/l	19,60 <sup>f</sup>	20,68 <sup>e</sup>	19,63 <sup>f</sup>	21,56 <sup>c</sup>
	200 mmol/l	20,49 <sup>e</sup>	21,88 <sup>b</sup>	20,99 <sup>d</sup>	22,16 <sup>a</sup>
Koren	0 mmol/l	8,10 <sup>m</sup>	7,98 <sup>m</sup>	7,01 <sup>pg</sup>	7,58 <sup>n</sup>
	100 mmol/l	6,83 <sup>qr</sup>	6,53 <sup>s</sup>	6,60 <sup>rs</sup>	7,27 <sup>o</sup>
	150 mmol/l	6,54 <sup>s</sup>	7,01 <sup>q</sup>	5,95 <sup>t</sup>	6,67 <sup>rs</sup>
	200 mmol/l	6,97 <sup>q</sup>	6,61 <sup>rs</sup>	6,85 <sup>qr</sup>	7,24 <sup>op</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 24. Poređenje srednjih vrednosti količine GSH ( $\mu\text{mol GSH/mg proteina}$ ) u nadzemnom delu i korenu ponika nakon 21 dan izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	18,08 <sup>h</sup>	16,59 <sup>i</sup>	16,02 <sup>j</sup>	16,75 <sup>i</sup>
	100 mmol/l	18,37 <sup>g</sup>	18,26 <sup>g</sup>	18,67 <sup>f</sup>	19,95 <sup>d</sup>
	150 mmol/l	19,03 <sup>e</sup>	19,97 <sup>d</sup>	20,47 <sup>c</sup>	21,31 <sup>a</sup>
	200 mmol/l	20,56 <sup>c</sup>	20,54 <sup>c</sup>	21,04 <sup>a</sup>	21,45 <sup>a</sup>
Koren	0 mmol/l	6,92 <sup>rs</sup>	7,06 <sup>qr</sup>	6,85 <sup>s</sup>	7,06 <sup>qr</sup>
	100 mmol/l	7,19 <sup>pq</sup>	7,73 <sup>n</sup>	7,36 <sup>op</sup>	8,10 <sup>m</sup>
	150 mmol/l	8,27 <sup>lm</sup>	7,52 <sup>o</sup>	8,11 <sup>m</sup>	7,85 <sup>n</sup>
	200 mmol/l	8,31 <sup>l</sup>	8,15 <sup>lm</sup>	8,65 <sup>k</sup>	8,31 <sup>l</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 25. Poređenje srednjih vrednosti kapaciteta neutralisanja hidroksi-radikala (%I) u semenu nakon 24 časa izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	35,00 <sup>i</sup>	35,19 <sup>i</sup>	31,81 <sup>k</sup>	37,90 <sup>i</sup>
	100 mmol/l	46,84 <sup>e</sup>	41,65 <sup>g</sup>	39,42 <sup>h</sup>	45,41 <sup>f</sup>
	150 mmol/l	53,84 <sup>c</sup>	53,14 <sup>c</sup>	49,86 <sup>d</sup>	56,18 <sup>b</sup>
	200 mmol/l	57,91 <sup>a</sup>	53,79 <sup>c</sup>	51,17 <sup>d</sup>	58,05 <sup>a</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 26. Poređenje srednjih vrednosti kapaciteta neutralisanja hidroksi-radikala (%I) u nadzemnom nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	43,71 <sup>e</sup>	41,22 <sup>e</sup>	39,93 <sup>e</sup>	44,91 <sup>de</sup>
	100 mmol/l	53,11 <sup>abc</sup>	50,53 <sup>bcd</sup>	46,52 <sup>cde</sup>	53,11 <sup>ab</sup>
	150 mmol/l	58,61 <sup>a</sup>	54,62 <sup>ab</sup>	55,21 <sup>ab</sup>	58,88 <sup>a</sup>
	200 mmol/l	59,60 <sup>a</sup>	56,02 <sup>ab</sup>	56,25 <sup>ab</sup>	51,68 <sup>bc</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 27. Poređenje srednjih vrednosti kapaciteta neutralisanja hidroksi-radikala (%I) u nadzemnom delu ponika nakon 21 dan izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	37,87 <sup>i</sup>	34,88 <sup>i</sup>	33,99 <sup>i</sup>	34,92 <sup>j</sup>
	100 mmol/l	44,51 <sup>f</sup>	42,50 <sup>g</sup>	40,49 <sup>h</sup>	44,41 <sup>f</sup>
	150 mmol/l	51,71 <sup>c</sup>	49,22 <sup>d</sup>	47,23 <sup>e</sup>	52,43 <sup>bc</sup>
	200 mmol/l	53,32 <sup>b</sup>	52,68 <sup>bc</sup>	53,40 <sup>b</sup>	57,20 <sup>a</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 28. Poređenje srednjih vrednosti kapaciteta neutralisanja hidroksi-radikala (%I) u semenu nakon 24 časa izlaganja u različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	32,74 <sup>g</sup>	26,43 <sup>i</sup>	27,02 <sup>i</sup>	29,80 <sup>h</sup>
	100 mmol/l	39,49 <sup>cd</sup>	37,03 <sup>e</sup>	34,83 <sup>f</sup>	35,26 <sup>f</sup>
	150 mmol/l	42,26 <sup>b</sup>	40,21 <sup>c</sup>	37,13 <sup>e</sup>	36,77 <sup>e</sup>
	200 mmol/l	44,05 <sup>a</sup>	38,72 <sup>d</sup>	37,49 <sup>e</sup>	42,15 <sup>b</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 29. Poređenje srednjih vrednosti kapaciteta neutralisanja hidroksi-radikala (%I) u nadzemnom delu ponika nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	39,29 <sup>f</sup>	35,05 <sup>g</sup>	32,52 <sup>g</sup>	34,57 <sup>g</sup>
	100 mmol/l	50,33 <sup>bc</sup>	44,86 <sup>de</sup>	43,76 <sup>e</sup>	45,33 <sup>de</sup>
	150 mmol/l	53,74 <sup>ab</sup>	48,24 <sup>cd</sup>	44,38 <sup>de</sup>	45,18 <sup>de</sup>
	200 mmol/l	55,71 <sup>a</sup>	49,84 <sup>c</sup>	43,82 <sup>e</sup>	39,09 <sup>f</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 30. Poređenje srednjih vrednosti kapaciteta neutralisanja hidroksi-radikala (%I) u nadzemnom delu ponika nakon 21 dan izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	32,66 <sup>i</sup>	29,66 <sup>i</sup>	29,61 <sup>j</sup>	30,48 <sup>i</sup>
	100 mmol/l	41,06 <sup>c</sup>	37,97 <sup>def</sup>	37,54 <sup>ef</sup>	41,84 <sup>c</sup>
	150 mmol/l	41,17 <sup>c</sup>	38,40 <sup>de</sup>	38,83 <sup>d</sup>	35,68 <sup>g</sup>
	200 mmol/l	48,12 <sup>a</sup>	43,76 <sup>b</sup>	37,37 <sup>f</sup>	34,46 <sup>h</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 31. Poređenje srednjih vrednosti ukupne antioksidativne aktivnosti (FRAP jedinica) u semenu nakon 24 časa izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	39,98 <sup>b</sup>	35,20 <sup>e</sup>	34,18 <sup>e</sup>	32,80 <sup>f</sup>
	100 mmol/l	38,30 <sup>c</sup>	46,80 <sup>a</sup>	36,95 <sup>d</sup>	34,63 <sup>e</sup>
	150 mmol/l	38,83 <sup>c</sup>	30,65 <sup>g</sup>	27,98 <sup>h</sup>	28,85 <sup>h</sup>
	200 mmol/l	34,50 <sup>e</sup>	28,63 <sup>h</sup>	26,78 <sup>i</sup>	30,50 <sup>g</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 32. Poređenje srednjih vrednosti ukupne antioksidativne aktivnosti (FRAP jedinica) u nadzemnom delu ponika nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	1,30 <sup>g</sup>	1,15 <sup>h</sup>	1,36 <sup>g</sup>	1,51 <sup>f</sup>
	100 mmol/l	2,21 <sup>d</sup>	1,83 <sup>e</sup>	1,17 <sup>h</sup>	1,13 <sup>h</sup>
	150 mmol/l	1,76 <sup>e</sup>	2,19 <sup>d</sup>	1,36 <sup>g</sup>	1,33 <sup>g</sup>
	200 mmol/l	2,57 <sup>c</sup>	4,38 <sup>a</sup>	2,95 <sup>b</sup>	2,11 <sup>d</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 33. Poređenje srednjih vrednosti ukupne antioksidativne aktivnosti (FRAP jedinica) u nadzemnom delu ponika nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	1,20 <sup>e</sup>	1,13 <sup>fg</sup>	1,32 <sup>d</sup>	1,22 <sup>e</sup>
	100 mmol/l	1,42 <sup>c</sup>	1,04 <sup>h</sup>	1,12 <sup>fg</sup>	1,10 <sup>g</sup>
	150 mmol/l	1,22 <sup>e</sup>	1,30 <sup>d</sup>	1,01 <sup>i</sup>	1,15 <sup>f</sup>
	200 mmol/l	1,67 <sup>a</sup>	1,56 <sup>b</sup>	1,14 <sup>f</sup>	1,29 <sup>d</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 34. Poređenje srednjih vrednosti ukupne antioksidativne aktivnosti (FRAP jedinica) u semenu nakon 24 časa izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	38,05 <sup>c</sup>	32,10 <sup>fg</sup>	33,33 <sup>def</sup>	32,90 <sup>ef</sup>
	100 mmol/l	43,13 <sup>b</sup>	46,95 <sup>a</sup>	35,38 <sup>d</sup>	34,45 <sup>de</sup>
	150 mmol/l	37,70 <sup>c</sup>	31,95 <sup>fg</sup>	27,20 <sup>h</sup>	25,50 <sup>h</sup>
	200 mmol/l	34,13 <sup>def</sup>	33,83 <sup>def</sup>	26,55 <sup>h</sup>	30,53 <sup>g</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 35. Poređenje srednjih vrednosti ukupne antioksidativne aktivnosti (FRAP jedinica) u nadzemnom delu ponika nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	1,41 <sup>h</sup>	1,23 <sup>i</sup>	1,31 <sup>i</sup>	1,42 <sup>h</sup>
	100 mmol/l	1,87 <sup>e</sup>	1,59 <sup>f</sup>	1,17 <sup>k</sup>	1,11 <sup>l</sup>
	150 mmol/l	1,18 <sup>k</sup>	1,60 <sup>f</sup>	1,16 <sup>k</sup>	1,47 <sup>g</sup>
	200 mmol/l	2,05 <sup>d</sup>	2,14 <sup>c</sup>	2,41 <sup>b</sup>	2,56 <sup>a</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 36. Poređenje srednjih vrednosti ukupne antioksidativne aktivnosti (FRAP jedinica) u nadzemnom delu ponika nakon 7 dana izlaganja različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	0,77 <sup>i</sup>	1,12 <sup>c</sup>	1,10 <sup>cd</sup>	0,96 <sup>g</sup>
	100 mmol/l	1,06 <sup>ef</sup>	1,12 <sup>c</sup>	1,04 <sup>f</sup>	1,08 <sup>de</sup>
	150 mmol/l	1,03 <sup>f</sup>	1,21 <sup>b</sup>	1,05 <sup>ef</sup>	1,25 <sup>a</sup>
	200 mmol/l	1,28 <sup>a</sup>	0,93 <sup>h</sup>	1,12 <sup>c</sup>	1,20 <sup>b</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 37. Poređenje srednjih vrednosti DPPH skevindžer aktivnosti (%I) u semenu nakon 24 časa izlaganja u različitim koncentracijama rastvora NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Seme	0 mmol/l	43,17 <sup>c</sup>	42,93 <sup>cd</sup>	38,63 <sup>g</sup>	40,40 <sup>f</sup>
	100 mmol/l	44,33 <sup>b</sup>	43,43 <sup>bc</sup>	45,40 <sup>a</sup>	43,13 <sup>c</sup>
	150 mmol/l	37,77 <sup>gh</sup>	40,23 <sup>f</sup>	38,27 <sup>g</sup>	41,97 <sup>de</sup>
	200 mmol/l	40,17 <sup>f</sup>	41,47 <sup>e</sup>	36,90 <sup>h</sup>	40,03 <sup>f</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 38. Poređenje srednjih vrednosti DPPH skevindžer aktivnosti (%I) u nadzemnom delu ponika nakon 7 dana izlaganja u različitim koncentracijama rastvora NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	10,19 <sup>k</sup>	9,70 <sup>m</sup>	9,96 <sup>l</sup>	10,59 <sup>j</sup>
	100 mmol/l	13,38 <sup>e</sup>	9,36 <sup>o</sup>	9,67 <sup>m</sup>	11,60 <sup>g</sup>
	150 mmol/l	13,88 <sup>d</sup>	11,30 <sup>i</sup>	9,51 <sup>n</sup>	12,18 <sup>f</sup>
	200 mmol/l	16,09 <sup>a</sup>	15,09 <sup>b</sup>	11,48 <sup>h</sup>	14,51 <sup>c</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 39. Poređenje srednjih vrednosti DPPH skevindžer aktivnosti (%I) u nadzemnom delu ponika nakon 21 dan izlaganja u različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

	Koncentracija NaCl	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
Nadzemni deo	0 mmol/l	11,12 <sup>i</sup>	10,07 <sup>k</sup>	12,96 <sup>e</sup>	12,25 <sup>f</sup>
	100 mmol/l	10,46 <sup>j</sup>	10,14 <sup>k</sup>	13,25 <sup>d</sup>	13,46 <sup>c</sup>
	150 mmol/l	9,74 <sup>l</sup>	8,94 <sup>m</sup>	12,00 <sup>g</sup>	13,51 <sup>c</sup>
	200 mmol/l	11,56 <sup>h</sup>	12,05 <sup>g</sup>	13,98 <sup>b</sup>	14,20 <sup>a</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 40. Poređenje srednjih vrednosti DPPH skevindžer aktivnosti (%) u semenu nakon 24 časa izlaganja u različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banačanka	Jasna	Kata	Zlatna
<b>Nadzemni deo</b>	<b>0 mmol/l</b>	37,63 <sup>fg</sup>	36,00 <sup>gh</sup>	37,73 <sup>fg</sup>	34,77 <sup>h</sup>
	<b>100 mmol/l</b>	44,10 <sup>b</sup>	43,50 <sup>bc</sup>	43,53 <sup>bc</sup>	39,10 <sup>f</sup>
	<b>150 mmol/l</b>	47,57 <sup>a</sup>	41,47 <sup>cde</sup>	41,70 <sup>cd</sup>	39,77 <sup>def</sup>
	<b>200 mmol/l</b>	39,33 <sup>ef</sup>	39,57 <sup>def</sup>	34,43 <sup>h</sup>	37,93 <sup>fg</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 41. Poređenje srednjih vrednosti DPPH skevindžer aktivnosti (%) u nadzemnom delu ponika nakon 7 dana izlaganja u različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banačanka	Jasna	Kata	Zlatna
<b>Nadzemni deo</b>	<b>0 mmol/l</b>	9,96 <sup>g</sup>	9,28 <sup>i</sup>	10,00 <sup>g</sup>	10,25 <sup>f</sup>
	<b>100 mmol/l</b>	10,57 <sup>e</sup>	9,08 <sup>j</sup>	9,52 <sup>h</sup>	10,30 <sup>f</sup>
	<b>150 mmol/l</b>	11,20 <sup>c</sup>	8,70 <sup>k</sup>	9,48 <sup>h</sup>	11,12 <sup>c</sup>
	<b>200 mmol/l</b>	14,11 <sup>a</sup>	14,13 <sup>a</sup>	10,93 <sup>d</sup>	12,83 <sup>b</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom

Tabela 42. Poređenje srednjih vrednosti DPPH skevindžer aktivnosti (%) u nadzemnom delu ponika nakon 21 dan izlaganja u različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

	Koncentracija NaCl	Banačanka	Jasna	Kata	Zlatna
<b>Nadzemni deo</b>	<b>0 mmol/l</b>	10,58 <sup>i</sup>	9,64 <sup>k</sup>	12,16 <sup>e</sup>	12,06 <sup>ef</sup>
	<b>100 mmol/l</b>	10,68 <sup>i</sup>	8,84 <sup>l</sup>	11,47 <sup>g</sup>	12,51 <sup>d</sup>
	<b>150 mmol/l</b>	10,97 <sup>h</sup>	8,58 <sup>m</sup>	9,91 <sup>j</sup>	13,02 <sup>c</sup>
	<b>200 mmol/l</b>	11,99 <sup>f</sup>	11,95 <sup>f</sup>	13,61 <sup>b</sup>	14,10 <sup>a</sup>

\*Srednje vrednosti u kolonama označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $P < 0.05$ ) u skladu sa Dankanovim testom



### Prilog 3.

Tabela 1. Aktivnost SOD u listu i korenu odabranih genotipova uljane repice na černozeu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića

Biljni organ	Faza	Tip zemljišta	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
List	I faza	Černozem	157,69 <sup>efg</sup>	148,66 <sup>ghi</sup>	138,71 <sup>kl</sup>	133,09 <sup>kl</sup>
		Solonjec	141,98 <sup>ijk</sup>	154,68 <sup>efgh</sup>	152,19 <sup>fghi</sup>	133,22 <sup>kl</sup>
	II faza	Černozem	142,17 <sup>hij</sup>	164,88 <sup>cde</sup>	186,66 <sup>b</sup>	168,49 <sup>cd</sup>
		Solonjec	145,51 <sup>hij</sup>	202,29 <sup>a</sup>	161,67 <sup>cdef</sup>	170,49 <sup>c</sup>
	III faza	Černozem	124,24 <sup>l</sup>	155,71 <sup>efgh</sup>	148,19 <sup>ghij</sup>	151,95 <sup>fghi</sup>
		Solonjec	158,50 <sup>defg</sup>	143,60 <sup>ijk</sup>	165,05 <sup>cde</sup>	146,24 <sup>hij</sup>
Koren	I faza	Černozem	94,41 <sup>cd</sup>	69,79 <sup>kl</sup>	94,76 <sup>cd</sup>	74,64 <sup>ijk</sup>
		Solonjec	100,25 <sup>ab</sup>	77,05 <sup>hij</sup>	91,04 <sup>d</sup>	82,50 <sup>efg</sup>
	II faza	Černozem	104,68 <sup>a</sup>	72,85 <sup>jk</sup>	83,71 <sup>ef</sup>	76,40 <sup>hij</sup>
		Solonjec	85,77 <sup>e</sup>	90,64 <sup>d</sup>	97,75 <sup>bc</sup>	99,81 <sup>ab</sup>
	III faza	Černozem	101,64 <sup>ab</sup>	85,26 <sup>efgh</sup>	70,05 <sup>kl</sup>	79,34 <sup>fghi</sup>
		Solonjec	66,77 <sup>l</sup>	77,44 <sup>ghij</sup>	75,33 <sup>ij</sup>	81,25 <sup>efgh</sup>

Tabela 2. Aktivnost GPx u listu i korenu odabranih genotipova uljane repice na černozeu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića

Biljni organ	Faza	Tip zemljišta	Banaćanka	Jasna	Kata	Zlatna
List	I faza	Černozem	5,59 <sup>efg</sup>	5,75 <sup>cdef</sup>	4,81 <sup>i</sup>	6,01 <sup>cd</sup>
		Solonjec	5,69 <sup>def</sup>	5,57 <sup>fg</sup>	4,87 <sup>i</sup>	6,09 <sup>c</sup>
	II faza	Černozem	6,67 <sup>b</sup>	6,73 <sup>b</sup>	6,04 <sup>c</sup>	6,98 <sup>ab</sup>
		Solonjec	7,13 <sup>a</sup>	7,18 <sup>a</sup>	6,78 <sup>b</sup>	7,15 <sup>a</sup>
	III faza	Černozem	5,04 <sup>hi</sup>	5,59 <sup>efg</sup>	5,08 <sup>hi</sup>	5,88 <sup>cdef</sup>
		Solonjec	5,21 <sup>h</sup>	5,91 <sup>cde</sup>	5,31 <sup>gh</sup>	5,99 <sup>cd</sup>
Koren	I faza	Černozem	17,17 <sup>fg</sup>	16,78 <sup>hijk</sup>	17,68 <sup>de</sup>	16,75 <sup>ijk</sup>
		Solonjec	18,10 <sup>c</sup>	16,98 <sup>ghij</sup>	17,30 <sup>fg</sup>	17,12 <sup>fghi</sup>
	II faza	Černozem	16,76 <sup>ijk</sup>	17,93 <sup>cd</sup>	17,44 <sup>ef</sup>	18,02 <sup>cd</sup>
		Solonjec	17,18 <sup>fg</sup>	18,92 <sup>b</sup>	19,11 <sup>b</sup>	19,92 <sup>a</sup>
	III faza	Černozem	15,52 <sup>o</sup>	16,45 <sup>kl</sup>	16,70 <sup>jk</sup>	16,24 <sup>lm</sup>
		Solonjec	15,65 <sup>no</sup>	15,89 <sup>mn</sup>	16,94 <sup>ghij</sup>	17,18 <sup>fgh</sup>

Tabela 3. Intenzitet LP u listu i korenu odabranih genotipova uljane repice na černozeu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića

Biljni organ	Faza	Tip zemljišta	Banačanka	Jasna	Kata	Zlatna
List	I faza	Černozeu	121,37 <sup>ghi</sup>	137,61 <sup>efg</sup>	117,09 <sup>hi</sup>	108,55 <sup>i</sup>
		Solonjec	142,73 <sup>ef</sup>	166,67 <sup>cd</sup>	132,48 <sup>fgh</sup>	131,62 <sup>fgh</sup>
	II faza	Černozeu	154,70 <sup>de</sup>	179,49 <sup>bc</sup>	178,63 <sup>bc</sup>	179,49 <sup>bc</sup>
		Solonjec	186,32 <sup>b</sup>	218,80 <sup>a</sup>	217,09 <sup>a</sup>	219,66 <sup>a</sup>
	III faza	Černozeu	130,77 <sup>fgh</sup>	86,32 <sup>j</sup>	115,38 <sup>hi</sup>	115,38 <sup>hi</sup>
		Solonjec	133,33 <sup>fgh</sup>	108,55 <sup>i</sup>	143,59 <sup>ef</sup>	135,90 <sup>fg</sup>
Koren	I faza	Černozeu	114,53 <sup>j</sup>	137,61 <sup>fghi</sup>	122,22 <sup>ij</sup>	138,46 <sup>fghi</sup>
		Solonjec	140,17 <sup>fghi</sup>	164,10 <sup>cde</sup>	152,99 <sup>defgh</sup>	160,68 <sup>def</sup>
	II faza	Černozeu	157,26 <sup>defg</sup>	186,32 <sup>bc</sup>	160,68 <sup>def</sup>	169,23 <sup>cde</sup>
		Solonjec	202,56 <sup>ab</sup>	217,95 <sup>a</sup>	216,24 <sup>a</sup>	217,09 <sup>a</sup>
	III faza	Černozeu	147,01 <sup>efgh</sup>	170,94 <sup>cd</sup>	130,77 <sup>hij</sup>	136,75 <sup>ghi</sup>
		Solonjec	173,50 <sup>cd</sup>	215,38 <sup>a</sup>	152,14 <sup>defgh</sup>	159,83 <sup>defg</sup>

Tabela 4. Količina GSH u listu i korenu odabranih genotipova uljane repice na černozeu i solonjecu u različitim fazama rasta i razvića

Biljni organ	Faza	Tip zemljišta	Banačanka	Jasna	Kata	Zlatna
List	I faza	Černozeu	9,24 <sup>j</sup>	9,72 <sup>i</sup>	8,50 <sup>k</sup>	9,15 <sup>j</sup>
		Solonjec	10,56 <sup>ef</sup>	10,37 <sup>f</sup>	10,69 <sup>de</sup>	10,86 <sup>cd</sup>
	II faza	Černozeu	9,79 <sup>hi</sup>	10,40 <sup>f</sup>	10,81 <sup>cd</sup>	10,10 <sup>g</sup>
		Solonjec	11,13 <sup>b</sup>	10,68 <sup>de</sup>	11,36 <sup>a</sup>	11,02 <sup>bc</sup>
	III faza	Černozeu	8,67 <sup>j</sup>	9,06 <sup>j</sup>	9,25 <sup>j</sup>	9,16 <sup>j</sup>
		Solonjec	9,22 <sup>j</sup>	9,95 <sup>gh</sup>	9,08 <sup>j</sup>	9,63 <sup>i</sup>
Koren	I faza	Černozeu	11,67 <sup>k</sup>	10,93 <sup>m</sup>	11,33 <sup>l</sup>	12,02 <sup>j</sup>
		Solonjec	13,39 <sup>g</sup>	12,34 <sup>i</sup>	12,91 <sup>h</sup>	12,35 <sup>i</sup>
	II faza	Černozeu	13,66 <sup>f</sup>	14,40 <sup>a</sup>	14,21 <sup>cd</sup>	14,49 <sup>b</sup>
		Solonjec	13,98 <sup>e</sup>	13,84 <sup>ef</sup>	14,00 <sup>de</sup>	14,90 <sup>a</sup>
	III faza	Černozeu	11,30 <sup>l</sup>	10,84 <sup>m</sup>	11,58 <sup>k</sup>	10,83 <sup>m</sup>
		Solonjec	12,02 <sup>j</sup>	11,74 <sup>k</sup>	12,26 <sup>j</sup>	12,45 <sup>l</sup>

Tabela 5. Ukupna antioksidativna aktivnost (FRAP) u listu i korenu odabranih genotipova uljane repice na černozeu i solonjcu u različitim fazama rasta i razvića

<b>Biljni organ</b>		<b>Tip zemljišta</b>	<b>Banačanka</b>	<b>Jasna</b>	<b>Kata</b>	<b>Zlatna</b>
<b>List</b>	I faza	Černozem	1,33 <sup>efg</sup>	1,91 <sup>bc</sup>	1,88 <sup>bc</sup>	1,84 <sup>c</sup>
		Solonjec	2,31 <sup>a</sup>	2,12 <sup>ab</sup>	2,23 <sup>a</sup>	1,50 <sup>def</sup>
	II faza	Černozem	0,99 <sup>i</sup>	1,15 <sup>ghi</sup>	0,92 <sup>i</sup>	1,04 <sup>hi</sup>
		Solonjec	1,47 <sup>def</sup>	1,33 <sup>efg</sup>	1,13 <sup>ghi</sup>	1,39 <sup>efg</sup>
	III faza	Černozem	1,40 <sup>efg</sup>	1,28 <sup>fgh</sup>	1,53 <sup>def</sup>	1,34 <sup>efg</sup>
		Solonjec	1,71 <sup>cd</sup>	1,54 <sup>def</sup>	1,58 <sup>de</sup>	0,93 <sup>i</sup>
<b>Koren</b>	I faza	Černozem	1,45 <sup>i</sup>	1,46 <sup>i</sup>	1,55 <sup>h</sup>	1,62 <sup>g</sup>
		Solonjec	1,75 <sup>cd</sup>	2,00 <sup>a</sup>	1,84 <sup>b</sup>	1,79 <sup>c</sup>
	II faza	Černozem	1,33 <sup>j</sup>	1,26 <sup>k</sup>	1,55 <sup>fg</sup>	1,47 <sup>i</sup>
		Solonjec	1,69 <sup>ef</sup>	1,76 <sup>cd</sup>	1,66 <sup>fg</sup>	1,72 <sup>de</sup>
	III faza	Černozem	0,83 <sup>n</sup>	1,14 <sup>m</sup>	1,17 <sup>kl</sup>	1,20 <sup>m</sup>
		Solonjec	1,13 <sup>m</sup>	1,31 <sup>j</sup>	1,21 <sup>kl</sup>	1,25 <sup>k</sup>

## Prilog 4.

Tabela 1. Poređenje srednjih vrednosti klijavosti semena (%) odabranih genotipova uljane repice pri različitim vigor testovima i različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

Genotip	Koncentracija NaCl	Testovi			
		SLT	CT	TUS	HT
Banaćanka	0 mmol/l	98 <sup>a</sup>	93 <sup>bcdefg</sup>	91 <sup>cdefghijk</sup>	94 <sup>abc</sup>
	100 mmol/l	95 <sup>ab</sup>	89 <sup>ghijklmn</sup>	88 <sup>hijklmnop</sup>	91 <sup>bcdefghi</sup>
	150 mmol/l	90 <sup>defghijkl</sup>	85 <sup>nopqrstuvw</sup>	82 <sup>stuvwxyz1</sup>	84 <sup>pqrstuvw</sup>
	200 mmol/l	83 <sup>qrstuvwxy</sup>	81 <sup>vwxyz1</sup>	76 <sup>28 29</sup>	80 <sup>wxyz1</sup>
Jasna	0 mmol/l	94 <sup>abcd</sup>	92 <sup>bcdefgh</sup>	87 <sup>jklmnopq</sup>	94 <sup>abcde</sup>
	100 mmol/l	93 <sup>bcdef</sup>	86 <sup>lmnopqrstu</sup>	81 <sup>vwxyz1</sup>	91 <sup>cdefghijk</sup>
	150 mmol/l	90 <sup>efghijkl</sup>	83 <sup>qrstuvwxyz</sup>	79 <sup>27 28 29</sup>	87 <sup>klmnopqr</sup>
	200 mmol/l	82 <sup>stuvwxyz1</sup>	74 <sup>29</sup>	74 <sup>29</sup>	81 <sup>tuvwxyz1</sup>
Kata	0 mmol/l	95 <sup>abc</sup>	91 <sup>bcdefghij</sup>	89 <sup>hijklmno</sup>	91 <sup>bcdefghi</sup>
	100 mmol/l	94 <sup>abcde</sup>	89 <sup>efghijkl</sup>	87 <sup>jklmnopq</sup>	91 <sup>cdefghijk</sup>
	150 mmol/l	88 <sup>hijklmnop</sup>	88 <sup>hijklmnop</sup>	84 <sup>opqrstuvw</sup>	86 <sup>lmnopqrstu</sup>
	200 mmol/l	82 <sup>rstuvwxyz1</sup>	80 <sup>xyz1</sup>	74 <sup>29</sup>	81 <sup>vwxyz1</sup>
Zlatna	0 mmol/l	89 <sup>efghijklm</sup>	84 <sup>pqrstuvw</sup>	86 <sup>lmnopqrs</sup>	89 <sup>efghijkl</sup>
	100 mmol/l	89 <sup>efghijklm</sup>	82	81 <sup>vwxyz1</sup>	87 <sup>ijklmnopqr</sup>
	150 mmol/l	85 <sup>nopqrstuv</sup>	80 <sup>xyz1</sup>	79 <sup>xyz12</sup>	82 <sup>stuvwxyz1</sup>
	200 mmol/l	78 <sup>27 28</sup>	75 <sup>28 29</sup>	72 <sup>29</sup>	78 <sup>27 28</sup>

Tabela 2. Poređenje srednjih vrednosti klijavosti semena (%) odabranih genotipova uljane repice pri različitim vigor testovima i različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

Genotip	Koncentracija NaCl	Testovi			
		SLT	CT	TUS	HT
Banaćanka	0 mmol/l	94 <sup>a</sup>	91 <sup>abc</sup>	86 <sup>defgh</sup>	86 <sup>efghi</sup>
	100 mmol/l	88 <sup>cdefg</sup>	86 <sup>efghij</sup>	79 <sup>lmnopq</sup>	81 <sup>klmnop</sup>
	150 mmol/l	84 <sup>efghijk</sup>	83 <sup>ghijkl</sup>	76 <sup>qrstuv</sup>	76 <sup>qrstuvw</sup>
	200 mmol/l	71 <sup>vwxy</sup>	70 <sup>w xyz 27</sup>	61 <sup>31</sup>	64 <sup>28 29 30 31</sup>
Jasna	0 mmol/l	94 <sup>ab</sup>	91 <sup>abcd</sup>	85 <sup>efghij</sup>	87 <sup>cdefghi</sup>
	100 mmol/l	88 <sup>cdef</sup>	86 <sup>defgh</sup>	77 <sup>opqrs</sup>	82 <sup>klmno</sup>
	150 mmol/l	80 <sup>klmnopq</sup>	78 <sup>nopqr</sup>	72 <sup>tuvwxy</sup>	72 <sup>uvwxy</sup>
	200 mmol/l	64 <sup>28 29 30 31</sup>	65 <sup>28 29 30 31</sup>	56 <sup>32</sup>	61 <sup>31</sup>
Kata	0 mmol/l	91 <sup>abc</sup>	90 <sup>cde</sup>	82 <sup>ijklmno</sup>	86 <sup>defgh</sup>
	100 mmol/l	88 <sup>cdef</sup>	82 <sup>hijlmn</sup>	74 <sup>rstuvw</sup>	80 <sup>klmnopq</sup>
	150 mmol/l	83 <sup>hijklm</sup>	77 <sup>pqrs</sup>	71 <sup>vwxy</sup>	76 <sup>pqrst</sup>
	200 mmol/l	71 <sup>vwxy</sup>	68 <sup>xyz 27 28</sup>	62 <sup>30 31</sup>	67 <sup>z 27 28 29</sup>
Zlatna	0 mmol/l	84 <sup>efghijk</sup>	82 <sup>hijklmn</sup>	73 <sup>stuvw</sup>	78 <sup>lmnopq</sup>
	100 mmol/l	81 <sup>klmnop</sup>	78 <sup>nopqr</sup>	66 <sup>27 28 29 30</sup>	72 <sup>tuvw</sup>
	150 mmol/l	78 <sup>nopq</sup>	68 <sup>xyz 27 28</sup>	63 <sup>29 30 31</sup>	71 <sup>wxyz</sup>
	200 mmol/l	67 <sup>yz 27 28</sup>	65 <sup>28 29 30 31</sup>	54 <sup>32</sup>	63 <sup>29 30 31</sup>

Tabela 3. Poređenje srednjih vrednosti dužine nadzemnog dela ponika (mm) kod odabranih genotipova uljane repice pri različitim vigor testovima i različitim koncentracijama NaC (mereno u godini proizvodnje semena)

Genotip	Koncentracija NaCl	Testovi			
		SLT	CT	TUS	HT
Banaćanka	0 mmol/l	81,88 <sup>a</sup>	66,75 <sup>defgh</sup>	59,19 <sup>ij</sup>	61,63 <sup>efghij</sup>
	100 mmol/l	77,94 <sup>ab</sup>	63,38 <sup>defghi</sup>	50,33 <sup>k</sup>	61,13 <sup>ghij</sup>
	150 mmol/l	69,13 <sup>ab</sup>	31,44 <sup>op</sup>	14,50 <sup>x</sup>	31,38 <sup>op</sup>
	200 mmol/l	49,00 <sup>k</sup>	21,63 <sup>tvw</sup>	15,25 <sup>vx</sup>	24,13 <sup>rstu</sup>
Jasna	0 mmol/l	76,13 <sup>b</sup>	68,63 <sup>d</sup>	63,88 <sup>defghij</sup>	66,38 <sup>defgh</sup>
	100 mmol/l	73,63 <sup>bc</sup>	66,63 <sup>defgh</sup>	49,00 <sup>k</sup>	67,69 <sup>de</sup>
	150 mmol/l	59,13 <sup>ij</sup>	30,25 <sup>opq</sup>	20,88 <sup>tuw</sup>	28,63 <sup>pqr</sup>
	200 mmol/l	45,25 <sup>kl</sup>	20,13 <sup>uvw</sup>	13,63 <sup>x</sup>	20,00 <sup>uvw</sup>
Kata	0 mmol/l	76,50 <sup>b</sup>	64,00 <sup>defghi</sup>	59,06 <sup>ij</sup>	62,44 <sup>efghij</sup>
	100 mmol/l	75,63 <sup>b</sup>	62,38 <sup>efghij</sup>	42,25 <sup>lm</sup>	64,00 <sup>defghi</sup>
	150 mmol/l	64,25 <sup>defghi</sup>	29,13 <sup>pqr</sup>	21,00 <sup>tuw</sup>	27,25 <sup>pqrs</sup>
	200 mmol/l	39,13 <sup>mn</sup>	23,88 <sup>rstu</sup>	16,63 <sup>wvx</sup>	22,19 <sup>stu</sup>
Zlatna	0 mmol/l	67,13 <sup>def</sup>	63,63 <sup>deghij</sup>	59,81 <sup>ij</sup>	64,81 <sup>defghi</sup>
	100 mmol/l	66,94 <sup>defg</sup>	59,50 <sup>ij</sup>	57,63 <sup>j</sup>	61,00 <sup>hij</sup>
	150 mmol/l	50,25 <sup>k</sup>	35,50 <sup>no</sup>	22,38 <sup>stu</sup>	31,63 <sup>op</sup>
	200 mmol/l	40,50 <sup>lm</sup>	26,13 <sup>pqrst</sup>	14,25 <sup>x</sup>	25,44 <sup>qrstu</sup>

Tabela 4. Poređenje srednjih vrednosti dužine nadzemnog dela ponika (mm) kod odabranih genotipova uljane repice pri različitim vigor testovima i različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

Genotip	Koncentracija NaCl	Testovi			
		SLT	CT	TUS	HT
Banaćanka	0 mmol/l	61,50 <sup>a</sup>	58,50 <sup>ab</sup>	39,81 <sup>ijklm</sup>	58,56 <sup>ab</sup>
	100 mmol/l	46,19 <sup>efgh</sup>	42,38 <sup>hijkl</sup>	31,00 <sup>pqr</sup>	40,00 <sup>ijklm</sup>
	150 mmol/l	24,25 <sup>tuwv</sup>	33,56 <sup>nop</sup>	11,31 <sup>31 32</sup>	18,88 <sup>xyz 27 28</sup>
	200 mmol/l	15,25 <sup>27 28 29 30 31</sup>	29,69 <sup>pqrs</sup>	10,00 <sup>32</sup>	13,44 <sup>29 30 31 32</sup>
Jasna	0 mmol/l	55,38 <sup>bc</sup>	51,00 <sup>de</sup>	39,25 <sup>klm</sup>	45,00 <sup>ghi</sup>
	100 mmol/l	39,38 <sup>ijklm</sup>	44,13 <sup>ghij</sup>	28,88 <sup>pqrs</sup>	37,13 <sup>lmn</sup>
	150 mmol/l	26,75 <sup>rstu</sup>	32,13 <sup>opq</sup>	17,56 <sup>yz 27 28</sup>	20,00 <sup>vxyz</sup>
	200 mmol/l	15,06 <sup>28 29 30 31 32</sup>	25,63 <sup>stuvw</sup>	11,19 <sup>31 32</sup>	16,38 <sup>z 28 29 30</sup>
Kata	0 mmol/l	48,00 <sup>efg</sup>	50,06 <sup>def</sup>	39,69 <sup>ijklm</sup>	40,88 <sup>ijkl</sup>
	100 mmol/l	40,94 <sup>ijkl</sup>	40,63 <sup>ijklm</sup>	33,19 <sup>nop</sup>	32,38 <sup>op</sup>
	150 mmol/l	27,00 <sup>rstu</sup>	31,44 <sup>nop</sup>	19,81 <sup>vxyz 27</sup>	22,00 <sup>wvxy</sup>
	200 mmol/l	14,31 <sup>28 29 30 31</sup>	26,75 <sup>xyz 27 28</sup>	15,00 <sup>28 29 30 31</sup>	20,19 <sup>vxyz</sup>
Zlatna	0 mmol/l	53,94 <sup>cd</sup>	47,00 <sup>efg</sup>	43,50 <sup>ghijk</sup>	50,88 <sup>de</sup>
	100 mmol/l	40,94 <sup>ijkl</sup>	35,94 <sup>mno</sup>	30,81 <sup>pqr</sup>	39,50 <sup>ijklm</sup>
	150 mmol/l	27,63 <sup>qrst</sup>	30,13 <sup>pqrs</sup>	18,88 <sup>xyz 27 28</sup>	22,69 <sup>vwx</sup>
	200 mmol/l	15,25 <sup>27 28 29 30 31</sup>	29,63 <sup>pqrs</sup>	12,56 <sup>30 31 32</sup>	15,56 <sup>z 27 28 29 30</sup>

Tabela 5. Poređenje srednjih vrednosti dužine korena ponika (mm) kod odabranih genotipova uljane repice pri različitim vigor testovima i različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

Genotip	Koncentracija NaCl	Testovi			
		SLT	CT	TUS	HT
Banaćanka	0 mmol/l	104,63 <sup>bcd</sup>	76,25 <sup>jk</sup>	98,50 <sup>de</sup>	100,94 <sup>cde</sup>
	100 mmol/l	103,13 <sup>bcde</sup>	64,25 <sup>mno</sup>	88,13 <sup>f</sup>	97,00 <sup>e</sup>
	150 mmol/l	69,13 <sup>lm</sup>	66,63 <sup>lm</sup>	38,25 <sup>xyz 27</sup>	50,25 <sup>stu</sup>
	200 mmol/l	45,88 <sup>tuwvy</sup>	43,75 <sup>wvx</sup>	28,63 <sup>28 29</sup>	43,13 <sup>wvxy</sup>
Jasna	0 mmol/l	114,75 <sup>a</sup>	77,88 <sup>ij</sup>	100,50 <sup>cde</sup>	106,13 <sup>bc</sup>
	100 mmol/l	108,88 <sup>b</sup>	60,00 <sup>nop</sup>	85,25 <sup>fg</sup>	99,38 <sup>de</sup>
	150 mmol/l	58,88 <sup>opq</sup>	51,38 <sup>rst</sup>	41,50 <sup>wvxyz</sup>	51,13 <sup>rst</sup>
	200 mmol/l	34,13 <sup>27 28</sup>	41,63 <sup>wvxy</sup>	23,50 <sup>29 30</sup>	39,50 <sup>vxyz 27</sup>
Kata	0 mmol/l	84,63 <sup>fgh</sup>	80,69 <sup>ghij</sup>	82,63 <sup>ghij</sup>	80,50 <sup>ghij</sup>
	100 mmol/l	81,13 <sup>hij</sup>	64,31 <sup>mno</sup>	71,69 <sup>kl</sup>	78,25 <sup>hij</sup>
	150 mmol/l	53,19 <sup>qrs</sup>	55,13 <sup>wvxy</sup>	39,38 <sup>vxyz 27</sup>	46,63 <sup>tuv</sup>
	200 mmol/l	38,63 <sup>xyz 27</sup>	40,63 <sup>wvxyz 27</sup>	22,00 <sup>30</sup>	34,56 <sup>z 27 28</sup>
Zlatna	0 mmol/l	100,50 <sup>cde</sup>	84,31 <sup>fghi</sup>	97,75 <sup>e</sup>	104,56 <sup>bcd</sup>
	100 mmol/l	99,63 <sup>de</sup>	65,25 <sup>mn</sup>	82,13 <sup>ghij</sup>	97,88 <sup>e</sup>
	150 mmol/l	59,69 <sup>nop</sup>	56,88 <sup>pqr</sup>	39,25 <sup>vxyz 27</sup>	54,25 <sup>pqrs</sup>
	200 mmol/l	44,63 <sup>nwvy</sup>	37,00 <sup>yz 27</sup>	22,75 <sup>30</sup>	41,06 <sup>wvxyz</sup>

Tabela 6. Poređenje srednjih vrednosti dužine korena ponika (mm) kod odabranih genotipova uljane repice pri različitim vigor testovima i različitim koncentracijama NaC (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

Genotip	Koncentracija NaCl	Testovi			
		SLT	CT	TUS	HT
Banaćanka	0 mmol/l	75,88 <sup>cd</sup>	54,13 <sup>lmn</sup>	67,81 <sup>fg</sup>	69,75 <sup>ef</sup>
	100 mmol/l	69,25 <sup>efg</sup>	46,13 <sup>o</sup>	60,25 <sup>ijk</sup>	56,19 <sup>klm</sup>
	150 mmol/l	40,63 <sup>pqrs</sup>	42,06 <sup>opqr</sup>	32,81 <sup>wv</sup>	33,38 <sup>uvw</sup>
	200 mmol/l	27,75 <sup>xy</sup>	39,63 <sup>qrst</sup>	23,56 <sup>z 27 28</sup>	24,63 <sup>yz</sup>
Jasna	0 mmol/l	83,50 <sup>a</sup>	61,13 <sup>hij</sup>	78,75 <sup>bc</sup>	82,63 <sup>ab</sup>
	100 mmol/l	75,75 <sup>cd</sup>	54,81 <sup>lmn</sup>	61,69 <sup>hij</sup>	65,25 <sup>fgh</sup>
	150 mmol/l	42,38 <sup>opqr</sup>	51,63 <sup>mn</sup>	33,38 <sup>uvw</sup>	35,31 <sup>tuvw</sup>
	200 mmol/l	27,13 <sup>xy</sup>	36,88 <sup>stuv</sup>	19,69 <sup>27 28</sup>	24,25 <sup>yz 27</sup>
Kata	0 mmol/l	69,88 <sup>ef</sup>	53,16 <sup>lmn</sup>	59,88 <sup>jk</sup>	64,81 <sup>ghi</sup>
	100 mmol/l	61,63 <sup>hij</sup>	45,25 <sup>op</sup>	50,63 <sup>n</sup>	53,75 <sup>lmn</sup>
	150 mmol/l	37,63 <sup>rstuv</sup>	43,69 <sup>opq</sup>	31,25 <sup>vx</sup>	34,08 <sup>uvw</sup>
	200 mmol/l	23,00 <sup>yz 27 28</sup>	38,13 <sup>rstu</sup>	18,63 <sup>28</sup>	20,06 <sup>27 28</sup>
Zlatna	0 mmol/l	80,75 <sup>ab</sup>	56,88 <sup>ikl</sup>	72,81 <sup>de</sup>	73,44 <sup>de</sup>
	100 mmol/l	72,88 <sup>de</sup>	45,00 <sup>op</sup>	60,31 <sup>fgh</sup>	65,88 <sup>fgh</sup>
	150 mmol/l	41,50 <sup>opqrs</sup>	45,25 <sup>op</sup>	34,19 <sup>uvw</sup>	34,69 <sup>uvw</sup>
	200 mmol/l	26,13 <sup>y</sup>	33,38 <sup>uvw</sup>	19,43 <sup>z 27 28</sup>	21,13 <sup>z 27 28</sup>

Tabela 7. Poređenje srednjih vrednosti sveže mase nadzemnog dela ponika (g) kod odabranih genotipova uljane repice pri različitim vigor testovima i različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

Genotip	Koncentracija NaCl	Testovi			
		SLT	CT	TUS	HT
Banaćanka	0 mmol/l	0,694 <sup>ab</sup>	0,754 <sup>a</sup>	0,635 <sup>bcdefg</sup>	0,633 <sup>bcdef</sup>
	100 mmol/l	0,692 <sup>ab</sup>	0,700 <sup>ab</sup>	0,521 <sup>ghijklmn</sup>	0,506 <sup>ijklmn</sup>
	150 mmol/l	0,464 <sup>klmnopq</sup>	0,618 <sup>bcdefghi</sup>	0,328 <sup>stuvw</sup>	0,323 <sup>stuvw</sup>
	200 mmol/l	0,380 <sup>pqrstuvw</sup>	0,453 <sup>lmnopqr</sup>	0,290 <sup>uw</sup>	0,320 <sup>tuw</sup>
Jasna	0 mmol/l	0,683 <sup>abcd</sup>	0,621 <sup>bcdefgh</sup>	0,567 <sup>defghijk</sup>	0,699 <sup>ab</sup>
	100 mmol/l	0,634 <sup>bcdef</sup>	0,596 <sup>bcdefghij</sup>	0,526 <sup>ghijklmn</sup>	0,459 <sup>klmnopq</sup>
	150 mmol/l	0,451 <sup>mnpqrs</sup>	0,572 <sup>cdefghijk</sup>	0,325 <sup>stuvw</sup>	0,429 <sup>nopqrst</sup>
	200 mmol/l	0,354 <sup>qrstuvw</sup>	0,485 <sup>ijklmnop</sup>	0,297 <sup>uw</sup>	0,340 <sup>rstuvw</sup>
Kata	0 mmol/l	0,587 <sup>bcdefghij</sup>	0,628 <sup>bcdefg</sup>	0,530 <sup>ghijklmn</sup>	0,432 <sup>nopqrst</sup>
	100 mmol/l	0,597 <sup>bcdef</sup>	0,632 <sup>bcdefg</sup>	0,423 <sup>nopqrst</sup>	0,377 <sup>pqrstuvw</sup>
	150 mmol/l	0,437 <sup>mnpqrs</sup>	0,401 <sup>opqrstu</sup>	0,275 <sup>uw</sup>	0,376 <sup>pqrstuvw</sup>
	200 mmol/l	0,332 <sup>stuvw</sup>	0,360 <sup>qrstuvw</sup>	0,269 <sup>w</sup>	0,287 <sup>uw</sup>
Zlatna	0 mmol/l	0,676 <sup>abcd</sup>	0,684 <sup>abc</sup>	0,667 <sup>abcde</sup>	0,513 <sup>hijklmno</sup>
	100 mmol/l	0,650 <sup>abcde</sup>	0,669 <sup>abcd</sup>	0,599 <sup>bcd</sup>	0,517 <sup>ghijklmn</sup>
	150 mmol/l	0,489 <sup>ijklmnop</sup>	0,552 <sup>efghijklm</sup>	0,317 <sup>tuw</sup>	0,461 <sup>klmnopq</sup>
	200 mmol/l	0,381 <sup>pqrstuvw</sup>	0,452 <sup>lmnopqr</sup>	0,299 <sup>uw</sup>	0,378 <sup>pqrstuvw</sup>

Tabela 8. Poređenje srednjih vrednosti sveže mase nadzemnog dela ponika (g) kod odabranih genotipova uljane repice pri različitim vigor testovima i različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

Genotip	Koncentracija NaCl	Testovi			
		SLT	CT	TUS	HT
Banaćanka	0 mmol/l	0,433 <sup>ef</sup>	0,387 <sup>ghi</sup>	0,365 <sup>jkl</sup>	0,394 <sup>gh</sup>
	100 mmol/l	0,381 <sup>hij</sup>	0,351 <sup>lmn</sup>	0,324 <sup>opq</sup>	0,357 <sup>klm</sup>
	150 mmol/l	0,288 <sup>st</sup>	0,298 <sup>rs</sup>	0,228 <sup>v</sup>	0,254 <sup>w</sup>
	200 mmol/l	0,220 <sup>v</sup>	0,129 <sup>27</sup>	0,177 <sup>yz</sup>	0,194 <sup>x</sup>
Jasna	0 mmol/l	0,522 <sup>a</sup>	0,498 <sup>b</sup>	0,467 <sup>c</sup>	0,490 <sup>b</sup>
	100 mmol/l	0,467 <sup>c</sup>	0,430 <sup>ef</sup>	0,455 <sup>cd</sup>	0,438 <sup>def</sup>
	150 mmol/l	0,346 <sup>mn</sup>	0,312 <sup>qr</sup>	0,289 <sup>st</sup>	0,325 <sup>opq</sup>
	200 mmol/l	0,282 <sup>st</sup>	0,227 <sup>v</sup>	0,222 <sup>v</sup>	0,254 <sup>w</sup>
Kata	0 mmol/l	0,441 <sup>de</sup>	0,403 <sup>g</sup>	0,367 <sup>jkl</sup>	0,422 <sup>f</sup>
	100 mmol/l	0,374 <sup>ijk</sup>	0,341 <sup>mno</sup>	0,323 <sup>opq</sup>	0,333 <sup>nop</sup>
	150 mmol/l	0,308 <sup>qr</sup>	0,276 <sup>tu</sup>	0,258 <sup>w</sup>	0,291 <sup>st</sup>
	200 mmol/l	0,224 <sup>v</sup>	0,200 <sup>x</sup>	0,171 <sup>z</sup>	0,195 <sup>y</sup>
Zlatna	0 mmol/l	0,424 <sup>ef</sup>	0,375 <sup>ijk</sup>	0,374 <sup>ijk</sup>	0,390 <sup>ghi</sup>
	100 mmol/l	0,357 <sup>klm</sup>	0,324 <sup>opq</sup>	0,315 <sup>pqr</sup>	0,346 <sup>mn</sup>
	150 mmol/l	0,264 <sup>uw</sup>	0,234 <sup>v</sup>	0,204 <sup>x</sup>	0,233 <sup>v</sup>
	200 mmol/l	0,191 <sup>xy</sup>	0,169 <sup>z</sup>	0,163 <sup>z</sup>	0,169 <sup>z</sup>

Tabela 9. Poređenje srednjih vrednosti sveže mase korena ponika (g) kod odabranih genotipova uljane repice pri različitim vigor testovima i različitim koncentracijama NaCl (mereno u godini proizvodnje semena)

Genotip	Koncentracija NaCl	Testovi			
		SLT	CT	TUS	HT
Banaćanka	0 mmol/l	0,126 <sup>a</sup>	0,091 <sup>defg</sup>	0,086 <sup>fighi</sup>	0,110 <sup>b</sup>
	100 mmol/l	0,109 <sup>b</sup>	0,078 <sup>hijkl</sup>	0,081 <sup>fighi</sup>	0,096 <sup>cde</sup>
	150 mmol/l	0,077 <sup>hijkl</sup>	0,059 <sup>pqrstu</sup>	0,049 <sup>uvwxyz</sup>	0,069 <sup>klmnop</sup>
	200 mmol/l	0,065 <sup>mnpqqr</sup>	0,062 <sup>nopqrs</sup>	0,030 <sup>30</sup>	0,058 <sup>pqrstu</sup>
Jasna	0 mmol/l	0,091 <sup>defg</sup>	0,059 <sup>pqrstu</sup>	0,055 <sup>rstuvw</sup>	0,081 <sup>fighij</sup>
	100 mmol/l	0,085 <sup>fighi</sup>	0,065 <sup>mnpqqr</sup>	0,050 <sup>tuvwxyz</sup>	0,083 <sup>fighij</sup>
	150 mmol/l	0,061 <sup>opqrst</sup>	0,050 <sup>tuvwxyz</sup>	0,036 <sup>28 29 30</sup>	0,046 <sup>wxyz 27 28</sup>
	200 mmol/l	0,041 <sup>yz27 28 29</sup>	0,058 <sup>qrstuv</sup>	0,032 <sup>29 30</sup>	0,040 <sup>27 28 29 30</sup>
Kata	0 mmol/l	0,075 <sup>ijklm</sup>	0,052 <sup>stuvwxyxy</sup>	0,055 <sup>rstuvw</sup>	0,067 <sup>lmnopq</sup>
	100 mmol/l	0,068 <sup>lmnopq</sup>	0,062 <sup>opqr</sup>	0,052 <sup>stuvwxy</sup>	0,046 <sup>wxyz 27 28</sup>
	150 mmol/l	0,048 <sup>uvwxyz</sup>	0,054 <sup>rstuvux</sup>	0,036 <sup>27 28 29 30</sup>	0,045 <sup>wxyz 27 28</sup>
	200 mmol/l	0,043 <sup>xyz 27 28</sup>	0,037 <sup>27 28 29 30</sup>	0,032 <sup>29 30</sup>	0,032 <sup>29 30</sup>
Zlatna	0 mmol/l	0,110 <sup>b</sup>	0,073 <sup>klmno</sup>	0,101 <sup>bc</sup>	0,092 <sup>cdef</sup>
	100 mmol/l	0,098 <sup>cd</sup>	0,068 <sup>lmnopq</sup>	0,084 <sup>fighi</sup>	0,087 <sup>efgh</sup>
	150 mmol/l	0,087 <sup>efgh</sup>	0,070 <sup>klmno</sup>	0,052 <sup>stuvwxy</sup>	0,077 <sup>hijkl</sup>
	200 mmol/l	0,061 <sup>opqrst</sup>	0,051 <sup>stuvwxy</sup>	0,041 <sup>yz 27 28 29</sup>	0,047 <sup>wxyz 27</sup>

Tabela 10. Poređenje srednjih vrednosti sveže mase korena ponika (g) kod odabranih genotipova uljane repice pri različitim vigor testovima i različitim koncentracijama NaCl (mereno nakon godinu dana čuvanja semena u nekontrolisanim uslovima)

Genotip	Koncentracija NaCl	Testovi			
		SLT	CT	TUS	HT
Banaćanka	0 mmol/l	0,084 <sup>a</sup>	0,048 <sup>ijk</sup>	0,052 <sup>hijk</sup>	0,077 <sup>bc</sup>
	100 mmol/l	0,066 <sup>ef</sup>	0,038 <sup>mnpq</sup>	0,032 <sup>opqrst</sup>	0,048 <sup>ijk</sup>
	150 mmol/l	0,042 <sup>klmn</sup>	0,024 <sup>uvwxyz 27 28</sup>	0,023 <sup>wxyz 27 28 29 30</sup>	0,028 <sup>rstuvwxy</sup>
	200 mmol/l	0,025 <sup>tuvwxyz 27</sup>	0,016 <sup>29 30 31 32</sup>	0,014 <sup>32</sup>	0,020 <sup>z 27 28 29 30 31 32</sup>
Jasna	0 mmol/l	0,069 <sup>de</sup>	0,059 <sup>g</sup>	0,043 <sup>klm</sup>	0,060 <sup>fg</sup>
	100 mmol/l	0,048 <sup>ijk</sup>	0,041 <sup>klmn</sup>	0,035 <sup>nopqr</sup>	0,040 <sup>lmn</sup>
	150 mmol/l	0,032 <sup>opqrst</sup>	0,030 <sup>qrstuv</sup>	0,021 <sup>z 27 28 29 30 31 32</sup>	0,023 <sup>rstuvwxyz 27 28 29 30</sup>
	200 mmol/l	0,023 <sup>wxyz27 28 29 30</sup>	0,014 <sup>32</sup>	0,019 <sup>27 28 29 30 31 32</sup>	0,018 <sup>27 28 29 30 31 32</sup>
Kata	0 mmol/l	0,059 <sup>gh</sup>	0,050 <sup>ij</sup>	0,045 <sup>ikl</sup>	0,047 <sup>ijk</sup>
	100 mmol/l	0,039 <sup>lmno</sup>	0,031 <sup>pqrst</sup>	0,029 <sup>qrstuvw</sup>	0,035 <sup>nopqr</sup>
	150 mmol/l	0,026 <sup>stuvwxyz</sup>	0,021 <sup>z 27 28 29 30 31 32</sup>	0,019 <sup>27 28 29 30 31 32</sup>	0,022 <sup>wxyz27 28 29 30 31</sup>
	200 mmol/l	0,017 <sup>28 29 30 31 32</sup>	0,016 <sup>29 30 31 32</sup>	0,015 <sup>31 32</sup>	0,016 <sup>29 30 31 32</sup>
Zlatna	0 mmol/l	0,080 <sup>ab</sup>	0,058 <sup>gh</sup>	0,052 <sup>hij</sup>	0,073 <sup>cd</sup>
	100 mmol/l	0,054 <sup>ghi</sup>	0,036 <sup>mnpq</sup>	0,032 <sup>oprstu</sup>	0,045 <sup>ikl</sup>
	150 mmol/l	0,033 <sup>opqrst</sup>	0,021 <sup>z 27 28 29 30 31 32</sup>	0,025 <sup>tuvwxyz 27</sup>	0,028 <sup>rstuvwxx</sup>
	200 mmol/l	0,021 <sup>z 27 28 29 30 31 32</sup>	0,015 <sup>31 32</sup>	0,015 <sup>31 32</sup>	0,020 <sup>z 27 28 29 30 31 32</sup>



## **BIOGRAFIJA**

Jovičić D. Dušica je rođena 11. aprila 1984. godine u Novom Sadu. Osnovnu školu 'Miloš Crnjanski' i gimnaziju 'Laza Kostić' opšteg smera završila je u Novom Sadu.

Osnovne studije upisala je 2003. godine na Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu, smer hortikultura, koji je završila 2007. godine, sa prosečnom ocenom 9,51. Tokom osnovnih studija bila je dobitnik stipendije Fond za stipendiranje i podsticanje napredovanja darovitih studenata i mladih naučnih radnika i umetnika Univerziteta u Novom Sadu.

Akadske master studije upisala je 2007. godine na Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu. Master rad pod nazivom 'Ispitivanje životne sposobnosti semena' odbranila je 03. oktobra 2008. godine sa ocenom 10. Prosečna ocena na master studijama iznosila je 10.

Doktorske akademske studije upisala je 2008. godine na Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu, smer agronomija, a prosečna ocena položenih ispita je 9,88.

Od 01.februara 2008. godine zaposlena je u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu, kao istraživač pripravnik u Laboratoriji za ispitivanje semena. Zvanje istraživača saradnika stekla je 2010. godine.

Trenutno je angažovana na dva projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije:

1. *Povećanje tržišnog značaj krmnih biljaka oplemenjivanjem i optimizacijom tehnologije proizvodnje semena;*
2. *Razvoj novih sorti i poboljšanja novih tehnologija proizvodnje uljanih biljnih vrsta za različite namene.*

Učestvovala je na više međunarodnih i domaćih skupova, a kao autor i koautor objavila je 30 naučnih i stručnih radova koji su objavljeni u vodećim međunarodnim i domaćim časopisima i prezentovani na skupovima.

Član je uređivačkog odbora časopisa Selekcija i semenarstvo, Društva genetičara Srbije, Društva za fiziologiju biljaka Srbije i Federacije evropskih društava biologije biljaka (FESPB).