

**UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET, BEOGRAD - ZEMUN**

mr Slađana K. Savić

**FIZIOLOŠKI MEHANIZMI REGULACIJE
PRODUKTIVNOSTI PARADAJZA
(*Lycopersicon esculentum* L.)
U USLOVIMA STRESA SUŠE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

- BEOGRAD 2008. -

POLJOPRIVREDNI FAKULTET, BEOGRAD – ZEMUN

Mentor: dr Radmila Stikić, redovni profesor
Članovi komisije: dr Sofija Pekić-Quarrie, redovni profesor
dr Vladan Marković, redovni profesor

Datum odbrane disertacije _____

Datum promocije _____

Fiziološki mehanizmi regulacije produktivnosti paradajza (*Lycopersicon esculentum* L.) u uslovima stresa suše

Abstrakt

Istraživanja ove doktorske disertacije su obavljena u tri eksperimentalna sistema: u fitotronu na hibridima Sunpak F₁ i Astona F₁, u stakleniku na hibridu Sunpak F₁ i u plasteniku na hibridima Abellus F₁, Cedrico F₁ i Amati F₁. Cilj ovih istraživanja je bio da se detaljnije prouče fiziološki mehanizmi produktivnosti paradajza i kako različiti uslovi snabdevenosti biljaka vodom (regulisani deficit navodnjavanja-RDI, delimično sušenje korenova-PRD i optimalno navodnjavanje-FI) utiču na ove procese. Ispitivanja su obuhvatila proces rastjenja, produktivnosti, razmenu gasova, vodni režima, količinu abscisinske kiseline u ksilemu, sadržaj jona u različitim organima biljaka paradajza i biohemijske pokazatelje kvaliteta i rastjenja plodova (šećera, organskih kiselina, likopena i ukupne antioksidativne aktivnosti, kao i aktivnosti enzima peroksidaze ćelijskog zida u u egzokarpu).

Dobijeni rezultati su pokazali genotipska variranja u reakciji rastjenja ispitivanih hibrida na deficit irigacije i to da je efekat zavisio od uslova gajenja biljaka. Najveći stepen redukcije rastjenja je utvrđen kod Sunpak F₁ i Astona F₁ gajenih u fitotronu, zatim kod Sunpak F₁ gajenog u stakleniku, a najmanji kod hibrida Abellus F₁, Cedrico F₁ i Amati F₁ gajenih u plasteniku. Rezultati praćenja parametara produktivnosti su pokazali da je samo kod hibrida Sunpak F₁ izloženih deficitu navodnjavanja došlo do značajne redukcije relativne i specifične lisne površine u odnosu na kontrolne biljke. Merenja vodnog potencijala listova, provodljivosti stoma i akumulacije abscisinske kiseline u ksilemu kod hibrida Sunpak F₁ su ukazala da su efekti regulisanog deficita navodnjavanja na rastjenje bili rezultat promena u vodnom režimu biljaka (hidraulično dejstvo), dok su efekti delimičnog sušenja korenova na rastjenje bili rezultat dejstva hemijskih signala suše u ranim fazama. U kasnijim fazama eksperimenta došlo je do interakciju hemijskih i hidrauličnih efekata. Kod hibrida Sunpak F₁ deficita navodnjavanja je doveo do povećanja efikasnosti u korišćenja vode na nivou listova (WUE_l) i to kao rezultat redukcije provodljivosti stoma i nepromenjenog intenziteta fotosinteze. Kod svih ispitivanih hibrida i tretmana deficita irigacije došlo je takođe do povećanja efikasnosti korišćenja vode na nivou prinosa (WUE_c). Ispitivanja brzine rastjenja plodova su pokazala da je na redukciju dijametra plodova i prinosa kod biljaka regulisanog deficita navodnjavanja i delimičnog sušenja korenova prvenstveno uticalo skraćivanje faze izduživanja ćelija egzokarpa plodova, a ne maksimalna brzina njihovog izduživanja. Korelacija aktivnosti enzima i brzine rastjenja plodova je ukazala da ovaj enzim može da igra različitu ulogu i to tako što kod plodova regulisanog deficita navodnjavanja utiče na redukciju procesa rastjenja, a kod delimičnog sušenja korenova i, verovatno, optimalnog navodnjavanja ubrzava sazrevanje plodova. Rezultati merenja parametara kvaliteta plodova su pokazali da su ispitivani sistemi deficita navodnjavanja poboljšali kvalitet plodova (posebno antioksidanata), ali i da je taj efekat zavisio od ispitivanog hibrida. Primenjeni sistemi deficita navodnjavanja nisu značajno uticali na sadržaj i distribuciju ispitivanih jona.

Ključne reči: paradajz, delimično sušenje korenova, regulisani deficit navodnjavanja, aktivnost peroksidaze, abscisinska kiselina, parametri kvaliteta plodova, joni

The physiological mechanisms of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) productivity regulation in drought stress conditions

Abstract

Investigations of presented PhD thesis were done in three experimental systems: in a growth chamber (hybrids Sunpak F₁ and Astona F₁), greenhouse (hybrid Sunpak F₁) and in polytunnel (hybrids Abellus F₁, Cedrico F₁ and Amati F₁). The aim of thesis was to investigate the physiological mechanisms that are in the base of tomato productivity and the effects of different water supply conditions (regulated deficit irrigation-RDI, partial root drying-PRD and full irrigation-FI). Investigations included plant growth and productivity, gas exchange and water regime, ions content in different tomato plant organs, xylem abscisic acid and biochemical characteristics of fruit and fruit growth mechanism (sugars, organic acid, lycopene, antyoxidative activity and activity of enzyme cell wall peroxidase).

Plant growth results showed both significant genotypic differences and significant effects of plant growth conditions on investigated traits. The biggest growth reduction was on hybrids grown in growth chamber (Sunpak F₁ and Astona F₁), than on Sunpak F₁ grown in greenhouse and the smallest effects on hybrids grown in polytunnel (Abellus F₁, Cedrico F₁ and Amati F₁). The only founded influence of deficit irrigation on plant productivity parameters was reduction of relative and specific leaf area of hybrid Sunpak F₁. Measurements of leaf water potential, stomatal conductance and xylem abscisic acid showed that the effects of regulated water deficit on growth of hybrid Sunpak F₁ was consequence of plant water regime changes (hydraulic effect). The effects of partial root drying on growth differed depending on duration of experimental period. In the early phases reduction growth reduction was consequence of drought induced chemical effects, although in later phases the interaction of chemical and hydraulic effects occurred. Because of reduction of stomatal conductance and unchanged intensity of photosynthesis, leaf water use efficiency was increased in hybrid Sunpak F₁ exposed to deficit irrigation. Similarly, increase in crop water use efficiency was increased in all investigated hybrids exposed to deficit irrigation and compared to full irrigation. Investigation of fruit growth rate showed that regulated deficit irrigation and partial root drying had reducing effects on duration of elongation phase in fruit cells of exocarp tissue and, therefore, the fruit diameter and yield was reduced. Correlative relationship between cell wall peroxidase activity and fruit growth rate pointed out on different role of this enzyme in fruit growth. In the fruits exposed to regulated deficit irrigation, possible role could be in cessation of fruit growth, although under the effects of partial root drying and, probably, full irrigation in faster fruit maturation. Quality parameters results showed that deficit irrigation increase quality of fruit (especially antioxidants), but the effects depended on investigated hybrids. Deficit irrigation treatments did not showed significant effect on ions content and distribution.

Key words: tomato, partial root drying, regulated deficit irrigation, peroxidase activity, abscisic acid, fruit quality parameters, ions

*E*ksperimentalni deo ove disertacije urađen je na Katedri za agrohemiju i fiziologiju biljaka Poljoprivrednog fakulteta u Zemunu, kao i u Danskoj (Department of Crop Sciences, Faculty of Life Sciences, University of Copenhagen) i u »SALAT-CENTRU« u Surčinu. Zahvaljujem kolegama i saradnicima ovih institucija na velikoj pomoći koju su mi pružili u toku izrade ove disertacije, ali i kolegama sa drugih institucija čija mi je pomoć bila dragocena. Posebnu zahvalnost dugujem mome mentoru prof. dr Radmili Stikić koja je pratila izradu ovog rada od prve pa do završne faze, a njena nesebična pomoć, saveti i entuzijazam su mi pomogli da istrajem. Zahvaljujem se prof. dr Sofiji Pečić-Quarrie, prof. dr Vladanu Markoviću, prof. dr Biljani Vucelić-Radović i prof. dr Zorici Jovanović na korisnim savetima i sugestijama koje su mi dali prilikom čitanja ove disertacije.

Želim da se zahvalim i mojoj porodici i prijateljima bez čije podrške bi mi bilo mnogo teže. Posebnu zahvalnost dugujem mom suprugu Dejanu na razumevanju, podršci, pažnji, kao i na pomoći koju mi je pružao tokom izrade ove disertacije.

SADRŽAJ

1 UVOD	1
2 CILJ RADA	4
3 PREGLED LITERATURE	5
3.1 Paradajz-opšte karakteristike	5
3.1.1 Istorijsko poreklo	5
3.1.2 Botaničke osobine	5
3.1.3 Uslovi gajenja	7
3.2 Rastenje i produktivnost	8
3.2.1 Rastenje	8
3.2.2 Mehanizmi regulacije rastenja	9
3.2.2.1 Biohemijska regulacija rastenja	9
3.2.2.2 Hormonalna regulacija rastenja	10
3.2.2.3 Uloga abscisinske kiseline u regulaciji rastenja	11
3.2.3 Produktivnost	13
3.2.4 Kvalitet plodova	14
3.3 Uticaj suše na rastenje	15
3.4 Deficit irigacije: nove metode navodnjavanja	17
4 MATERIJAL I METODE	20
4.1 Biljni materijal	20
4.2 Eksperimentalni sistemi	20
4.2.1 Eksperiment u fitotronskej komori	20
4.2.1.1 Mereni parametri	22
4.2.2 Eksperiment u stakleniku	23
4.2.2.1 Mereni parametri	24
4.2.3 Eksperiment u plasteniku	26
4.2.3.1 Mereni parametri	27
4.3 Metode	27
4.3.1 Merenja parametara rastenja i produktivnosti	27
4.3.2 Merenje ukupnog vodnog potencijala listova	29
4.3.3 Određivanje enzimske aktivnosti peroksidaze	29
4.3.3.1 Ekstrakcija jonski vezane peroksidaze ćelijskog zida	29
4.3.3.2 Merenje aktivnosti jonski vezane peroksidaze	29
4.3.4 Određivanje parametara kvaliteta zrelih plodova paradajza	31
4.3.4.1 Merenja sadržaja šećera i organskih kiselina	31

4.3.4.2	Određivanje sadržaja likopena	31
4.3.4.3	Merenje antioksidativne aktivnosti	32
4.3.5	Merenje sadržaja mineralnih elemenata u biljnom materijalu	33
4.3.5.1	Određivanje sadržaja fosfora	34
4.3.5.2	Određivanje sadržaja kalijuma	35
4.3.5.3	Određivanje sadržaja azota	36
4.3.6	Određivanje sadržaja abscisinske kiseline u ksilemu	37
4.4	Statistička obrada podataka	38
5	REZULTATI	39
5.1	Eksperiment u fitotronsnoj komori	39
5.1.1	Sadržaj vode u zemljištu	39
5.1.2	Rastenje vegetativnih organa	41
5.1.2.1	Visina biljaka, broj i površina listova	41
5.1.2.2	Brzina rastenja biljaka	45
5.1.2.3	Suva masa stabla, listova i korena	47
5.1.2.4	Odnos suve mase korena i izdanka	51
5.1.3	Rastenje generativnih organa	53
5.1.3.1	Broj cvetnih grana i cvetova	53
5.1.3.2	Parametri prinosa	56
5.1.3.3	Brzina rastenja plodova	59
5.1.3.4	Odnos broja plodova i cvetova	61
5.1.4	Odnos suve mase izdanka i plodova	63
5.1.5	Efikasnost korišćenja vode	65
5.1.6	Parametari produktivnosti	66
5.1.6.1	Relativna brzina rastenja-RGR i brzina neto asimilacije-NAR	66
5.1.6.2	Relativna lisna površina-LAR, specifična lisna površina-SLA i odnos lisne mase-LWR	69
5.1.7	Aktivnost peroksidaze u različitim fazama razvića ploda	73
5.1.8	Sadržaj biogenih elemenata u različitim organima biljaka paradajza	75
5.1.8.1	Listovi	75
5.1.8.2	Stablo	77
5.1.8.3	Koren	79
5.2	Eksperiment u stakleniku	81
5.2.1	Vodni status supstrata	81
5.2.2	Vodni potencijal listova	82
5.2.3	Intenzitet fotosinteze, provodljivost stoma i efikasnost korišćenja vode	83
5.2.4	Sadržaj abscisinske kiseline u ksilemu	85
5.2.5	Rastenje vegetativnih organa	86
5.2.6	Parametri prinosa	87
5.2.7	Odnos suve mase izdanka i plodova	88

5.2.8	Efikasnost korišćenja vode	89
5.3	Eksperiment u plasteniku	91
5.3.1	Vodni status zemljišta	91
5.3.2	Rastenje vegetativnih organa	93
5.3.2.1	Hibrid Abellus F ₁	93
5.3.2.2	Hibrid Cedrico F ₁	94
5.3.2.3	Hibrid Amati F ₁	95
5.3.3	Parametri prinosa	96
5.3.3.1	Hibrid Abellus F ₁	96
5.3.3.2	Hibrid Cedrico F ₁	98
5.3.3.3	Hibrid Amati F ₁	99
5.3.4	Odnos suve mase izdanka i plodova	101
5.3.5	Efikasnost korišćenja vode	103
5.3.5.1	Hibrid Abellus F ₁	103
5.3.5.2	Hibrid Cedrico F ₁	103
5.3.5.3	Hibrid Amati F ₁	104
5.3.6	Parametri kvaliteta plodova	105
5.3.6.1	Hibrid Abellus F ₁	105
5.3.6.2	Hibrid Cedrico F ₁	106
5.3.6.3	Hibrid Amati F ₁	108
5.3.7	Sadržaj biogenih elemenata u različitim organima biljaka paradajza	110
5.3.7.1	Listovi	110
5.3.7.2	Stablo	112
5.3.7.3	Plodovi	114
6	DISKUSIJA	116
6.1	Vodni režim supstrata i zemlje	116
6.2	Rastenje biljaka, fiziološki procesi i mehanizmi regulacije	117
6.3	Rastenje plodova i mehanizmi regulacije	124
6.4	Produktivnost i prinos	127
6.5	Kvalitet plodova i efikasnost korišćenja vode	133
7	ZAKLJUČCI	136
8	LITERATURA	140

1 UVOD

Produktivnost gajenih biljaka je rezultat niza fizioloških procesa u toku ontogeneze biljaka. Savremeni pristup u istraživanjima produktivnosti gajenih biljaka prvenstveno je baziran na proučavanjima fotosinteze, rastenja i vodnog režima kao osnovnih fizioloških procesa koji determinišu produktivnost (Larcher, 1995). Danas su ova istraživanja posebno aktuelna jer je biljna proizvodnja u velikoj meri ograničena dejstvom različitih stresnih faktora, posebno suše, tako da poznavanje ovih procesa može sa jedne strane da doprinese prevazilaženju dejstva stresnih faktora, a sa druge ostvarenju potencijala rodnosti poljoprivrednih kultura u određenim agroekološkim uslovima (Monti, 1987; Passioura, 2007).

Suša je u svetu jedan od najčešćih stresnih faktora koji ograničavaju biljnu proizvodnju jer mnoge poljoprivredne kulture imaju visoke potrebe za vodom. U našoj zemlji suša je takođe značajan stresni činilac, a njeno negativno dejstvo se posebno odražava na gajenje i produktivnost poljoprivrednih kultura, posebno povrtarskih (Spasova *i sar.*, 1997). Na primer, u južno-istočnoj Srbiji (Timočkoj regiji), poslednjih 20 godina sezonska količina padavina opala je za 120mm, tako da sada iznosi oko 250mm (Dragović, 1999). Ovakvo stanje je posledica porasta temperatura u toku ljetnjeg perioda. Broj dana sa temperaturom od 30°C sada je 50, a 1970 godine bio je samo 12, dok je broj dana sa temperaturom od 35°C sada 10, a 1970 godine bio je 0 (Dodig *i sar.*, 2002). Suša je takođe značajan problem i u proizvodnji paradajza jer je redukcija rastenja i prinosa jedna od posledica delovanja suše. Za uspešno gajenje paradajza je neophodna optimalna vlažnost i temperatura i to posebno u fazi cvetanja i fazi formiranja plodova. Nedostatak vode u ovim fazama razvića paradajza može dovesti do abscisije cvetova i smanjenog formiranja plodova, što za posledicu može imati veliku redukciju prinosa (Benton Jones, 1999).

Za prevazilaženje posledica suše na poljoprivredne kulture danas se uglavnom koriste dva pristupa i to: stvaranje otpornih genotipova gajenih biljaka na sušu i poboljšanje agrotehničkih mera. Stvaranje otpornih genotipova na dejstvo suše je, međutim, dugotrajan proces koji zahteva sa jedne strane pronalaženje osobina i procesa koji su u korelaciji sa otpornošću na sušu i njihovu primenu u postupku selekcije, a sa druge i višegodišnje testiranje stepena otpornosti na sušu tako stvorenih genotipova. Od agrotehničkih mera najznačajnije je navodnjavanje. Međutim, kao posledica globalne

promene klime i prekomernih zagađenja životne sredine došlo je do smanjenja količine vode dostupne za potrebe poljoprivredne proizvodnje, što za posledicu ima da se površine pod sistemima za navodnjavanje neće povećavati u meri koja je neophodna. To je poseban problem za zemlje u razvoju. U mnogim delovima Srbije, kako rečna tako i podzemna voda je zagađena sa organskim i neorganskim hemikalijama i mikrobiološkim zagađivačima koji uglavnom potiču od intenzivne stočne proizvodnje, ali i razvoja urbanih sredina i industrije (Gavrić i Mihajlov, 2002).

Stoga, se u cilju uštede vode u poljoprivredi i ublažavanja posledica suše na biljnu proizvodnju, pristupilo izučavanju mogućnosti primene novih metoda navodnjavanja, a sa ciljem efikasnijeg korišćenja vode od strane biljaka (FAO, 2002). Dosadašnja istraživanja su ukazala da je primenom novih tehnika navodnjavanja, kao što su delimično sušenje korenova (eng. partial root drying-PRD) i regulisani deficit navodnjavanja (eng. regulated deficit irrigation-RDI) moguće smanjiti potrebe za vodom u poljoprivrednoj proizvodnji, a da pri tome ne dođe do značajne redukcije prinosa i pogoršanja kvaliteta plodova (Dry *i sar.*, 1996; Davies *i sar.*, 2000; Loveys *i sar.*, 2000).

Regulisani deficit navodnjavanja (RDI) je tehnika navodnjavanja gde se navodnjava ceo korenov sistem sa manjom količinom vode u odnosu na moguću evapotranspiraciju. Na taj način se biljke izlažu umerenom stresu koji dovodi do minimalnih posledica na prinos (English *i sar.*, 1996). Delimično sušenje korenova (PRD) je tehnika navodnjavanja koja se razvila posle RDI, i koja podrazumeva navodnjavanje samo dela korenovog sistema, dok se drugi deo suši do unapred planiranog nivoa. Zatim se vrši inverzija, tako što se navodnjavana polovina korena suši, a sušena navodnjava. Ovaj postupak je zasnovan na teorijskim saznanjima iz oblasti fiziologije stresa, odnosno na poznavanju adaptivnih reakcija biljaka na stresne uslove, posebno sušu. Primena PRD tehnike je jednostavna, zahteva samo adaptaciju sistema za navodnjavanje tako da omogući naizmenično sušenje i navodnjavanje delova korenovog sistema. Primena PRD se pokazala veoma uspešnom u gajenju voćarskih kultura, nekih ratarskih i povrtarskih kultura uključujući i paradajz (Kirda *i sar.*, 2004). PRD tehnika je zasnovana na saznanjima o hemijskim signalima na nivou koren-izdanak u suvom zemljištu, i shodno tome, razumevanje ovih procesa je esencijalno za uspešnu primenu PRD tehnike. Indukovani PRD tehnikom u korenima se sintetišu hemijski signali, pre svega biljni hormoni i to posebno abscisinska kiselina (ABA), koji se transportuju u nadzemne delove gde utiču na regulaciju rastenja i reakcije stoma i tako deluju na produktivnost i povećavaju efikasnosti korišćenja vode (eng. water

use efficiency-WUE) (Davies *i sar.*, 2002). U poređenju sa optimalnim navodnjavanjem (eng. full irrigation-FI), primenom PRD tehnike može se uštedeti oko 30-50% vode za navodnjavanje i značajno povećati WUE (Loveys *i sar.*, 2000). Nekoliko autora (Kirda *i sar.*, 2004; Topcu *i sar.*, 2006) u svojim istraživanjima su došli do zaključka da je PRD tehnika efikasnija u odnosu na RDI u održavanju prinosa i povećanju WUE, iako primena bilo koje od ovih tehnika podrazumeva potrošnju približno iste količine vode za navodnjavanje. Ovi autori smatraju da PRD može da stimuliše rastenje korena i konstantno održava nivo abscisinske kiseline koja reguliše fiziološke procese u izdanku, dok RDI dovodi do toga da neki delovi korena u dugom vremenskom periodu u suvom zemljištu izumiru pri čemu dolazi do opadanja nivoa hormona, što za posledicu ima pojavu vodnog deficita u izdanku. Međutim, postoje i istraživanja na različitim biljnim kulturama kao što su vinova loza (dos Santos *i sar.*, 2003), maslina (Fernández *i sar.*, 2006) i krompir (Liu *i sar.*, 2006a) koja ukazuju da PRD nema nikakvih prednosti nad RDI. Ovi autori napominju da je količina vode a ne tip navodnjavanja ta koja determiniše reakciju useva. Postoje i rezultati koji ukazuju da se PRD i RDI postupcima pored promene hormonskog statusa biljaka, rasteња, reakcije stoma i fotosinteze, menja i transport asimilata i vode ka plodovima. To se sve potom odražava i na prinos plodova i njihovu nutritivnu vrednost. Za razumevanje delovanja ovih metoda navodnjavanja na paradajz su važni i biohemijski procesi (posebno aktivnost enzima peroksidaze) koji utiču na rastenje i sazrevanje plodova (Thompson *i sar.*, 1998; Andrews, 2003).

Očigledno je da je za uspešnu primenu novih metoda navodnjavanja, posebno PRD, potrebno razumevanje fizioloških procesa koji se nalaze u osnovi njihovog delovanja na paradajz. Rezultati takve analize bi mogli da pomognu u razumevanju dejstva suše na rastenje i produktivnost paradajza, a takođe i da doprinesu uspešnijoj primeni ovih metoda u uslovima stakleničke i plasteničke proizvodnje. To je od posebnog značaja za proizvodnju paradajza u našoj zemlji gde ovakve metode navodnjavanja do sada nisu primenjivane, a suša u sve većem stepenu utiče na prinos i kvalitet prinosa ove izuzetno značajne povrtarske kulture. Paradajz kao veoma važna povrtarska kultura u svetu se gaji na oko 2.852.000ha sa ukupnim prinosom od 77.540.000 tona (FAO, 1995), a kod nas se gaji na 20.000ha sa ukupnim prinosom od 180.000 tona (Takač, 2004). O značaju ove povrtarske kulture govori podatak da se njegova potrošnja evidentira u 164 zemlje sveta i da je druga najprodavanija namirnica na svetskoj pijaci, posle banana. Prosečna potrošnja paradajza u svetu iznosi 15kg po stanovniku, u Srbiji 16kg što je za 11kg manje od evropskog proseka (Takač, 2004).

2 CILJ RADA

Cilj ovih istraživanja je bio da se detaljnije prouče fiziološki mehanizmi produktivnosti paradajza i kako različiti uslovi snabdevenosti biljaka vodom (regulisani deficit navodnjavanja-RDI, delimično sušenje korenova-PRD i optimalno navodnjavanje-FI) utiču na ove procese. Ispitivanja su obuhvatila proces rastenja, produktivnosti, razmenu gasova, vodni režima, količinu abscisinske kiseline u ksilemu, sadržaj jona u različitim organima biljaka paradajza i biohemijske pokazatelje kvaliteta i rastenja plodova (šećera, organskih kiselina, likopena i ukupne antioksidativne aktivnosti, kao i aktivnosti enzima peroksidaze ćelijskog zida u u egzokarpu).

Primena ovih metoda u ispitivanjima biljaka gajenih različitim tehnikama navodnjavanja, odnosno u različitim uslovima snabdevenosti vodom (regulisanog deficita navodnjavanja-RDI, optimalnog navodnjavanja-FI i delimičnog sušenja korenova-PRD) mogla bi da ukaže na mehanizme odgovorne za inhibiciju rastenja i produktivnosti izazvane nedostatkom vode, kao i na mogućnosti za prevazilaženje nepovoljnog uticaja suše na proizvodnju paradajza. Ova istraživanja bi mogla i da predstavljaju teorijsku osnovu za optimizaciju navodnjavanja paradajza u uslovima plasteničke i stakleničke proizvodnje.

Uključivanjem većeg broja genotipova očekuje se da bi ova istraživanja mogla da ukažu i na moguće genotipske razlike u reakciji biljaka na nedostatak vode i primenjene metode navodnjavanja, a što je od značaja i za komercijalnu primenu PRD tehnike u gajenju paradajza. Ispitivanja parametara kvaliteta merenjem sadržaja šećera, organskih kiselina, likopena i ukupne antioksidativne aktivnosti u plodovima paradajza mogla bi ukazati koja od primenjenih tehnika navodnjavanja najviše doprinosi poboljšanju kvaliteta plodova.

3 PREGLED LITERATURE

3.1 Paradajz-opšte karakteristike

3.1.1 Istorijsko poreklo

Paradajz vodi poreklo iz Južne Amerike. Većina istorijskih i etnobotaničkih podataka vezana su za Meksiko, za oblast Vera Cruz-Puebla, kao mesto odakle potiče gajeni paradajz, dok se postojbinom divljeg paradajza smatraju Peru i Ostrva Galapagosa.

Paradajz nije bio poznat u Evropi do otkrića i osvajanja Amerike, a prvi opisi i crteži su se pojavili u Evropskim herbarijumima sredinom i krajem 16-tog veka. Pronađeni crteži i opisi jasno ukazuju da je čovek tokom vremena pokušavao da poboljša veličinu kao i raznolikost oblika i boja ploda paradajza. Dugo vremena u Evropi je gajen samo kao ukrasna biljka, zbog straha od toksičnosti, pošto paradajz pripada porodici Solanaceae, kojoj pripada i *Atropa beladonna*-smrtonosna noćna senka, i mnoge druge otrovne biljne vrste. U nekim zemljama je bio odbačen zbog neprijatnog mirisa. Tek polovinom 18-tog veka paradajz se počeo koristiti kao povrće, najpre u Italiji, Španiji, Portugaliji i Francuskoj. U našim krajevima paradajz je masovno počeo da se gaji tek polovinom 19-tog veka.

3.1.2 Botaničke osobine

Paradajz je jednogodišnja zeljasta biljka. Koren kod paradajza je vretenast. Centralni koren u direktnoj setvi dostiže dubinu od 100 do 150cm i zahvata veliku masu zemljišta, tako da se biljke odlikuju relativno velikom otpornošću na sušu. Kada se paradajz gaji preko rasada, glavna masa korena se razvija u površinskom sloju zemljišta (20 do 40cm). (Marković, 1997; Damjanović *i sar.*, 2001). Stablo paradajza je zeljasto i sočno, sa starenjem donji delovi odrvenjavaju. Okruglo je ili uglasto i njegov prečnik iznosi 3-4cm, može dostići dužinu i do 3-4m. Zbog bočnih izdanaka, koji se u proizvodnji zakidaju, biljka ima žbunast izgled. (Marković, 1997; Damjanović *i sar.*, 2001). Stablo ima sposobnost formiranja adventivnih korenova. Prema visini stabla sve sorte paradajza možemo podeliti u tri grupe: visoke (indeterminantne), niske (determinantne) i štambove (žbunaste) (Đurovka i Marković, 1992). Visoke-indeterminantne sorte odlikuju se visokim, polegljivim i jako razgranatim stablom neograničenog rasta. Cvasti su retko raspoređene. Prva cvast se javlja posle 10-14 listova, a svaka sledeća posle 3-4 lista. Kod sorti iz ove grupe primenjuju se specifične mere njege kao što su: kolčenje (gajenje uz potporu),

pinciranje (zakidanje zaperaka) i vršikanje (zakidanje vrha stabla). Niske-determinantne sorte odlikuju se slabim rastom i kratkom vegetacijom, sa niskim do srednje visokim stablom, visine 40-60cm, kratkim internodijama i gusto raspoređenim listovima i cvastima na stablu. Prva cvast se javlja posle 6-8 listova, a svaka sledeća posle svakog ili svaka dva lista. Biljka sama ograničava svoj rast jer se vrh svake grane završava sa listom ili cvašću. Zbog gusto raspoređenih cvasti period plodonošenja kod ovih sorti je relativno kratak. Determinantne sorte se proizvode bez kolčenja i bez pinciranja. Zbog ujednačenog sazrevanja pogodne su za jednofaznu mehanizovanu berbu. Štambove-žbunaste sorte odlikuju se debelim i kratkim stablom otpornim na poleganje, uspravnim granjanjem, kratkim internodijama i gusto raspoređenim cvastima. Visina stabla kod ovih sorti je najčešće oko 30-40cm.

Kotiledoni listovi su lancetasti i maljavi. Prvi pravi list je trodelan a ostali listovi su složeni neparno perasti, sa liskom razdeljenom dubokim urezima na izdvojene manje ili veće listiće. Kod paradajza se razlikuju dva tipa listova: normalni (paradajz) i krompirov tip (Đurovka i Marković, 1992). Kod normalnog tipa razlikujemo sledeće delove: vršni listić, osnovne listiće, međulistiće i listiće prvog reda. Krompirov tip lista nema međulistiće (ili se oni retko sreću). Liske su mnogo manje usečene za razliku od normalnog tipa. Po veličini list može biti: krupan, srednji ili sitan. Oblik liske može biti: širok, jajolik, izduženo jajolik, široko-lancetast a vršni listić može biti i bubrežast. Zeleni delovi biljke paradajza obrasli su sitnim maljama. Postoje dve vrste malja: kratke »žive« malje, koje sadrže solanin, iz kojih se pri dodiru izlučuje tečnost žute boje i neprijatnog mirisa koja odbija pčele i druge insekte i duge »mrtve« malje bez solanina (Đurovka i Marković, 1992).

Cvetovi su sakupljeni u cvasti. Cvast paradajza može biti prosta i složena. Kod prostih cvasti cvetovi se razvijaju na njenoj osovini, a kod složenih cvasti na bočnim granama. Prva cvast formira se iznad određenog broja listova, što zavisi od sorte i uslova gajenja. Cvetovi paradajza sadrže 5-7 čašičnih i 5-7 kruničnih listića. U većine varijeteta i sorata cvet ima 6 čašičnih i 6 kruničnih listića. Prašnika je 5 i oni su pričvršćeni za kruničnu cev. Za prašnike je karakteristično da su srasli u vidu konusa koji potpuno obuhvata plodnik i tučak. Zbog toga je paradajz samooplodna biljka (Marković, 1997; Damjanović *i sar.*, 2001). Plod je bobica. Najveći deo ploda otpada na placentu. Iz tkiva placentne obrazuje se sočni deo zrelog ploda u koji su utopljene semenke. Pri sazrevanju ovaj sočni deo postaje sluzast i razara se. Seme je smešteno u semenim komorama,

pljosnato bubrežastog je oblika i obraslo srebrnasto belim dlačicama. Broj komora je sortna osobina i varira od 2 do 20 u jednom plodu. Plod paradajza varira u širokim granicama u pogledu veličine, oblika i boje. Veličina ploda je sortna osobina, ali ona zavisi i od uslova gajenja i primenjene agrotehnike. Plodovi ovog povrća svrstavaju se u sitne (mase ispod 60g), srednje (mase između 60 i 120g) i krupne (mase iznad 120g). Oblik i boja ploda su osobine varijeteta, odnosno sorte. U većine sorata plodovi su okruglasti ili pljosnati i glatki. Boja ploda može biti crvena, narandžasta i žuta (Marković, 1997; Damjanović *i sar.*, 2001).

3.1.3 Uslovi gajenja

Paradajz može da uspeva u širokom arealu gajenja, ali pošto je to poreklom tropska biljka ona ima vrlo izražene zahteve u pogledu toplote, svetlosti i vlage. Optimalne temperature vazduha za rastenje biljaka paradajza kreću se između 18.5°C i 26.5°C. Na temperaturama ispod 15°C prestaje cvetanje, a ispod 9°C zaustavlja se rastenje. Optimalna temperatura zemljišta za razvoj korenovog sistema je 25°C, temperatura iznad 31°C usporava porast, a iznad 35°C zaustavlja rastenje korena (Benton Jones, 1999).

Paradajz ima visoke zahteve prema svetlosti, naročito u fazi rasada. U uslovima nedovoljne osvetljenosti naročito se pogoršava kvalitet plodova, posebno u pogledu sadržaja šećera i vitamina C. Paradajz dobro raste pri kontinuiranom osvetljenju između 400 i 500 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Benton Jones, 1999). Paradajz je C_3 biljka, te je zbog toga osetljiv na promene koncentracije CO_2 u atmosferi. Povećanje koncentracije CO_2 u staklenicima do 1000 mg l^{-1} ima značajan efekat na rastenje i prinos paradajza, dok koncentracije CO_2 iznad 1000 mg l^{-1} imaju toksično dejstvo na biljke paradajza (Benton Jones, 1999). Povoljan režim zemljišne vlage je od izvanrednog značaja za razviće paradajza. Za paradajz gajen na polju optimalna količina vode je 2000-6600 m^3 vode po ha, a za paradajz gajen u stakleniku to je oko litar vode dnevno po biljci pri optimalnoj temperaturi spoljašnjeg vazduha (Benton Jones, 1999). Donja granica optimalna vlažnosti zemljišta za paradajz u našim klimatskim uslovima smatra se da je 80% od poljskog vodnog kapaciteta (PVK) (Bošnjak i Pejić, 1995). Optimalna relativna vlažnost vazduha za razvoj paradajza kreće se između 50 i 60%. Visoka zasićenost vazduha vlagom ometa zametanje plodova i pogoduje razvoju gljivičnih oboljenja. Topli i suvi vetrovi izazivaju opadanje cvetova i druge poremećaje na biljkama (Benton Jones, 1999). Paradajz se može gajiti gotovo na svakom tipu zemljišta, počev od aluvijalnih terena pa do teških smonica. Međutim, najpogodnija su laka, propustljiva za vodu i strukturarna zemljišta, bogata humusnim materijama. Optimalan pH

zemljišta kreće se u granicama između 5.8 i 6.8 (Benton Jones, 1999). Paradajz je kultura koja za uspešan razvoj iziskuje obilnu i pažljivo izbalansiranu ishranu. Najbolji rezultati postižu se kombinovanim đubrenjem stajnjakom i mineralnim đubrivima (Benton Jones, 1999). Na istu površinu paradajz može da se vrati posle 3 ili 4 godine. Ne treba da se gaji na zemljištu posle krompira, paprike i plavog patlidžana. Kao predkultura dobar je za korenasto povrće i lukove. Za setvu treba koristiti selekcionisano, dezinfikovano i kvalitetno seme (Benton Jones, 1999).

Rastenje i produktivnost

3.1.4 Rastenje

Jedna od definicija rasteња je da je rasteње ireverzibilno povećanje suve materije ili zapremine biljaka, a u funkciji je genotipa i faktora spoljašnje sredine (Krug, 1997). Ovaj proces predstavlja rezultat deobe ćelija i povećanja njihove veličine usled čega dolazi do kvantitativnih promena. Uporedo sa rasteњem teče i proces diferencijacije koji obuhvata kvalitativne promene, odnosno nastanak novih ćelija, tkiva ili organa sa različitim fiziološkim funkcijama (Kastori, 1998). Rasteње i razviće biljaka u osnovi zavise od energije obrazovane redukcijom CO₂ u ugljene hidrate u toku fotosinteze. Takođe zavisi i od translokacije fotoasimilata od mesta sinteze (source) do mesta potrošnje ili skladištenja (sink).

Paradajz je jedna od najviše gajenih povrtarskih kultura u svetu zbog specifičnih nutritivnih vrednosti plodova (bogat izvor minerala, vitamina, organskih kiselina, esencijalnih amino kiselina, antioksidanata itd.). Prema Gillaspay *i sar.* (1993) rasteње i razviće plodova paradajza može da se podeli u četiri faze. Prva faza uključuje: razviće ovarijuma, oplodnju i pojavu ploda. U toku druge faze dolazi do deobe ćelija, da bi u trećoj fazi došlo do izduživanja ćelija i ubrzanog rasteња plodova. Finalna veličina plodova zavisi od brzine deobe ćelija i njihovog izduživanja, ali takođe i od dužine perioda rasteња plodova (Ho, 1992; de Koning, 1994). Posle postizanja konačne veličine, razviće plodova se nastavlja sazrevanjem. U toku sazrevanja dolazi do određenih metaboličkih promena uključujući biosintezu karotenoida i promenu boje plodova od zelene preko narandžaste do konačne crvene (Gillaspay *i sar.*, 1993; Carrari i Fernie, 2006). Međutim, rasteње i sazrevanje su veoma kompleksni procesi jer nastaju kao rezultat interakcije različitih biohemijskih i fizioloških procesa, ali i ekoloških faktora koji mogu značajno menjati

rastenje plodova i prinos (Thompson *i sar.*, 1998, 1999; Frary *i sar.*, 2000; Carrari i Fernie, 2006).

Pošto produkcija suve mase, a time i prinos, direktno zavisi od količine apsorbovane fotosintetski aktivne radijacije, odnosno od fotosintetske površine koja se povećava sa rastenjem, ispitivanja mehanizama koji su u osnovi procesa rastenja i delovanja faktora koji ga ograničavaju predstavljaju veoma važnu oblast u fiziologiji gajenih biljaka.

3.1.5 Mehanizmi regulacije rastenja

3.1.5.1 Biohemijska regulacija rastenja

Biohemijska ispitivanja mehanizama rastenja biljnih ćelija pokazala su da je rastenje ćelija u različitim biljnim tkivima regulisano aktivnošću tri grupe enzima. To su: ksiloglukan endotransglikolaza (XET), ekspanzini i peroksidaze koje su vezane za ćelijski zid. Ksiloglukan endotransglikolaza (XET) je enzim koji raskida veze u lancu polisaharida ksiloglukana i redukujućem kraju pridružuje kratak lanac oligosaharida (Palmer i Davies, 1996). Ekspanzini su hidrolitički enzimi koji katalizuju reverzibilnu ekspanziju ćelijskog zida tako što se, raskidajući vodonične veze između ksiloglukana i celuloznih mikrofibrila, vezuju u prostoru između mikrofibrila i polisaharida matriksa zida (McQueen-Mason i Cosgrove, 1995). Peroksidaze (EC.1.11.1.7), su enzimi, koji spadaju u grupu oksidoreduktaza i katalizuju reakcije oksidacije različitih supstrata u prisustvu vodonikperoksida. Reakcije koje katalizuju peroksidaze su: sinteza lignina, reakcije oksidacije fenolnih jedinjenja estarski vezanih za polisaharide ćelijskog zida, formiraju mostove izoditriozina za koje se pretpostavlja da povezuju strukturne molekule proteina, učestvuju u metabolizmu auksina i dr. (Fry, 1986; MacAdam *i sar.*, 1992a; Hatfield *i sar.*, 1999; Passardi *i sar.*, 2004).

Rezultati Thompson-a *i sar.* (1998) su pokazali da je rastenje ćelija ploda paradajza kontrolisano od strane enzima koji se nalaze u egzokarpu ploda. Rose *i sar.* (1997) i Thompson *i sar.* (1998) su takođe pokazali da je aktivnost XET i ekspanzina u korelaciji sa rastenjem ploda. Veći broj rezultata je pokazao da dolazi do povećanja u aktivnosti peroksidaze ili njenih različitih izoformi u toku sazrevanja plodova paradajza (Thompson *i sar.*, 1998; Andrews *i sar.*, 2000, Andrews *i sar.*, 2001). Slični rezultati dobijeni su i u analizama rastenja listova (Bacon *i sar.*, 1997; Jovanović *i sar.*, 2004). Još uvek nedostaju istraživanja o ulozi enzima ćelijskog zida u inhibiciji rastenja ploda u toku dejstva stresnih faktora koji mogu u značajnoj meri redukovati prinos. Po modelu Lockhart-a (1965)

rastenje je dejstvo interakcije mehaničkih osobina ćelijskog zida i turgorovog pritiska. Hemijske i strukturne karakteristike ćelijskih zidova povezane su sa metaboličkom aktivnošću i regulatorima rastenja koji se nalaze u ćelijskom zidu, tako da se smatra da je kontrola mehaničkih osobina ćelijskog zida presudna za regulaciju rastenja biljaka, naročito u uslovima stresa (Thompson, 2001).

3.1.5.2 Hormonalna regulacija rastenja

Duži vremenski period se smatralo da do redukcije rastenja i zatvaranja stoma isključivo dolazi jer smanjena količina vode u supstratu ili zemljištu gde se gaje biljke izaziva pad turgora u ćelijama. Sa opadanjem turgora ispod određenog nivoa ćelije gube sposobnost za ekspanziju (Boyer, 1968). Pad turgora ćelija zatvaračica dovodi do zatvaranja stoma, što značajno smanjuje usvajanje CO₂ i dovodi do opadanja intenziteta fotosinteze (Bradford i Hsiao, 1982). Sve ove činjenice su ukazivale da promene u biljci u uslovima suše nastaju kao rezultat »hidrauličnih« efekata na ćelije korena, odnosno ukazuju na postojanje »hidrauličnih signala«. Međutim, istraživanja koja su obavljena poslednjih dvadesetak godina doprinela su saznanju da hemijski signali na nivou koren-izdanak imaju izuzetan značaj za rastenje i funkcionisanje biljke u uslovima stresa suše (Davies *i sar.*, 1986; Masle i Passioura, 1987).

Rezultati poslednjih godina ukazuju da je koren veoma značajan »senzor« promena u zemljištu, odnosno prvi detektuje promene u vodnom statusu zemljišta o kojima »obaveštava« nadzemni deo tako što sintetiše hemijska jedinjenja koja se ksilemom transportuju do listova gde izazivaju različite reakcije (utiču na provodljivost stoma, fotosintezu, redukuju lisnu ekspanziju). Iz ovoga sledi da »hemijski signali« predhode »hidrauličnim« i zato se mogu označiti kao signali »ranog upozoravanja« biljaka na stres (Dodd *i sar.*, 1997). Pored toga što raste produkcija abscisinske kiseline kao najznačajnijeg signalnog molekula (Davies *i sar.*, 2005; Dodd *i sar.*, 2006), u uslovima suše raste i produkcija etilena (Stoll *i sar.*, 2000), kao i pH ksilema (Wilkinson i Davies, 1997; Bacon *i sar.*, 1998; Wilkinson, 1999; Davies *i sar.*, 2002). Takođe dolazi do inhibicije sinteze citokinina (Bano *i sar.*, 1993, 1994; Kudoyarova *i sar.*, 2007) i auksina (Sofa *i sar.*, 2005). U uslovima jačeg vodnog deficita hemijski i hidraulični signali mogu da interaguju i tako da utiču na reakcije biljaka.

3.1.5.3 Uloga abscisinske kiseline u regulaciji rastenja

Smatra se da je abscisinska kiselina (ABA) najznačajniji signalni molekul, koji nastaje kao odgovor biljke na uslove stresa kao što su: suša (Hsiao, 1973), mineralni stres (Wolf *i sar.*, 1991, Cramer i Quarrie, 2002), kompaktnost zemljišta (Mulholland *i sar.*, 1996a; Hussain *i sar.*, 1999a) itd. Sharp *i sar.* (2000) su koristeći inhibitore sinteze ABA ili ABA-mutante jasno identifikovali ABA kao veoma važan faktor u regulaciji rastenja u uslovima suše. Quarrie i Jones (1977) su kod pšenice u uslovima dovoljne snabdevenosti vodom izazvali sa ABA sledeće adaptivne reakcije biljaka na sušu: reakcije rastenja, kao što su povećanje rasta korena u odnosu na stablo i redukciju lisne površine, zatim anatomske modifikacije (smanjenje veličine epidermalnih ćelija i broja stoma na jedinicu lisne površine) i morfološke adaptacije u smislu povećanja kseromorfnih oblika lista kao što su povećanje maljavosti lista i debljine kutikule. U ranim fazama suše ABA se sintetise se u korenu i transportuje ksilemom u izdanak, gde dovodi do niza morfoloških i fizioloških promena u biljkama, koje im omogućavaju preživljavanje u uslovima nedostatka vode. Promene koje indukuje ABA su pre svega redukcija provodljivosti stoma kao prevencija od preteranog gubitka vode (Mansfield *i sar.*, 1990; Bahrin *i sar.*, 2002; Liu *i sar.*, 2003a), što dovodi do redukcije intenziteta fotosinteze (Chaves *i sar.*, 2002) i rastenja izdanka (Davies *i sar.*, 2002). Najnovija istraživanja ukazuju da bi uticaj ABA mogao biti regulisan različitim faktorima kao što su: pH, rizobakterije, joni i apoplastične β -glukozidaze u listovima (Wilkinson, 1999; Davies *i sar.*, 2005; Dodd *i sar.*, 2006; Jiang i Hartung, 2007).

Niz rezultata ukazuje da ABA predstavlja vezu između korenovog sistema kada se nađe u uslovima stresa i redukcije provodljivosti stoma i rastenja (Mulholland *i sar.*, 1996a; Munns i Cramer, 1996). Osim što dovodi do redukcije rastenja izdanka povećana koncentracija ABA u ksilemu dovodi i do povećanja rastenja korenovog sistema, a takođe može uticati i na povećanje hidraulične provodljivosti korena (Hose *i sar.*, 2002; Aroco *i sar.*, 2003), što može imati veliki uticaj na brzinu usvajanja vode u uslovima suše (Kang *i sar.*, 1998; Kang *i sar.*, 2002). Zbog povećanog rastenja korenova u uslovima suše povećava se odnos koren/izdanak. Saab *i sar.* (1990) su koristeći inhibitore biosinteze ABA utvrdili da se povećava lisna ekspanzija i inhibira rastenje korenovog sistema, odnosno smanjuje se odnos koren/izdanak u uslovima niskog vodnog potencijala. Rezultati Laing-a *i sar.* (1996) su pokazali da izlaganje korena kukuruza suši i ponovno zalivanje suvog zemljišta povećavaju rastenje korenovog sistema, što dovodi do povećanja mase

korena. Povećanje rasteња korenovog sistema u uslovima nedostatka vode zabeleženo je kod biljaka vinove loze i kod paradajza (Dry *i sar.*, 2000; Mingo *i sar.*, 2004).

ABA direktno utiče na plazmalemu stominih ćelija tako što menja njenu propustljivost za određene jone, pre svega K^+ , što dovodi do redukcije turgora u stomama i njihovog zatvaranja (Stillwell *i sar.*, 1989). Međutim, do zatvaranja stoma može doći i pre nego što dođe do određenog pada turgora u listovima i do sinteze ABA, što nam govori da promena koncentracije ABA u apoplastu epidermalnih i ćelija zatvaračica bi mogla da ima veći fiziološki značaj od ukupne količine ABA u samim stominim ćelijama. Kaiser i Hartung (1985) su pokazali da je alternativni mehanizam za brze promene nivoa ABA u okolini stominih ćelija redistribucija postojeće ABA u mezofilu lista prema Handerson-Hassebalch-ovoj jednačini. Takođe pH gradijent između citoplazme i apoplasta mezofila lista se gubi u dehidriranim listovima pre nego što turgor dostigne nultu vrednost (Hartung i Slovik, 1991). Kako pH citoplazme, floema i stominih ćelija ostaje skoro nepromenjen u tim uslovima, ostvarena alkalizacija apoplasta bi bila odgovorna za dobijeni pad gradijenta (Hartung i Slovik, 1991). Ova promena pH vodi redistribuciji ABA u apoplastu, što može i bez sinteze ABA de-novo u listu dovesti do delimičnog zatvaranja stoma i ukazuje da dejstvo ABA zavisi od pH (Wilkinson i Davies, 2002; Davies *i sar.*, 2002). Kad vodni potencijal opadne do određenog nivoa koji je karakterističan za određeni genotip dolazi do de-novo sinteze ABA u listu što za posledicu ima potpuno zatvaranje stoma i čitav niz drugih efekata. Mehanizam kojim ABA inhibira rasteње listova je mnogo manje proučen od njenog dejstva na stome. ABA može uticati na mehaničke osobine ćelijskog zida i tako uticati na smanjenje ekstenzibilnosti zida (Van Volkenburg i Davies, 1983). Neki rezultati ukazuju da ABA inhibira protonsku pumpu na nivou plazmamembrane i na taj način sprečava acidifikaciju ćelijskog zida koja je neophodna za izduživanje. Prema postojećim rezultatima ABA može uticati na redukciju sadržaja Ca^{2+} u citoplazmi ćelija listova, što može uticati na brzinu sinteze komponenata ćelijskih zidova, kao što je hemiceluloza (Wakabayashi *i sar.*, 1991), a što dovodi do promena mehaničkih osobina ćelijskih zidova i promene u brzini rasteња (Cramer i Jones, 1996). Najnoviji rezultati ukazuju da ABA povećava aktivnost peroksidaze ćelijskog zida i tako inhibira izduživanje ćelija (Bacon *i sar.*, 1998).

3.1.6 Produktivnost

Klasična analiza produktivnosti najčešće je zasnovana na merenju biomase i asimilacione površine. Rastenje listova je jedna od glavnih determinanti produktivnosti biljaka. Kod različitih kultura utvrđeno je da je produkcija suve materije u vezi sa intercepcijom fotosintetski aktivne radijacije (Montheith i Elson, 1983), što je u direktnoj funkciji razvoja listova, od čije dinamike zavisi proces fotosinteze a samim tim i produktivnost. Prema konceptu Wilson-a (1981) određivanje produktivnosti se bazira na merenju relativne brzine rastenja (RGR) kao najznačajnijeg indikatora rastenja, a koji predstavlja relativno povećanje suve mase biljke u jedinici vremena, odnosno produkt je brzine neto asimilacije (NAR) i relativne lisne površine (LAR). NAR predstavlja promenu u suvoj masi biljke po jedinici lisne površine u jedinici vremena, dok LAR predstavlja veličinu fotosintetske površine u odnosu na masu biljke (Radford, 1967), a koja zavisi od parametara kao što su specifična lisna površina (SLA) i odnos lisne mase (LWR). SLA predstavlja odnos površine i mase listova, dok LWR definiše translokaciju suve materije biljke u listove (Poorter i Remkes, 1990).

Generalno, u uslovima stresa kao što su visoke koncentracije soli, niske temperature ili nedostatak mineralnih elemenata i vode dolazi do redukcije parametara produktivnosti (RGR, NAR, LAR, SLA i LWR) (Meyione i Shipley, 1999; Poorter, 2002). Na redukciju RGR može uticati redukcija NAR i LAR. Do redukcije NAR u uslovima stresa suše dolazi zbog zatvaranja stoma i smanjenja asimilacije CO₂, a samim tim i manjeg intenziteta fotosinteze (Chaves, 1991, 2002). Niz rezultata ukazuje da povećanje odnosa suve mase koren/izdanak, odnosno veće translokacije suve mase u koren, kao i redukcija lisne površine mogu značajno uticati na smanjenje LAR (Greco i Cavagnaro, 2005; Baraloto *i sar.*, 2006). Do redukcije LAR može doći i zbog redukcije SLA koja zavisi od površine listova i mase. Podukcija lisne mase može zavisiti od izvesnih morfoloških i fizioloških karakteristika listova (Evans i Poorter, 2001), od akumulacije materija kao što su lignin i fenoli, a što predstavlja adaptaciju na uslove stresa (Grime i Mackey, 2002), ali i od količine vode po jedinici suve mase (Poorter, 1989). LAR može zavisiti i od translokacije suve materije u listove, odnosno od LWR. Međutim, veću korelaciju između LAR i SLA u odnosu na LAR i LWR dobio je veći broj autora u svojim istraživanjima (Poorter i Lambers, 1991; Hunt i Cornelissen, 1997; Reich, 1998). Takođe LAR zavisi i od NAR. Povećanje NAR zahteva povećanje intenziteta fotosinteze što je povezano sa većim sadržajem enzima fotosinteze po jedinici lisne površine što zahteva dodatne slojeve

palisadnog parenhima, a što može negativno uticati na SLA, a samim tim i na LAR (Poorter, 1989; Shipley, 2002). Postojeći rezultati ukazuju da LAR ima veći uticaj na RGR u uslovima slabijeg inteziteta osvetljenja, dok NAR ima veći uticaj u uslovima većeg inteziteta osvetljenja (Poorter, 1999; Lamers *i sar.*, 2006). To je potvrđeno u eksperimentima kod trava i mladog drveća u laboratorijskim uslovima (Shipley, 2002).

Analiza rastenja koja je bazirana na praćenju navedenih parametara omogućava razumevanje mehanizama rastenja, ispitivanje genotipskih variranja, uticaja različitih spoljašnjih faktora na produktivnost biljaka (Cramer *i sar.*, 1994), kao i pravljenje modela produktivnosti biljaka, koji mogu doprineti optimizaciji uslova gajenja i što može rezultirati povećanjem prinosa gajenih biljaka.

3.1.7 Kvalitet plodova

Plod paradajza spada u nisko kalorične namirnice (94% vode, oko 4,7% ugljenih hidrata, 0,9-1,1% proteina i 0,26% ulja). Vrednost pH u plodu se kreće između 4.0 i 4.5 (Benton Jones, 1999). Obiluje u sadržaju β karotena, a sadrži i značajne količine vitamina iz grupa A,C,B,K,E. Crvene sorte paradajza sadrže likopen, pigment iz grupe karotenoida, koji je veoma snažan antioksidant. Oko 8% suve materije ploda čine mineralne soli K, Na, Mg, Ca, Fe, Cu, Co, B, J, Ni i drugih elemenata. Smatra se da je po sadržaju bakra plod paradajza jedna od najbogatijih namirnica. Sadrži različite organske kiseline (preovlađuje limunska), kao i pektine. Po najnovijim saznanjima američkih istraživača plod paradajza sadrži kancero-zaštitne elemente. To su P-kumarinska kiselina i hlorogenična kiselina koje blokiraju formiranje kancerogene materije nitrozamina, koja nastaje iz nitrata i nitrita a koji su najčešće poreklom iz konzervirane hrane. Takođe u plodu su nađeni silicilati, aspirinu slične supstance, koji smanjuju rizik od srčanih oboljenja (Marković, 1997). Za ocenu kvaliteta plodova paradajza obično se uzimaju sledeće komponente: sadržaj šećera, organskih kiselina i ukupna antioksidativna aktivnost. Dok neki istraživači ukazuju da povećanje sadržaja šećera i organskih kiselina u plodu paradajza doprinosi poboljšanju kvaliteta (Jones i Scott, 1984; Mikkelsen, 2005), drugi pak misle da je odnos ove dve komponente važniji od ukupnog sadržaja (Stevens, 1972). Pošto je plod paradajza bogat izvor antioksidanata (vitamina C, fenola, α -tokoferola, karotenoida - najviše likopena) (Abushita *i sar.*, 1997), materija koje utiču na oksidativne procese (Sies *i sar.*, 1998), mnoge studije su potvrdile da redovno konzumiranje paradajza smanjuje rizik od različitih formi kancera (Kushad *i sar.*, 1998), ali i srčanih oboljenja (Giovannucci, 1999). Ukupna antioksidativna aktivnost u plodovima paradajza značajno varira u zavisnosti od varijeteta i

primenjenih agrotehničkih mera (Abushita *i sar.*, 2000), faze sazrevanja (Buta i Spaulding, 1997), i to naročito sadržaj likopena (Leonardi *i sar.*, 2000) i uslova skladištenja (Giovanelli *i sar.*, 1999).

3.2 Uticaj suše na rastenje

Suša je najčešći stresni faktor koji ograničava biljnu proizvodnju. Rastenje i prinos biljaka zavise od količine vode u zemljištu koju biljke imaju na raspolaganju u toku vegetativnog perioda (Kramer, 1974; Boyer, 1982), i do redukcije rasteња može doći i usled veoma malog nedostatka dostupne vode i hraniva (Stevens *i sar.*, 2004). Redukcija rasteња usled vodnog deficita je jedna od adaptivnih reakcija biljaka, koja međutim rezultira velikim gubicima prinosa, čak i nekoliko sušnih dana u kritičnom periodu kod neke biljne vrste mogu imati katastrofalne posledice na prinos (Boyle *i sar.*, 1991). Redukcija prinosa u uslovima suše uglavnom nastaje zbog smanjenja brzine rasteња, ali i kao posledica skraćivanja vegetacionog perioda (Samarah *i sar.*, 2005). Smanjen porast listova, izdanka ili plodova je jedan od prvih vidljivih znakova nedostatka pristupačne vode u zemljištu (Boyer, 1982). Suša utiče i na proces deobe, obrazuje se manji broj ćelija-efekat na deobu (Schuppler *i sar.*, 1998), ali i na veličinu ćelija-efekat na izduživanje (Đaković i Jovanović, 2003). Nedovoljna količina vode u ćelijama koje rastu dovodi do smanjenja turgora koji je neophodan za rastenje ćelija (hidraulični efekti suše) (Boyer, 1968), ali se dejstvo suše može ispoljiti i na nivou sinteze specifičnih metabolita u korenovima biljaka izloženih suši i to pre gubitka turgora (hemijski signali suše) (Hartung *i sar.*, 1999), kao što je ABA i drugi biljni hormoni. U uslovima suše inhibicija rasteња izdanka je povezana sa zatvaranjem stoma (Mansfield *i sar.*, 1990) i redukcijom provodljivosti stoma (Holbrook *i sar.*, 2002), pri čemu dolazi do smanjenja transpiracije, konzervacije i efikasnijeg korišćenja vode od strane biljke (Tahi *i sar.*, 2007). Zatvaranje stoma za posledicu ima redukciju asimilacije CO₂ (Chaves, 1991), što je u mnogim studijama ocenjeno kao razlog smanjenja neto fotosinteze, jer direktno može dovesti do inhibicije fotosintetskih enzima kao što je Rubisco (Haupt-Herting i Fock, 2000) ili sinteze ATP (Nogués i Baker, 2000).

Iako je brzina rasteња biljke generalno inhibirana u uslovima suše, vodni deficit obično ima manji uticaj na rastenje korena (Sharp *i sar.*, 2004). Često koren raste i pri vrlo negativnom vodnom potencijalu zemljišta (Sharp *i sar.*, 1988), dok male promene u potencijalu dovode do inhibicije rasteња izdanka. Povećanje odnosa koren/izdanak javlja

se u uslovima suše ali i u uslovima nedostatka hraniva i visokih temperatura zemljišta nepovoljnih za optimalno funkcionisanje korena (Poorter i Nagel, 2000). Moguće da je različita reakcija korena i izdanka pri opadanju potencijala vode strategija biljke da izbegne preteranu dehidrataciju za vreme suše (Sharp i Davies, 1989).

Izlaganje biljaka suši dovodi do povećanja produkcije aktivnih oksidativnih supstanci i slobodnih radikala (Sofa *i sar.*, 2004, 2005) koje mogu izazvati oštećenja na ćelijskim membranama (Smirnoff *i sar.*, 1993). Budući da su toksične po biljku, ove materije se eliminišu sa neenzimskim (Noctor i Foyer, 1998) i enzimskim antioksidantima (Smirnoff *i sar.*, 1993). U neenzimске se ubrajaju: askorbinska kiselina, fenolna jedinjenja, α -tokoferoli, karotenoidi i dr., dok se u enzimski antioksidativni sistem svrstavaju: superoksid-dismutaze, katalaze, askorbinske i gvajakolne peroksidaze. Mogućnost regulacije enzimskog antioksidativnog sistema od strana biljaka je povezano sa tolerancijom na sušu, jer može sprečiti oštećenja koja mogu biti izazvana uticajem oksidativnih supstanci (Sofa *i sar.*, 2005). U dosadašnjim istraživanjima zabeležen je porast aktivnosti peroksidaza ćelijskog zida (Bacon *i sar.*, 1998; Jovanović *i sar.*, 2004), ali i drugih enzimskih antioksidanata u uslovima nedostatka vode (Aganchich *i sar.*, 2007). Ovi enzimi međutim utiču i na promene mehaničkih osobina ćelijskog zida (indukuju lignifikaciju), izazivaju inaktivaciju auksina, što dovodi do obustavljanja rastenja a što je u korelaciji sa adaptacijom na sušu (Sofa *i sar.*, 2005).

Pored toga što u uslovima suše raste sadržaj enzimskih antioksidativnih materija, u plodovima paradajza dolazi i do povećanja sadržaja neenzimskih antioksidativnih materija, što pozitivno utiče na kvalitet plodova. Takođe, povećava se sadržaj rastvorljivih šećera i organskih kiselina (Mitchell *i sar.*, 1991b; Veit-Kohler *i sar.*, 1999), i to naročito pri izraženijem vodnom deficitu (Nahari i Cretmacher, 2002), što takođe ima pozitivno dejstvo na kvalitet plodova. Dosadašnje studije su ukazale da do povećanja sadržaja prostih šećera (fruktoze i glukoze) u listovima biljaka dolazi posle povećanja aktivnosti enzima invertaze (Trouverie *i sar.*, 2003). Sa druge strane nađena je i direktna korelacija između aktivnosti kisele vakuolarne invertaze i koncentracije ABA u ksilemu, pri čemu ABA deluje na povećanje aktivnosti ovog enzima (Trouverie *i sar.*, 2003). Međutim, moguća je i direktna veza između ABA i glukoze pošto je kod *Arabidopsis*a pronađeno da je ista grupa gena odgovorna za biosintezu ABA i povećanje sadržaja glukoze (Cheng *i sar.*, 2002). Iz ovog proizilazi da ABA i glukoza u interakciji regulišu rastenje i razviće biljaka. Dok visoke koncentracije ABA i šećera inhibiraju rastenje u uslovima izražene suše, niske

koncentracije bi mogle pozitivno uticati na rastenje (Shilpi i Narendra, 2005). Moguće je da se inhibitorno dejstvo šećera na rastenje može povećati i delovanjem etilena (Leon *i sar.*, 2003). Povećanje sadržaja suvih materija u plodovima paradajza u uslovima suše mogao bi biti rezultat smanjenog transporta vode, a samim tim i njenog procentualno manjeg sadržaja u plodovima (Ehret i Ho, 1986; Willumsen *i sar.*, 1996).

Većina povrtarskih kultura, uključujući i paradajz, ima izraženu potrebu za vodom zbog čega je u većini zemalja navodnjavanje neophodno da bi se postigli zadovoljavajući prinosi. Globalne promene klime, pojava sve češćih i dužih sušnih perioda, kao i nedostatak kvalitetne vode za navodnjavanje (veliki procenat vode sadrži visoke koncentracije pesticida, soli i toksičnih jona) predstavljaju razlog za razmatranje mogućnosti uštede vode u proizvodnji hrane i pronalaženju novih strategija navodnjavanja koje će rezultirati povećanjem efikasnosti korišćenja vode od strane biljaka (Fereses *i sar.*, 2007).

3.3 Deficit irigacije: nove metode navodnjavanja

Delimično sušenje korenova (eng. partial root drying-PRD) i regulisani deficit navodnjavanja (eng. regulated deficit irrigation-RDI) su nove metode navodnjavanja, sa čijom se primenom započelo na mnogim poljoprivrednim kulturama u mnogim zemljama u svetu (Kang i Zhang, 2004). U osnovi ovih metoda je to da se količina vode za navodnjavanje redukuje u toj meri da se izazovu adaptivne reakcije biljaka na sušu koje im omogućavaju povećanje efikasnosti korišćenja vode i održanje prinosa uz poboljšanje kvaliteta plodova. To se pokazalo kod paradajza ali i mnogih drugih poljoprivrednih kultura (Loveys *i sar.*, 2000; Kang *i sar.*, 2001; Stikić *i sar.*, 2003; dos Santos *i sar.*, 2003; Zegbe *i sar.*, 2003; Liu *i sar.*, 2007).

Primena PRD tehnike ili metode podrazumeva naizmenično zalivanje i sušenje delova korenovog sistema biljke. PRD tehnika se razvila na saznanjima o hemijskom signaliziranju na nivou koren-izdanak u uslovima nedostatka vode, tako da razumevanje ovih procesa je ključno za uspešnu primenu PRD tehnike (Dodd *i sar.*, 1996; Davies *i sar.*, 2002). Deo korena u dodiru sa suvim zemljištem postaje izvor hemijskih signala inhibitora rastjenja. Povećan sadržaj inhibitora rastjenja dovodi do delimičnog zatvaranja stoma, zbog čega dolazi do redukcije transpiracije i rastjenja, ali i povećanja efikasnosti korišćenja vode (WUE) od strane biljke (Davies *i sar.*, 2002). Prvi put PRD tehnika je primenjena u polju na vinovoj lozi (Loveys, 1991). Pokazalo se da PRD ne redukuje samo količinu vode

upotrebljene za navodnjavanje i povećava efikasnost korišćenja vode (WUE), već redukuje i lisnu ekspanziju i tako doprinosi rešavanju problema preteranog bujanja kod vinove loze i smanjuje potrebe za rezidbom. Intenzivno bujanje predstavlja glavni problem kod nekih voćarskih kultura. Zbog velikog utroška asimilata za rastenje listova dolazi do restrikcije broja i veličine plodova, povećane opasnosti od bolesti i većih troškova proizvodnje. Dry i Loveys (1998) su pokazali da je primena ove tehnike na vinovoj lozi imala kao rezultat poboljšanje kvaliteta plodova (povećan sadržaj šećera, intenzivnija boja bobica kod crvenih sorata). Dobijeni rezultati primene PRD na vinovoj lozi su ohrabрили mnoge istraživače da započnu ispitivanja efekata ove tehnike i na drugim kulturama. Eksperimenti Davies-a *i sar.* (2000) na paradajzu u stakleniku potvrdili su da PRD dovodi do povećanja kvaliteta plodova, kao i da povećava efikasnost korišćenja vode. Kang *i sar.*, (1998) su imali značajan efekat PRD na povećanje efikasnosti korišćenja vode i povećanje odnosa koren/izdanak kod kukuruza. Naši predhodni rezultati su takođe pokazali da dolazi do povećanja ukupnog sadržaja šećera u plodovima paradajza gajenog PRD tehnikom (Stikić *i sar.*, 2003).

Evidentno je da PRD redukuje rastenje vegetativnih organa mnogo više nego rastenje generativnih organa (plodova). Postavlja se pitanje koje su fiziološke osnove ove pojave? Jedna od hipoteza je da su plodovi hidraulično izolovani od biljke (Davies *i sar.*, 1998). Davies *i sar.* (1998) su svojim rezultatima sugerisali da se biljni hormon abscisinska kiselina (ABA), akumulira u listovima, ali da se ne akumulira u plodu. U prilog ovoj hipotezi idu i istraživanja sadržaja abscisinske kiseline u različitim delovima ploda paradajza, u različitim fazama razvića ploda (Kojima *i sar.*, 1993), koja su potvrdila da se sadržaj ABA značajno smanjuje kako odmiče rastenje ploda. Hipotezu o „hidrauličnoj izolovanosti“ plodova od ostatka biljke podržala su njihova ispitivanja elastičnosti ćelija ploda, kao i ispitivanja Thompsona *i sar.* (1999). Thompson *i sar.* (1999) su izlagali biljke paradajza povećanom pritisku na koren u komori pod pritiskom i pri tome nije uočena nikakva promena u elastičnosti ćelija ploda, za razliku od ćelija listova. U prilog hipotezi o hidrauličnoj izolovanosti plodova je i to što se površina ksilema u peteljci ploda smanjuje sa sazrevanjem (Rančić *i sar.*, 2007), a što se odražava i na mehanizam transporta ne samo vode već i jona. Vodni deficit i visoki salinitet u zoni korena dovode do deficita kalcijuma u zrelih plodovima paradajza (Adams i Ho, 1993; Araki *i sar.*, 1998). Pošto je Ca element koji se uglavnom transportuje ksilemom, i ovi podaci takođe ukazuju da se mehanizmi transporta kroz ksilem menjaju u toku sazrevanja plodova. Takođe je dokazano da se kod mnogih biljnih vrsta veliki procenat vode u toku rastenja plodova transportuje kroz floem,

kao na primer kod vinove loze (Greenspan *i sar.*, 1994). Ova tendencija je takođe izražena i kod paradajza i u kasnijim fazama rastenja plodova oko 90% vode se transportuje kroz floem (Ho *i sar.*, 1987). Sve to ide u prilog hipotezi da ABA, kao inhibitor rastenja koji se sintetise u korenu i ksilemom transportuje u nadzemne delove, ne može u dovoljnoj meri da se akumulira u plodovima i da redukuje njihovo rastenje kao što je to slučaj kod listova.

Moglo bi se reći da ova tehnika ima i kao rezultat optimalniju raspodelu asimilata produkata fotosinteze. Međutim jako je bitno pre upotrebe u proizvodnji testirati, odnosno primeniti PRD u različitim klimatskim uslovima, na različitim tipovima zemljišta i poljoprivrednim kulturama, kako bi se otklonili mogući nedostaci i primena bila što efikasnija.

Za razliku od PRD primenom RDI sa istom količinom vode zaliva se ceo korenov sistem, tako da je sadržaj vode u zoni celog korenovog sistema niži u odnosu na optimalno zalivane biljke. Dobijeni rezultati primene RDI na paradajzu su raznoliki. Pulpol *i sar.* (1996) su primenom ove tehnike na paradajzu gajenom u stakleniku dobili redukciju u prinosu, dok Mitchell *i sar.* (1991a) i Zegbe-Domínguez *i sar.* (2003) nisu dobili redukciju prinosa kod paradajza gajenog na polju. Međutim, iako su efekti na prinos različiti, većina dobijenih rezultata je pokazala da se primenom RDI značajno štedi voda i povećava efikasnost korišćenja vode (Kirda *i sar.*, 2004; Topcu *i sar.*, 2006).

Ono što treba posebno istaći je da su metode deficita irigacije nove metode sa čijom se širokom primenom započelo tek u poslednjoj deceniji (FAO, 2002). Sa agronomskog stanovišta najvažniji efekat pri primeni metoda deficita irigacije je povećanje efikasnosti u iskorišćenju količine vode (WUE) koja je biljkama na raspolaganju. U uslovima polja za izračunavanje WUE koristi se suma padavina i upotrebljene vode za navodnjavanje. Iako primena bilo koje od ovih tehnika (PRD ili RDI) podrazumeva potrošnju iste količine vode za navodnjavanje rezultati se dosta razlikuju. Neka istraživanja su pokazala da je PRD tehnika efikasnija u odnosu na RDI u održavanju prinosa i povećanju WUE kod paradajza (Kirda *i sar.*, 2004; Topcu *i sar.*, 2006). Međutim, postoje i istraživanja na različitim biljnim kulturama kao što su vinova loza (dos Santos *i sar.*, 2003), maslina (Fernández *i sar.*, 2006) i krompir (Liu *i sar.*, 2006a) koja ukazuju da PRD nema nikakvih prednosti nad RDI. Ovi autori napominju da je količina vode, a ne tip navodnjavanja ta koja determiniše reakciju useva. Takođe, u ovim razmatranjima treba uzeti u obzir i tip zemljišta (ili supstrata) na kome se biljke gaje i, posebno, njegove fizičko-hemijske osobine koje mogu da utiču na količinu vode koja je biljkama na raspolaganju.

4 MATERIJAL I METODE

4.1 Biljni materijal

Za istraživanja su odabrana pet genotipova paradajza: Astona F₁ (Nunhems, Netherland), Sunpak F₁ (Seminis, Netherland), Abellus F₁, Cedrico F₁ (Rijk Zwaan, Netherland) i Amati (Royal, Netherland). Sunpak F₁ je determinantan hibrid i pogodan je za gajenje u fitotronskim komorama i staklenicima, Astona F₁ je poluindeterminantan, dok su ostala tri genotipa indeterminantni hibridi i pogodni su za plasteničku proizvodnju.

4.2 Eksperimentalni sistemi

Gajenje biljaka je obavljeno u tri eksperimentalna sistema, od kojih je prvi obuhvatio eksperiment u fitotronskoj komori, drugi u uslovima staklenika i treći u uslovima plastenika. Eksperiment u fitotronskoj komori urađen je na Katedri za agrohemiju i fiziologiju biljaka na Poljoprivrednom fakultetu u Zemunu. Eksperiment u stakleniku urađen je u Danskoj (Department of Crop Sciences, Faculty of Life Sciences, University of Copenhagen), dok je u uslovima plastenika urađen u »SALAT-CENTRU« u Surčinu.

4.2.1 Eksperiment u fitotronskoj komori

Semena paradajza (hibridi Astona F₁ i Sunpak F₁) su naklijavana u komercijalnom supstratu (Potground H, Klasmann-Deilmann, Germany) u kontejnerima od stiropora, u komori za gajenje biljaka. Uslovi su bili sledeći: temperatura 25/18°C, relativna vlažnost vazduha 70%, osvetljenost (PAR) 300 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ i dužina fotoperioda od 12^h. U fazi drugog lista biljke su pikirane u male saksije prečnika 10cm gde su gajene do pojave petog lista. U fazi petog lista presađene su u dve plastične kese (zapremine 10dm³) sa supstratom, koje su međusobno spojene selotejp-trakom. Prilikom rasađivanja jedna polovina korena stavljana je u jednu, a druga polovina korena u drugu kesu. Na taj način omogućeno je nesmetano zalivanje jedne i zasušivanje druge polovine korenovog sistema (Sl.4.1).

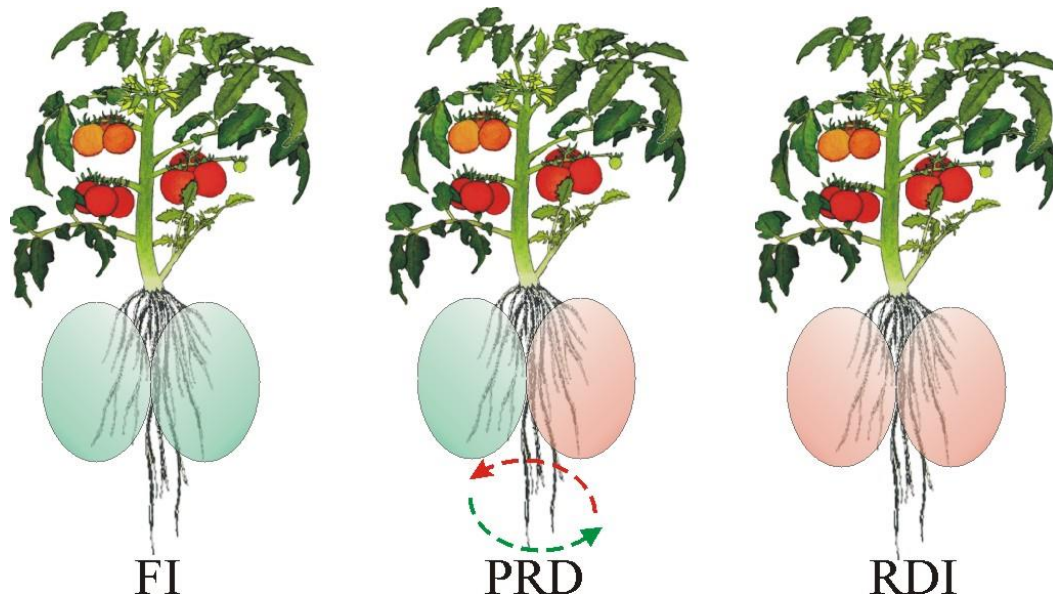


Slika 4.1 Eksperiment u fitotronskej komori

Posle rasiđivanja sve biljke su deset dana zalivane do poljskog vodnog kapaciteta (PVK) da bi se dobro ukorenile. PVK je određen laboratorijski gravimetrijskom metodom (Gajić, 2006). U toku vegetativnog perioda biljke su gajene tako što su primenjivana tri različita tretmana navodnjavanja:

- ❖ **Optimalno navodnjavanje (Full irrigation-FI)**, supstrat u celoj rizosferi je svaki dan zalivan do optimalnog vodnog kapaciteta, odnosno sadržaj vode u korišćenom supstratu pri poljskom vodnom kapacitetu je bio 35%.
- ❖ **Delimično sušenje korenovog sistema (Partial root drying-PRD)**, supstrat u polovini korenovog sistema je zalivan sa 50% vode upotrebljene za zalivanje biljaka tretmana optimalnog navodnjavanja, dok u drugoj polovini nije zalivan dok se sadržaj vode u supstratu nije spustio na 20%. Tada je izvršena inverzija tako što se prekidalo sa zalivanjem polovine korenovog sistema koji je do tada zalivan, a početo je sa zalivanjem polovine korenovog sistema koji do tada nije zalivan, i tako naizmenično do kraja vegetativnog perioda.
- ❖ **Regulisani deficit navodnjavanja (Regulated deficit irrigation-RDI)**, supstrat je svakodnevno zalivan sa istom količinom vode kao i kod PRD biljaka, samo što je zalivan

ceo korenov sistem, tako da smo imali manji sadržaj vode u supstratu u celoj rizosferi u odnosu na poljski vodni kapacitet (Sl.4.2).



Slika 4.2 Šematski prikaz tretmana navodnjavanja

Sadržaj vode u zemljištu meren je teta probom (ML2X, Delta -T Device, Ltd, UK) na dubini od 20cm.

4.2.1.1 Mereni parametri

U toku eksperimenta jedanput nedeljno mereni su parametri: visina biljaka, broj listova, cvetnih grana i cvetova i prečnik plodova. Na osnovu podataka za visinu i prečnik plodova predstavljene su krive brzine rastenja biljaka i plodova. Svakih dve nedelje u toku vegetacionog perioda merena je ukupna površina listova, kao i suva masa stabla, listova i korena. Na osnovu podataka dobijenih za asimilatornu površinu i masu izračunati su parametri produktivnosti: relativna brzina rastenja (RGR), brzina neto asimilacije (NAR), relativna lisna površina (LAR), specifična lisna površina (SLA) i odnos lisne mase (LWR). Na kraju eksperimenta izmeren je prinos po biljci (broj plodova, sveža i suva masa plodova). Na osnovu suve mase plodova i utrošene vode za zalivanje izračunata je i efikasnost korišćenja vode (crop water use efficiency-WUE_c). Na kraju eksperimenta izračunat je odnos suve mase korena i izdanka, odnos broja plodova i broja cvetova po biljci, kao i odnos suve mase izdanka i plodova. Kod hibrida Sunpak F₁ merena je u toku različitih faza razvića plodova (svakih sedam dana od pojave plodova do 43-eg dana starosti) aktivnost enzima peroksidaze u egzokarpu ploda. Na kraju eksperimenta kod ovog

hibrida izmeren je i sadržaj biogenih elemenata (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu) u različitim vegetativnim organima (stablu, listovima i korenu).

4.2.2 Eksperiment u stakleniku

Semena paradajza (hibrid Sunpak F₁) su naklijavana u komercijalnom supstratu (PINDSTRUP, Danmak) u malim saksijama od treseta (Jiffy pot). U fazi drugog lista biljke su pikirane u saksije prečnika 10cm gde su gajene do pojave petog lista. U fazi petog lista presađene su u velike posebno dizajnirane saksije (zapremine 10dm³) koje su podeljene na dve polovine plastičnom pločom. Na vrhu, u sredini ploče odstranjen je deo plastike, čime je omogućeno rasađivanje biljaka u saksije. Na taj način omogućeno je nesmetano zalivanje i zasušivanje delova korenovog sistema (Sl.4.3).

Klimatski uslovi u stakleniku su bili sledeći: temperatura 25/18°C, relativna vlažnost vazduha 70%, osvetljenost (PAR) 300 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (korišćene su metal-halogene lampe) i dužina fotoperioda 12^h. Sadržaj vode u supstratu praćen je TDR probama (Time domain reflectometer, TRASE, Soil Moisture Equipment Corp., USA). TDR probe dužine 33cm, bile su instalirane u sredini svakog odeljka saksije.

Način gajenja i tretmani navodnjavanja bili su slični kao i u fitotronske komori. Vlažnost supstrata pri poljskom vodnom kapacitetu za korišćeni supstrat bila je 33%. Zamena strana kod tretmana PRD vršena je kada je vlažnost supstrata u zasušivanoj strani pala na 10%. PRD i RDI biljke su zalivane sa 70% vode korišćene za zalivanje biljaka FI tretmana.



Slika 4.3 Eksperiment u stakleniku

4.2.2.1 Mereni parametri

U toku eksperimenta svakodnevno merena je razmena gasova (intenzitet fotosinteze- A i provodljivost stoma- g_s) (LI-6200, LiCor Inc., Lincoln, NE, USA), na najmlađem fiziološki razvijenom listu (Sl.4.4). Efikasnost korišćenja vode na nivou lista (leaf water use efficiency- WUE_l) izračunata je kao odnos intenziteta fotosinteze i provodljivosti stoma (A/g_s).



Slika 4.4 Sistem za merenje fotosinteze

Neposredno posle merenja razmene gasova, svakog drugog dana uziman je isti list za merenje vodnog potencijala (Ψ_l) u komori pod pritiskom (Soil Moisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA, USA) (Sl.4.5).



Slika 4.5 Komora pod pritiskom za merenje vodnog potencijala (Ψ_1)

Posle svaka dva PRD ciklusa sečeno je pet biljaka po tretmanu za sakupljanje ksilemskog soka za analizu sadržaja abscisinske kiseline (ABA) u ksilemu. U komori pod pritiskom istiskivan je ksilemski sok i sakupljan (oko 0.5-1ml po biljci) u ependorf-kivete, koje su čuvane na -80°C do analize (Sl.4.6).



Slika 4.6 Komora pod pritiskom korišćena za sakupljanje ksilemskog soka

Na kraju eksperimenta izmerena je sveža i suva masa stabla, listova i plodova. Takođe, na kraju eksperimenta na osnovu suve mase plodova i utrošene vode za zalivanje izračunata je i efikasnost korišćenja vode (crop water use efficiency-WUE_c), a na osnovu podataka za suhu masu izdanka i plodova izračunat je i odnos suve mase izdanka i plodova.

4.2.3 Eksperiment u plasteniku

U plasteniku »SALAT CENTRA« urađena su tri ogleđa, 2005 godine na hibridu Abellus F₁, 2006 godine na na hibridu Cedrico F₁ i 2007 na na hibridu Amati F₁ (Sl.4.7). U prvoj godini istraživanja plastenik je bio površine 280m² sa 420 biljaka (140 biljaka po svakom tretmanu), dok je površina plastenika 2006 i 2007 godine bila 400m² sa 540 biljaka (180 biljaka po svakom tretmanu). Biljke su u plastenik rasađivane početkom maja, a eksperiment je trajao do kraja avgusta meseca. Sadržaj vode u zemljištu 2005 godine meren je sa teta probom (ML2X, Delta-T Device, Ltd, UK), dok je 2006 i 2007 godine meren sa profilnom probom (PR2/6, Delta-T Device, Ltd, UK).

Način gajenja i tretmani navodnjavanja bili su isti kao i u stakleniku. Vlažnost zemljišta pri poljskom vodnom kapacitetu za korišćeno zemljište bila je 35%. PVK je određen na terenu. Zamena strana kod tretmana delimičnog sušenja korenova vršena je pri vlažnosti supstrata od 25%. Dok su u fitotronskoj komori i stakleniku biljke zalivane ručno, u plasteniku je korišćen sistem za navodnjavanje kap po kap (NETAFIM, Izrael), koji je instaliran pre rasađivanja biljaka. Kod delimičnog sušenja korenova instalirane su dve linije, jedna sa leve a druga sa desne strane biljke, tako da je bilo omogućeno nesmetano naizmenično navodnjavanje delova korena (sl.4.7).



Slika 4.7 Eksperiment u plasteniku

4.2.3.1 Mereni parametri

Na kraju eksperimenta izmereni su parametri: visina biljaka, broj listova, suva masa stabla i listova. Takođe izmeren je prinos po biljci (broj plodova, prečnik plodova, sveža i suva masa plodova), a takođe je urađena i analiza kvaliteta plodova, tako što su mereni sadržaj šećera, organskih kiselina, likopena i ukupna antioksidativna aktivnost. Kod hibrida Abellusa F₁ meren je i sadržaj biogenih elemenata (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu) u vegetativnim i generativnim organima biljaka (stablu, listovima i plodovima) na kraju eksperimenta. Takođe, na kraju eksperimenta na osnovu suve mase plodova i utrošene vode za zalivanje izračunata je i efikasnost korišćenja vode (crop water use efficiency-WUE_c), a na osnovu podataka za suhu masu izdanka i plodova izračunat je i odnos suve mase izdanka i plodova.

4.3 Metode

4.3.1 Merenja parametara rastenja i produktivnosti

Visina biljaka je merena lenjirom, a prečnik plodova digitalnim nonijusom (Plastical Ltd, UK). Površina listova je merena pomoću skenera (Mustek Scan Express A3 USB). Na računaru su obrađene dobijene digitalne slike i izračunata je površina uz pomoć programa Adobe Photoshop 9. Određivanje suve mase sastojalo se u sušenju svežeg biljnog materijala u sušnicama na temperaturi 80-105°C u toku 24-48 sati. WUE_c je izračunata kao odnos obrazovane suve mase plodova i utrošene vode za navodnjavanje (Davies *i sar.*, 2000) i izražena je u g suve mase plodova po dm³ utrošene vode za navodnjavanje.

Uzorci biljaka za određivanje parametara produktivnosti uzimani su u različitim fazama razvića biljaka paradajza. Rastenje i produktivnost biljaka određeni su na osnovu sledećih parametara (Hunt, 1982): relativna brzina rastenja (RGR), brzina neto asimilacije (NAR), relativna lisna površina (LAR), specifična lisna površina (SLA) i odnos lisne mase (LWR).

Relativna brzina rastenja (RGR) predstavlja relativno povećanje suve mase biljke u jedinici vremena (g/gd) i izračunata je preko formule:

$$RGR=(\ln W_2-\ln W_1)/(t_2-t_1)$$

gde je:

- ❖ W₂-ukupna suva masa biljke (g) u vremenu t₂

- ❖ W_1 -ukupna suva masa biljke (g) u vremenu t_1

Brzina neto asimilacije (NAR) predstavlja pokazatelj efikasnosti asimilatornih organa u produktivnosti biljaka. Definisan je kao promena suve mase biljke po jedinici lisne površine u jedinici vremena ($\text{g/m}^2\text{d}$) i izračunat je preko formule:

$$\text{NAR}=(W_2-W_1)(\ln A_2-\ln A_1)/(A_2-A_1)(t_2-t_1)$$

gde je:

- ❖ A-površina asimilatornih organa (cm^2 ili m^2)
- ❖ W-ukupna suva masa biljke (g)

Relativna lisna površina (LAR) predstavlja odnos ukupne lisne površine biljke prema masi suve materije i odražava veličinu fotosintetske površine u odnosu na masu biljke. Izražava se u cm^2/g . Može se predstaviti kao odnos relativne brzine rastenja i neto asimilacije:

$$\text{LAR}=\text{RGR}/\text{NAR}$$

Specifična lisna površina (SLA) predstavlja odnos između ukupne lisne površine biljke i suve mase njenih listova i izražava se u cm^2/g :

$$\text{SLA}=\text{A}/\text{L}$$

LWR definiše translokaciju suve materije u listove i može se predstaviti kao odnos suve mase listova i suve mase cele biljke:

$$\text{LWR}=\text{L}/\text{W}$$

4.3.2 Merenje ukupnog vodnog potencijala listova

Ukupni potencijal vode u listu (Ψ_l) meren je metodom komore pod pritiskom (Scholander *i sar.*, 1965). Metod se zasniva na istiskivanju ksilemskog soka iz listova pod pritiskom gasa azota. Za merenje ovog potencijala odsecani su listovi 1-2cm ispod lisne ploče, provučeni su kroz prorez gumenog zapašaća i postavljeni u komoru. Na zasečenoj površini lista praćeno je formiranje inicijalnih kapi ksilemskog soka koji se istiskuje pod pritiskom gasa. Pritisak koji dovodi do pojave prvih kapi predstavlja vrednost ukupnog vodnog potencijala lista i izražava se u MPa.

4.3.3 Određivanje enzimske aktivnosti peroksidaze

4.3.3.1 Ekstrakcija jonski vezane peroksidaze ćelijskog zida

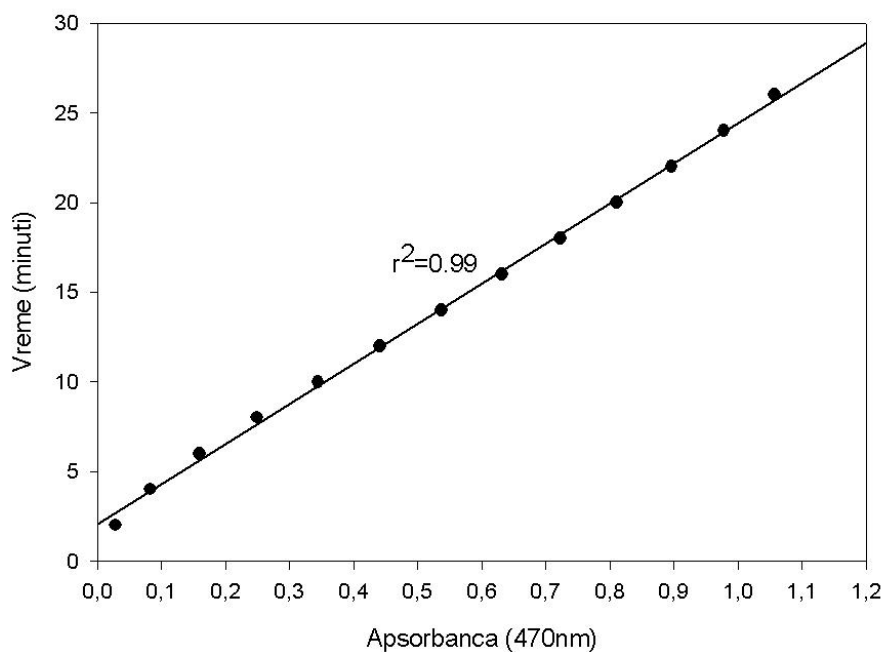
Za ispitivanje je korišćen egzokarp paradajza, skinut sa ekvatorijalnog dela ploda (Thompson *i sar.*, 1998). Uzorak je homogenizovan sa kvarcnim peskom i 50mM fosfatnim puferom, pH 7.5, u odnosu 1:10. Homogenat je centrifugiran 5 minuta na 2500 obr/min (2-16K, Sigma, Germany). Supernatant je pažljivo odbačen. Ovaj postupak je ponovljen ukupno osam puta, a drugi put talog je resuspendovan uz dodatak Tritona X-100. Nakon poslednjeg centrifugiranja rastvor je resuspendovan u fosfatnom puferu, pH 7.5, uz dodatak 1M NaCl (u odnosu 1:10), ostavljen da stoji na ledu 60 minuta i posle toga je centrifugiran 10 minuta na 10.000 obr/min. Supernatant koji je sakupljen posle centrifugiranja sadržao je jonski vezanu frakciju peroksidaze ćelijskog zida.

4.3.3.2 Merenje aktivnosti jonski vezane peroksidaze

Metoda za određivanje aktivnosti peroksidaze zasniva se na spektrofotometrijskom merenju žutog obojenja koje potiče od tetragvajakola, a koji nastaje kao proizvod reakcije između gvajakola (H-akceptor) i H_2O_2 (H-donor) pod dejstvom peroksidaze. Pošto je pH 5.5 optimalna vrednost za aktivnost peroksidaze (Bacon *i sar.*, 1997), pH svih rastvora korišćenih za određivanje aktivnosti podešavana je na tu vrednost.

U epruvete je odmereno 2ml fosfatnog pufera sa gvajakolom, 190 μ l 20mM fosfatnog pufera, pH 5.5, i 10 μ l uzorka. U epruvete je kada su se temperirale na temperaturi od 25°C u vodenom kupatilu dodavano 0.4ml 0.03% H_2O_2 . Reakcija je trajala 10 minuta od momenta dodavanja H_2O_2 u uzorke, a zatim je merena apsorbanca na spektrofotometru (SPECTRO UV-VIS RS,1166, Lambomed, Inc. USA) na talasnoj dužini od 470nm.

Za pravljenje kalibracione krive (Sl.4.8) pripreman je uzorak na predhodno opisan način sa tom razlikom da je umesto supernatanta korišćeno 10 μ l rastvora peroksidaze rena (horseradish) sa aktivnošću 0.004 IU. Praćena je promena apsorbance na 470nm, na 25°C, u toku 20 minuta (Sl.4.8). Gore navedena metoda predstavlja modifikovanu metodu Bacona *i sar.* (1997).



Slika 4.8 Kalibraciona kriva za određivanje aktivnosti peroksidaze u egzokarpu ploda paradajza

Izmerena aktivnost izolovane peroksidaze iz egzokarpa plodova paradajza uz pomoć jednačine krive izračunata je i izražena u horseradish peroksidaza ekvivalentnim jedinicama (HRPEU) po g sveže mase uzorka uzetog za analizu:

$$HRPEU = \frac{0.004 \cdot y}{10 \text{ min}}$$

$$y = 22.38 \cdot A_{470nm} + 2.05$$

4.3.4 Određivanje parametara kvaliteta zrelih plodova paradajza

4.3.4.1 Merenja sadržaja šećera i organskih kiselina

Odmereno je 50g zrelog ploda paradajza i homogenizovano sa 45ml 70% alkohola. Uzorak je 30 minuta stavljan u vodeno kupatilo na 70°C, da bi se ekstrahovali šećeri i organske kiseline. Ohlađen uzorak filtriran je preko guča G-3. Dobijeni filtrat predstavljao je ekstrakt šećera i organskih kiselina. Filtrat je prenet u normalni sud od 100ml i dodato mu je na vrh kašičice aktivnog uglja (radi obezbojavanja ekstrakta). Normalni sud je ponovo u vodenom kupatilu na 70°C držan 30 minuta, zatim je ostavljen da se hladi i istaloži aktivni ugalj. Kada se aktivni ugalj istaložio, sadržaj je filtriran preko kvantitativnog papira u drugi normalni sud i dopunjen sa destilovanom vodom do crte.

Iz ovako pripremljenog ekstrakta sadržaj šećera je određivan metodom refraktometra. U cilju određivanja slobodnih organskih kiselina otpipetirano je 10ml ekstrakta u erlermajer, dodato 2-3 kapi fenolftaleina i titrisano sa 0.1M NaOH do postizanja svetlo crvene boje. Na osnovu utroška baze izračunat je sadržaj organskih kiselina i izražen u mg limunske kiseline po gramu sveže mase plodova (Džamić, 1989).

4.3.4.2 Određivanje sadržaja likopena

Zreli plodovi paradajza su homogenizovani u blenderu. Zatim je odmereno 3g homogene smeše i preneto u kivete za centrifugiranje gde je izvršena ekstrakcija sa 10ml smeše heksan:metanol:aceton (2:1:1) uz dodatak BHT-a, 25g/l. Tokom eksperimenta smeša je bila pod uslovima smanjenog svetla i temperature da ne bi došlo do degradacije likopena, tako što su svi sudovi bili zaštićeni aluminijumskom folijom i uronjeni u ledeno kupatilo.

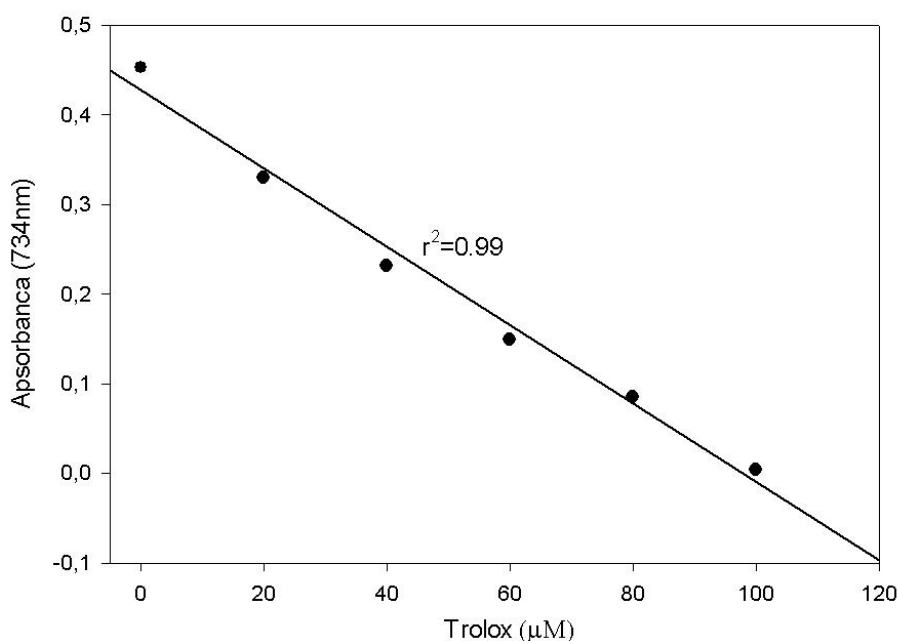
Suspenzija je centrifugirana 15 minuta na 8000 obr/min na temperaturi od 4°C (2-16K, Sigma, Germany). Gornji, heksanski sloj je odvojen Pasterovom pipetom, razblažen sa heksanom (1:10), i merena mu je apsorbanca na 505nm na UV-vis spektrofotometru (SPECTRO UV-VIS RS,1166, Lambomed, Inc. USA), uz heksan kao slepu probu. Na osnovu apsorbance koncentracija likopena je izračunata preko ekstinkcionog koeficijenta od 3400. Rezultati su izraženi kao sadržaj likopena u mg po kilogramu sveže mase plodova (Kuti i sar., 2005).

4.3.4.3 *Merenje antioksidativne aktivnosti*

Zreli plodovi paradajza (1g) homogenizovani su sa 10ml 80% etanola. Suspenzija je centrifugirana 10 minuta na 10000 obr/min na sobnoj temperaturi. Gornji sloj je odvojen Pasterovom pipetom i tako dobijen etanolni ekstrakt korišćen je za analizu antioksidativne aktivnosti u plodovima paradajza (Giuseppe *i sar.*, 2005). Antioksidativna aktivnost je određivana po metodi Miller-a *i sar.* (1996), modifikovanoj od strane Böhm-a *i sar.* (2002). ABTS^{•+} radikal katjon (7mM) dobijen je tako što je ABTS (2,2'-azino-bis-(3-ethylbenz-thiazo-line-6-sulfonic acid) rastvoren u 5mM fosfatnom puferu (PBS), pH 7.4. Ovako pripremljen rastvor propušten je kroz MnO₂ koji se nalazio na filter papiru. Višak MnO₂ odstranjivan je kroz 0.2µm filter (Siringe filter). Dobijeni rastvor razblaživan je sa 5mM fosfatnim puferom, pH 7.4, tako da je njegova apsorbanca na 734nm podešavana na 0.7 (SPECTRO UV-VIS RS,1166, Lambomed, Inc. USA). Pre upotrebe ABTS^{•+} radikal katjon je stabilizovan dva sata na sobnoj temperaturi. Trolox ((S)-(-)-6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) je korišćen kao antioksidativni standard. Kao osnovni standardni rastvor je korišćen 2.5mM Trolox pripremljen u 5mM fosfatnom puferu (PBS), pH 7.4. Serija standardnih rastvora (0, 20, 40, 60, 80, 100µM) pravljen je neposredno pre upotrebe tako što je osnovni standardni rastvor razblaživan sa 5mM PBS rastvorom, pH 7.4.

U ependorf kivete odmereno je 1ml ABTS^{•+} radikal katjona i 200µl etanolnog ekstrakta uzorka. Na vortex-u (EV-102) je uzorak mešan 30s, zatim je centrifugiran 60s na 10000 obr/min (16M, TECHNE). Apsorbanca je merena na 734nm (SPECTRO UV-VIS RS,1166, Lambomed, Inc. USA) dva minuta posle početka mešanja na vortex-u, uz PBS kao slepu probu.

Za pravljenje kalibracione krive (Sl.4.9) pripremljen je uzorak na predhodno opisan način, sa razlikom da su umesto etanolnog ekstrakta korišćene različite koncentracije (0, 20, 40, 60, 80, 100 µM) rastvora troloxa.



Slika 4.9 Kalibraciona kriva za određivanje antioksidativne aktivnosti u plodovima paradajza

Izmerena antioksidativna aktivnost u plodovima paradajza uz pomoć jednačine krive (Sl.4.9) izračunata je i izražena u trolox ekvivalentnim jedinicama po gramu sveže mase uzorka uzetog za analizu ($\mu\text{molTU/g}$) (Kequan i Liangli, 2006).

$$x = \frac{0,428 - y}{0,004}$$

4.3.5 Merenje sadržaja mineralnih elemenata u biljnom materijalu

Da bi se odredio sadržaj mineralnih elemenata u biljnom materijalu prvo je napravljen zajednički rastvor. Zajednički rastvor predstavlja rastvor mineralnog dela biljke (pepela) čija je početna masa poznata i služi za određivanje sadržaja elemenata koji čine mineralni deo biljne supstance. Postupak je tekao tako što je prvo izmeren je 1g suvog biljnog materijala, stavljen u keramički tigl i spaljen na rešou do potpunog ugljenisanja. Zatim je uzorak žaren na 550°C , 6-8 časova. Nakon žarenja uzorak je ovlažen sa vodom i dodato mu je 2ml 5M HNO_3 da bi se otklonile nečistoće. Uzorak je uparavan do suvog ostatka, a zatim ponovo žaren 550°C , 1-2 časa. Posle žarenja uzorak je ohlađen i pepeo rastvoren u 10ml HCl , zatim je prenet u normalni sud od 100ml koji je do crte dopunjen sa destilovanom vodom. Rastvor je profiltriran u reagens boce u kojima je čuvan do upotrebe

(Džamić *i sar.*, 1999). Ovaj rastvor korišćen je za određivanje sadržaja P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu.

Sadržaj Fe, Mn, Zn, Cu je direktno iz zajedničkog rastvora očitavan na atomskom-apsorpcionom spektrofotometru (Spectr AA, 220 FS, Swissland). Sadržaj Mg i Ca je iz zajedničkog rastvora uz dodatno razblaženje i dodatak LaCl_3 i 5N HCl (Džamić *i sar.*, 1999) takođe očitavan direktno na atomsko-apsorpcionom spektrofotometru. Atomsko-apsorpciona spektrofotometrija (AAS) se zasniva na apsorpciji svetlosti karakteristične talasne dužine od strane slobodnih atoma elementa čiji se sadržaj određuje. Zasniva na Lambert-Beer-vom zakonu:

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot l$$

gde je:

- ❖ ε -apsorpciona konstanta i zavisi od supstance i talasne dužine
- ❖ c-koncentracija rastvora
- ❖ l-debljina rastvora

4.3.5.1 Određivanje sadržaja fosfora

Sadržaj fosfora određivan je molibdatnom metodom, koja se zasniva na sposobnosti fosfora da sa molibdatom obrazuje fosfo-molibdatni kompleks, koji je u redukovanom stanju postojane plave boje. Intenzitet obrazovane boje direktno je proporcionalan koncentraciji fosfora u rastvoru. Merenjem apsorpcije svetlosti (spektrofotometrijskom metodom) moguće je odrediti koncentraciju fosfora.

Priprema uzorka vršena je tako što je zajedničkom rastvoru, dobijenim suvim spaljivanjem i dodatno razblaženom dodavan $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$, pri čemu se obrazovao fosfomolibdatni kompleks. Redukcija ovog kompleksa izvršena je dodavanjem SnCl_2 . Stabilizacija fosfomolibdatnog kompleksa obavljena je 30 minuta u mraku do potpunog razvijanja plave boje kompleksa. Uporedo sa pripremom uzorka na isti način vršena je priprema i serije standardnih rastvora koncentracija 1,2,4,8,12,16,20 $\mu\text{gP/ml}$ razblaživanjem osnovnog standarda koncentracije 100 $\mu\text{gP/ml}$. Očitavanje količine apsorbovane svetlosti za standardne rastvore i uzorak vršeno je na spektrofotometru (SPECTRO UV-VIS RS,1166, Lambomed, Inc. USA) na 660nm.

Na osnovu koncentracije i količine apsorbovane svetlosti standarda konstruisana je kalibraciona kriva na osnovu koje je očitana koncentracija fosfora u ispitivanom uzorku.

Na osnovu koncentracije fosfora u uzorku iz formule je izračunat njegov sadržaj (Džamić *i sar.*, 1999):

$$\% P = \frac{c \cdot V \cdot R \cdot r}{m \cdot 10^6} \cdot 100$$

gde je:

- ❖ c-koncentracija fosfora pročitana sa kalibracione krive,
- ❖ V-početna zapremina rastvora uzorka u HCl,
- ❖ R-razblaženje rastvora uzorka,
- ❖ r-razblaženje pri razvijanju boje,
- ❖ m-masa suvog uzorka (g),
- ❖ 10^6 -faktor za prevođenje μg u g,
- ❖ 100-faktor za prevođenje u %.

4.3.5.2 *Određivanje sadržaja kalijuma*

Sadržaj kalijuma određivan je plamenfotometrijski direktno iz rastvora razorenog uzorka. Plamena fotometrija se zasniva na ekscitaciji atoma ispitivanog elementa u plamenu i merenju intenziteta svetlosti koju emituju tako ekscitovani atomi. Intenzitet emitovanog zračenja direktno je proporcionalan koncentraciji prisutnog elementa u plamenu.

Za plamenfotometrijsko određivanje sadržaja kalijuma neophodno je napraviti osnovni standardni rastvor i seriju standardnih rastvora. Serija standardnih rastvora koncentracija 10,20,30,40,50,60,70,80 $\mu\text{gK/ml}$ pripremljena je razblaživanjem osnovnog standardnog rastvora koncentracije 1mgK/ml. Očitavanje količine emitovanog zračenja za standarde i uzorak vršeno je na plamenfotometru (ESSEX-866150, Evans Electroselenium, Ltd, UK).

Na osnovu koncentracije i količine emitovanog zračenja standarda konstruisana je kalibraciona kriva na osnovu koje je očitana koncentracija kalijuma u ispitivanom uzorku. Na osnovu koncentracije kalijuma u uzorku iz formule je izračunat njegov sadržaj u uzorku (Džamić *i sar.*, 1999):

$$\% K = \frac{c \cdot V \cdot R}{m \cdot 10^6} \cdot 100$$

gde je:

- ❖ c-koncentracija fosfora pročitana sa kalibracione krive,
- ❖ V-početna zapremina rastvora uzorka u HCl,
- ❖ R-razblaženje rastvora uzorka,
- ❖ m-masa suvog uzorka (g),
- ❖ 10^6 -faktor za prevođenje μg u g,
- ❖ 100-faktor za prevođenje u %.

4.3.5.3 *Određivanje sadržaja azota*

Sadržaj azota određivan je metodom po Kjeldahl-u. Princip metode je da se pri zagrevanju biljnog materijala (0,2g) sa koncentrovanom sumpornom kiselinom (5ml H_2SO_4) u prisustvu katalizatora (korišćen je $\text{K}_2\text{SO}_4:\text{CuSO}_4:\text{Se}=1:1:0,2$) izdvaja amonijak koji se vezuje sa viškom sumporne kiseline pri čemu se obrazuje amonijum sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. U toku destilacije kuvanjem sa jakom bazom (2ml 33% NaOH) oslobađa se amonijak iz amonijum sulfata, koji se ponovo vezuje za sumpornu kiselinu poznatog normaliteta (0,02N H_2SO_4) obrazujući ponovo amonijum sulfat. Na osnovu utrošene količine kiseline za vezivanje amonijaka (višak kiseline određivan je titracijom sa 0,02N NaOH uz dodatak 2-3 kapi Taširo indikatora) izračunat je sadržaj azota u biljnom materijalu preko formule (Džamić *i sar.*, 1999):

$$\%N = \frac{(a \cdot N_1 - b \cdot N_2) \cdot 14}{m} \cdot 100$$

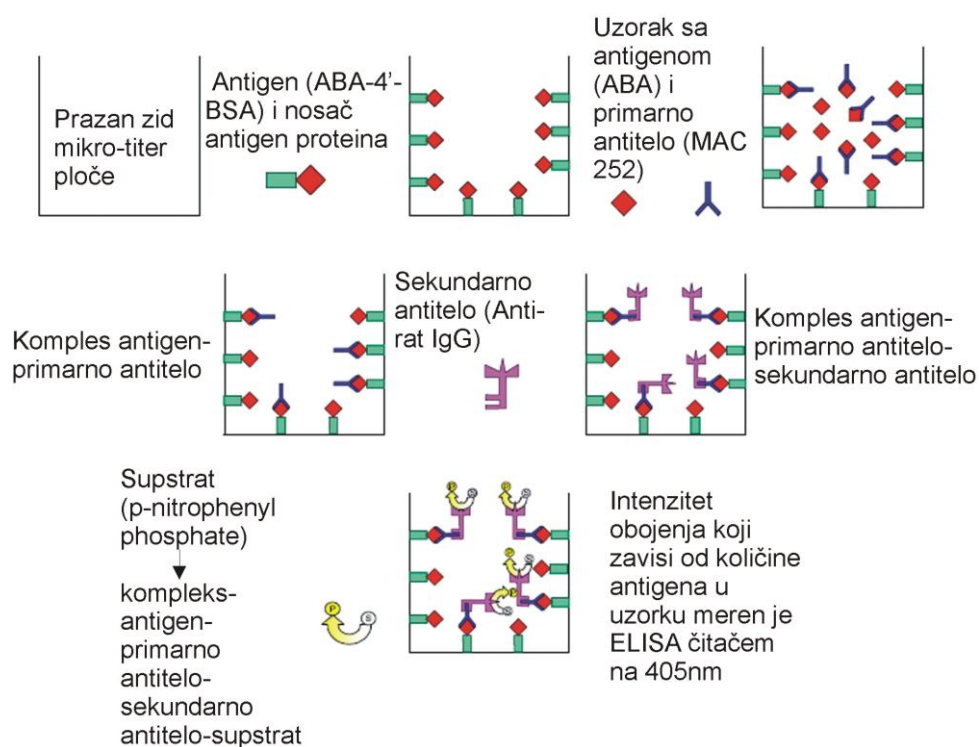
gde je:

- ❖ a-broj ml 0,02N H_2SO_4 korišćene za vezivanje amonijaka
- ❖ N_1 -normalitet kiseline
- ❖ b-broj ml 0,02N H_2SO_4 koji je utrošen za titraciju
- ❖ N_2 -normalitet baze
- ❖ 14-1m.ekv. NaOH veže 14mg N u obliku NH_3
- ❖ m-masa biljnog materijala (mg),
- ❖ 100-faktor za prevođenje u %.

4.3.6 Određivanje sadržaja abscisinske kiseline u ksilemu

Ksilemski sok iz biljaka paradajza za analizu sadržaja abscisinske kiseline (ABA) u ksilemu uziman je svaka dva PRD ciklusa. Stablo biljaka je sečeno iznad korenovog sistema na 20cm. Saksije su stavljane u komoru pod pritiskom (Scholander *i sar.*, 1965) tako što je zasečeno stablo provučeno kroz prorez gumenog zapašča. Na zasečenoj površini stabla sakupljan je ksilemski sok koji je istiskivan pod pritiskom gasa azota. Prve kapi ksilemskog soka su odstranjivane. Ksilemski sok sakupljan je sa automatskim mikropipetama u ependorf-kivete (0,5ml po biljci) i čuvan na -80°C do analize.

Sadržaj abscisinske kiseline u ksilemskom soku je analiziran ELISA testom (Asch, 2000). Princip ELISA testa zasniva se na kompetitivnoj imunološkoj reakciji visoko specifičnog monoklalnog antitela (MAC 252) sa ABA (Sl.4.10). Pri tome ne dolazi do ukrštene reakcije između antitela sa drugim supstancama u ksilemskom soku (Quarrie *i sar.*, 1988). Posle imunološke reakcije vrši se bojenje rastvora uz dodatak supstrata (p-nitrofenil fosfata), pri čemu se apsorpcija rastvora očitava na ELISA čitaču (Anthos, 2000) na 405nm. Ova očitana vrednost obrnuto je proporcionalna koncentraciji ABA u ksilemskom soku koja se izračunava preko kalibracione krive dobijene sa poznatim koncentracijama standardne (\pm) ABA.



Slika 4.10 Šematski prikaz ELISA testa (Asch, 2000)

Procedura ELISA testa sastoji se u sledećem: 200 μ l ABA-konjugata (ABA-4'-BSA) sa proteinskim nosačima u micro-titar ploči inkubirano je tokom noći na 4°C, kako bi došlo do oblaganja zidova. Nakon tri ispiranja sa puferom 2 za ispiranje (TRIZMA, MgCl i NaCl i BSA rastvoreni u H₂O, pH 7.8) (poslednji put pufer je držan 20 minuta na 37°C kako bi se neobloženi zidovi saturisali sa BSA) micro-titar ploča je sušena sa upijajućim papirom. Posle sušenja dodato je 100 μ l uzorka i 100 μ l primarnog antitela MAC 252. Micro-titar ploča je mućkana konstantno 1 minut, a zatim je vršena inkubacija tri sata na 4°C pri čemu dolazi do imunološke reakcije između antigena i antitela. Micro-titar ploča je ponovo ispirana tri puta i sušena sa upijajućim papirom, posle toga dodato je 200 μ l sekundarnog antitela ant-rat IgG rastvorenog u puferu 1 (TRIZMA, MgCl i NaCl rastvoreni u H₂O, pH 7.8). Micro-titar ploča je inkubirana 1 čas na 37°C u vlažnim plastičnim boksovima. U tom periodu došlo je do vezivanja sekundarnog antitela za primarno antitelo. Micro-titar ploča je ponovo ispirana pet puta i sušena sa upijajućim papirom, a zatim je dodato 200 μ l rastvora supstrata. Rastvor supstrata dobijen je rastvaranjem 20mg p-nitrofenil fosfata u 20ml natrijum-hidrogen-karbonata (NaHCO₃). Supstrat je reagovao sa sekundarnim antitelom pri čemu je došlo do bojenja rastvora. Intenzitet obojenja je bio obrnuto proporcionalan količini antigena (ABA). Apsorpcija je očitavana na ELISA čitaču (Anthos, 2000) na 405nm.

Za određivanje koncentracije ABA bilo je neophodno napraviti (\pm) ABA standarde (4000, 2000, 1000, 500, 250 i 100 pg/100 μ l) razblaživanjem osnovnog (\pm) ABA standarda (80.000 pg/100 μ l) na osnovu kojih je konstruisana kalibraciona kriva uz pomoć koje je očitavan sadržaj ABA u ksilemu ispitivanog uzorka. Detaljnija uputstva mogu da se nađu u protokolu Asch-a (2000).

4.4 Statistička obrada podataka

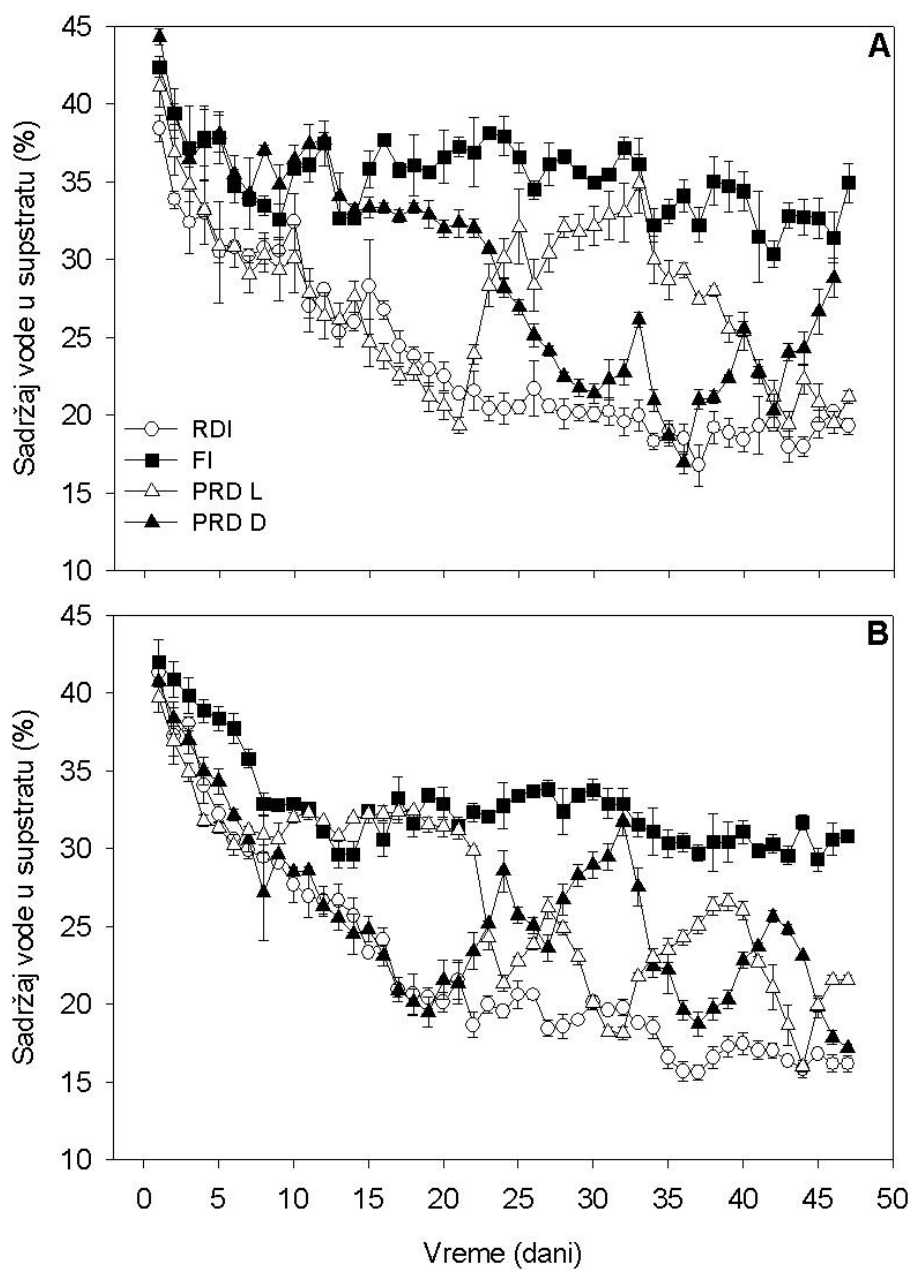
Za sva ispitivanja koristilo se 5-10 biljaka po tretmanu. Svi podaci su statistički obrađeni uz korišćenje programa Sigma Plot Windows 2000 (Jandel Scientific, Erkhart, Germany) i Statistica for Windows. Razlike između irigacionih tretmana testirane su Studentovim *t*-testom i ANOVA/MANOVA programom (Statistica for Windows).

5 REZULTATI

5.1 Eksperiment u fitotronskej komori

5.1.1 Sadržaj vode u zemljištu

Promene u sadržaju vode u supstratu (θ) kod RDI, PRD i FI biljaka, hibrida Sunpak F₁ i Astona F₁ u toku eksperimenta prikazane su na Sl.5.1. Vrednosti sadržaja vode u supstratu su bile statistički značajno niže kod RDI biljaka i u nezalivanoj strani kod PRD biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama. Dnevni sadržaj vode u supstratu kod kontrolnih biljaka posle zalivanja održavao se blizu poljskog vodnog kapaciteta (35%), dok je sadržaj vode kod RDI biljaka konstantno opadao, da bi se poslednjih 15 dana održavao između 15 i 20%. Razlike u sadržaju vode u supstratu između zalivane i nezalivane strane kod PRD biljaka su bile statistički značajne tokom celog eksperimenta. Bez obzira na razlike u sadržaju vode između dve strane kod PRD biljaka, srednja vrednost sadržaja vode u celoj rizosferi bila je veoma slična kao kod RDI biljaka, što je i za očekivati jer je količina vode korišćena za zalivanje PRD i RDI biljaka bila ista. Sadržaj vode u supstratu u zalivanoj strani PRD biljaka je bio sličan sadržaju vode u supstratu kontrolnih biljaka samo na početku eksperimenta kod Sunpak F₁. Posle prve promene, sadržaj vode zalivane strane PRD biljaka bio je konstantno niži za 3-10% u odnosu na sadržaj vode u supstratu kontrolnih biljaka. Sadržaj vode u supstratu u zalivanoj strani PRD biljaka je bio bliži sadržaju vode u supstratu kontrolnih biljaka tokom celog eksperimenta kod Astona F₁ u odnosu na hibrid Sunpak F₁ (Sl.5.1).



Slika 5.1 Promene u sadržaju vode u supstratu za RDI, PRD i FI tretmane navodnjavanja u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Astona F₁ (A) i Sunpak F₁ (B)

5.1.2 Rastenje vegetativnih organa

5.1.2.1 Visina biljaka, broj i površina listova

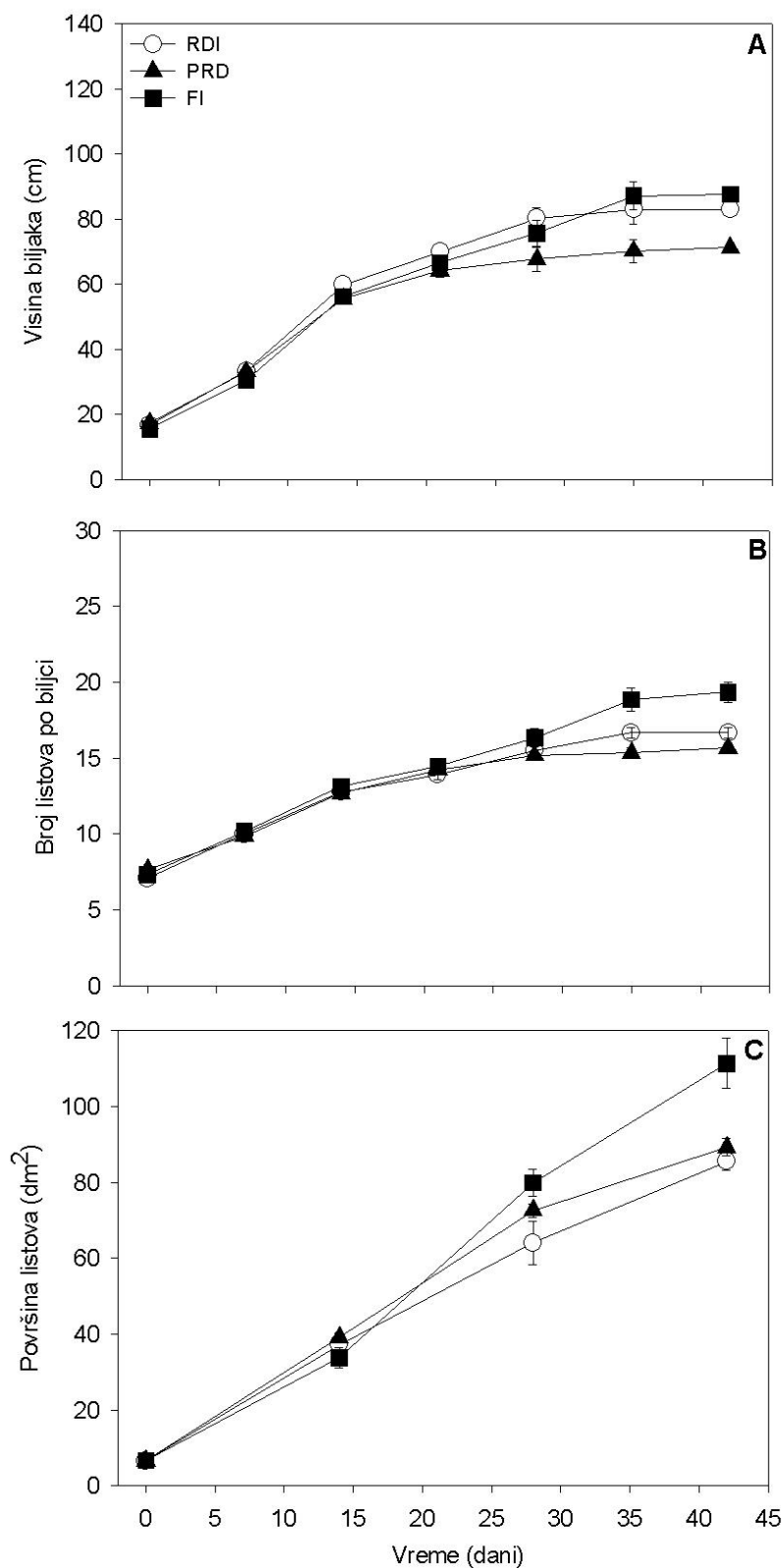
Uticaj različitih tretmana (RDI, PRD i FI) na visinu, broj i površinu listova u toku eksperimenta kod biljaka hibrida Sunpak F₁ i Astona F₁ prikazan je na Sl.5.2 i Sl. 5.3.

PRD biljke bile su značajno niže, dok su RDI biljke bile približno iste visine u poređenju sa kontrolnim biljkama Sunpak F₁ hibrida. Na kraju eksperimenta visina RDI, PRD i FI biljaka bila je 83.0cm, 71.3cm i 87.7cm (Sl.5.2-A), tako da su PRD i RDI biljke bile niže za 18.7% i 5.4% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u visini između RDI i PRD biljaka ($P<0.01$), kao i između PRD i FI biljaka ($P<0.001$). Kod hibrida Astona F₁ PRD i RDI biljke bile su značajno niže u poređenju sa kontrolnim biljkama. Na kraju eksperimenta visina RDI, PRD i FI biljaka bila je 94.8cm, 94.0cm i 116.8cm (Sl.5.3-A), tako da su PRD i RDI biljke bile niže za 19.5% i 18.8% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u visini biljaka između RDI i FI biljaka ($P<0.001$), kao i između PRD i FI biljaka ($P<0.001$). Značajan uticaj na visinu biljaka imali su genotip ($P<0.001$), tretman ($P<0.001$), ali i interakcija genotipa i tretmana ($P<0.05$). Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD i RDI tretmani doveli do redukcije visine kod oba testirana hibrida, pri čemu je PRD tretman u većoj meri redukovao visinu u odnosu na RDI tretman. PRD tretman je u istoj meri redukovao visinu kod oba hibrida, dok je RDI tretman u većoj meri redukovao visinu kod hibrida Astona F₁.

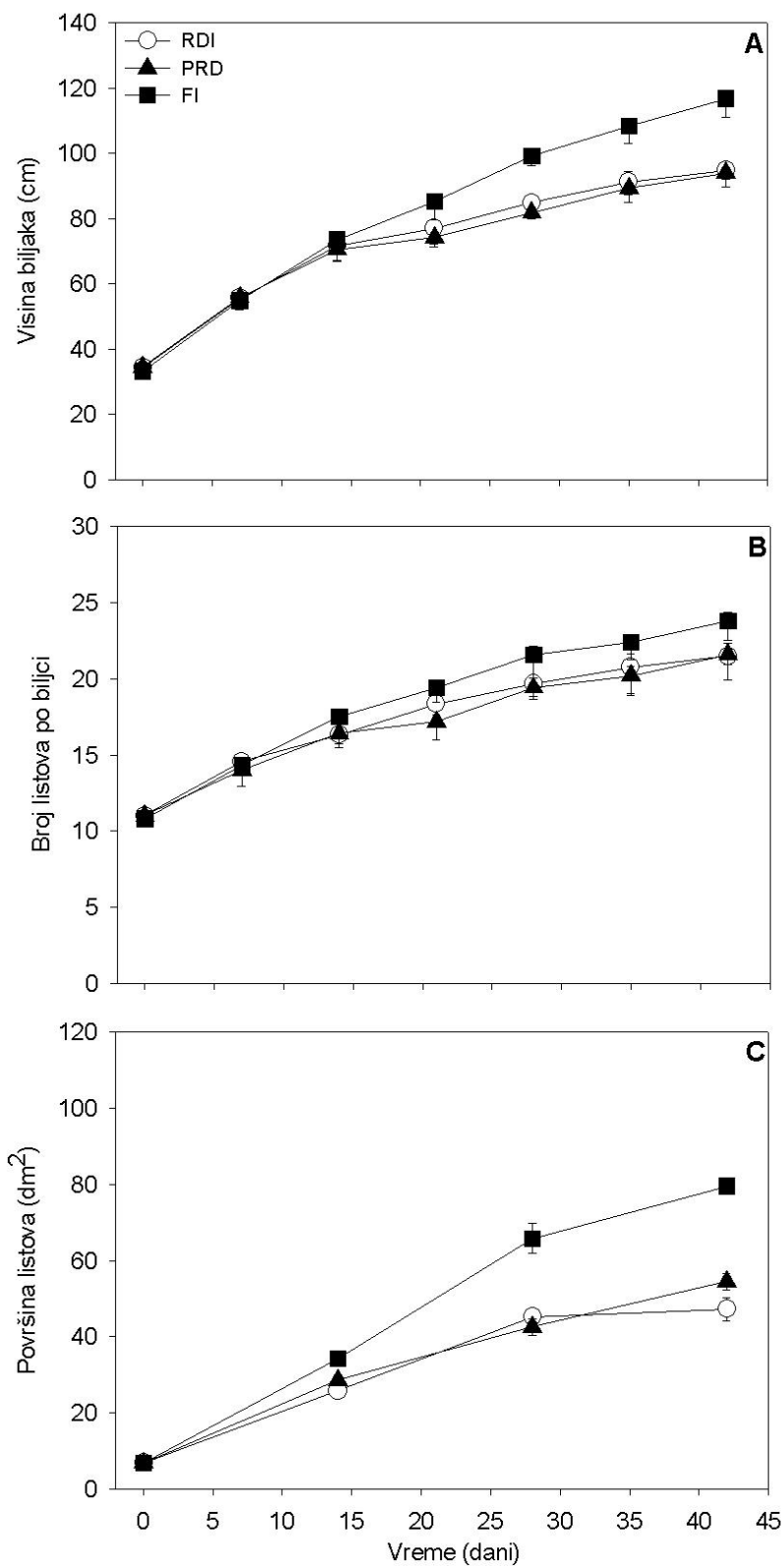
PRD i RDI biljke imale su značajno manji broj listova u poređenju sa kontrolnim biljkama Sunpak F₁ hibrida. Broj listova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 16.7, 15.7 i 19.3 na kraju eksperimenta (Sl.5.2-B), tako da su PRD i RDI biljke imale manji broj listova za 18.7% i 13.5% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u broju listova između RDI i FI biljaka ($P<0.05$), kao i između PRD i FI biljaka ($P<0.01$). Kod Astona F₁ hibrida PRD i RDI biljke imale su značajno manji broj listova u poređenju sa kontrolnim biljkama. Na kraju eksperimenta broj listova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 21.5, 21.6 i 23.8 (Sl.5.3-B), tako da su PRD i RDI biljke imale manji broj listova za 9.2% i 9.7% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u broju listova između RDI i FI biljaka ($P<0.05$), kao i između PRD i FI biljaka ($P<0.05$). Značajan uticaj na broj listova imali su genotip ($P<0.001$) i tretman ($P<0.001$), dok interakcija genotipa i tretmana nije imala značajan uticaj na broj listova. Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD i RDI tretmani doveli do značajne redukcije broja

listova kod oba testirana hibrida. PRD je u većoj meri redukovao broj listova u odnosu na RDI kod hibrida Sunpak F₁, dok su kod hibrida Astona F₁ oba tretmana u istoj meri redukovali broj listova.

PRD i RDI biljke imale su značajno manju lisnu površinu u poređenju sa kontrolnim biljkama Sunpak F₁ hibrida. Površina listova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 85.5dm², 89.3dm² i 111.3dm² na kraju eksperimenta (S1.5.2-C), tako da su PRD i RDI biljke imale manju lisnu površinu za 19.8% i 23.4% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u površini listova između RDI i FI biljaka (P<0.05), kao i između PRD i FI biljaka (P<0.05). Kod Astona F₁ hibrida PRD i RDI biljke imale su značajno manju lisnu površinu u poređenju sa kontrolnim biljkama. Na kraju eksperimenta površina listova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 47.3dm², 54.4dm² i 79.9dm² (S1.5.3-C), tako da su PRD i RDI biljke imale manju lisnu površinu za 31.7% i 40.7% u odnosu na kontrolne biljke pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u površini listova između RDI i FI biljaka (P<0.001), kao i između PRD i FI biljaka (P<0.001). Značajan uticaj na površinu listova imali su genotip (P<0.001) i tretman (P<0.001), dok interakcija genotipa i tretmana nije imala značajan uticaj na površinu listova. Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD i RDI tretmani doveli do značajne redukcije površine listova kod oba testirana hibrida. RDI je u većoj meri redukovao površinu listova u odnosu na PRD kod oba testirana hibrida. Veća redukcija površine listova je bila kod hibrida Astona F₁ za oba testirana tretmana u odnosu na kontrolu.



Slika 5.2 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na visinu (A), broj listova (B) i površinu listova (C) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁



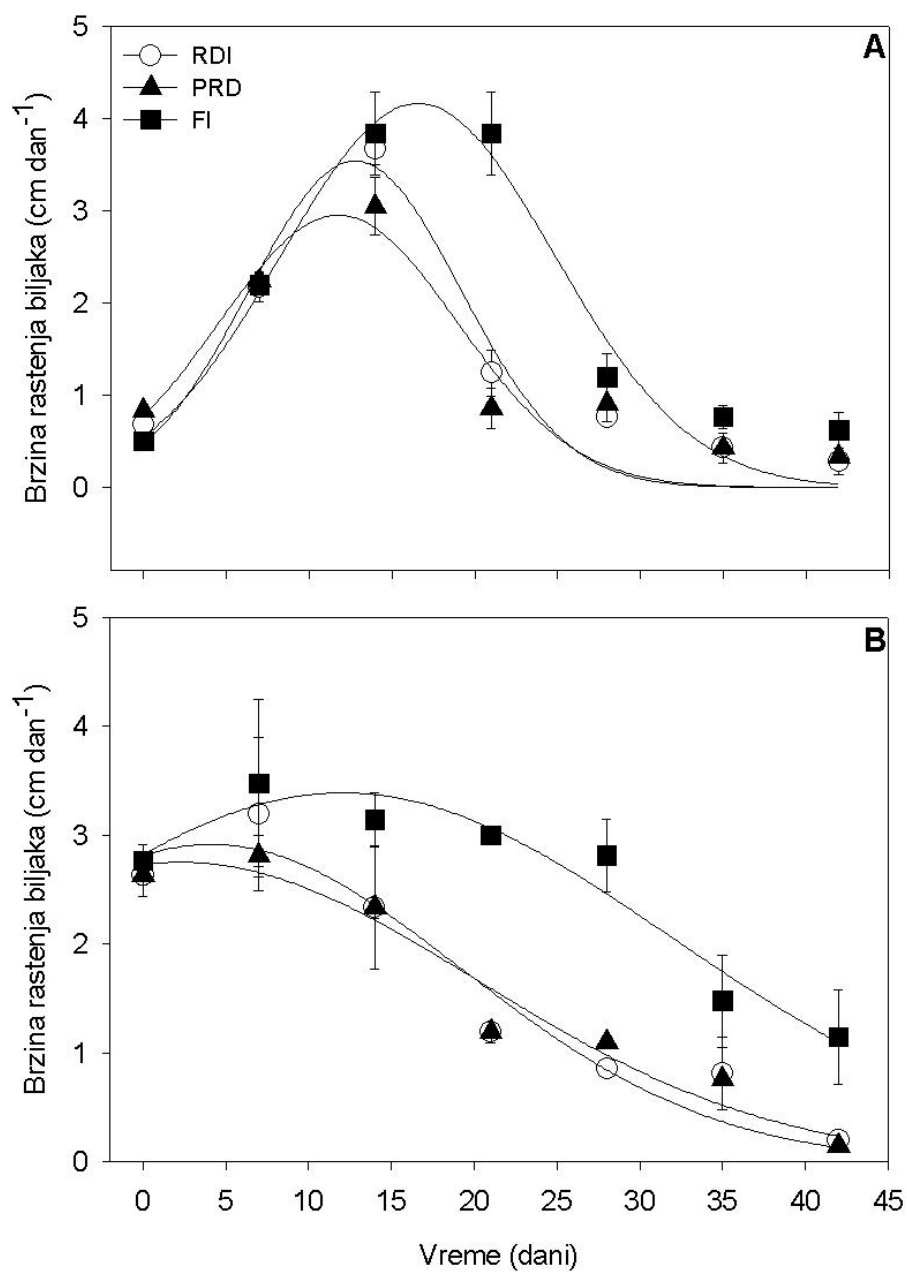
Slika 5.3 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na visinu (A), broj listova (B) i površinu listova (C) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Astona F₁

5.1.2.2 *Brzina rastenja biljaka*

Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na brzinu rastenja u toku eksperimenta kod biljaka paradajza Sunpak F₁ i Astona F₁ hibrida prikazan je na Sl.5.4.

Maksimalna brzina rastenja kod PRD biljaka bila je manja, dok je kod RDI biljaka bila slična maksimalnoj brzini rastenja kod kontrolnih biljaka Sunpak F₁ hibrida. Maksimalna brzina rastenja kod RDI i PRD biljaka dostignuta je 12-og dana eksperimenta i iznosila je 3.7 i 3.0mm po danu. Maksimalna brzina rastenja kod kontrolnih biljaka dostignuta je 16-og dana eksperimenta i iznosila je 3.8mm po danu (Sl.5.4-A). Biljke sva tri testirana tretmana navodnjavanja su posle dostignute maksimalne brzine rastenja značajno smanjile brzinu rastenja, najpre PRD i RDI biljke, a zatim i kontrolne biljke što je rezultovalo prestankom rastenja i postizanjem konačne. RDI, PRD i FI biljke dostigle su konačnu visinu od 83.0cm, 71.3cm i 87.7cm (Sl.5.2-A). RDI biljke bile su nešto niže u odnosu na kontrolne biljke što je bio rezultat nešto kraćeg perioda rastenja pošto su biljke oba tretmana imale slične maksimalne brzine rastenja. Razlika u visini između PRD i FI biljaka bila je veća iz razloga što su PRD biljke imale kraći period rastenja, ali i manju maksimalnu brzinu rastenja.

Maksimalna brzina rastenja kod PRD i RDI biljaka bila je manja u odnosu na maksimalnu brzinu rastenja kod kontrolnih biljaka Astona F₁ hibrida. Maksimalna brzina rastenja kod RDI, PRD i FI biljaka dostignuta je 7-og dana eksperimenta i iznosila je 3.2, 2.8 i 3.5mm po danu (Sl.5.4-B). Period rastenja bio je duži u odnosu na biljke Sunpak F₁ hibrida što je rezultovalo većom konačnom visinom biljaka, što je i za očekivati jer se radi o poluindeterminantnom hibridu, nasuprot Sunpak F₁ hibridu koji je determinantan. PRD i RDI biljke su posle dostignute maksimalne brzine rastenja rasle još dve nedelje kontinuirano, dok su kontrolne biljke rasle ceo eksperimentalni period. Manja maksimalna brzina rastenja, ali i kraći period rastenja su kao rezultat imali značajnu redukciju visine kod PRD i RDI biljaka koja je na kraju vegetacionog perioda bila 94.7cm i 96.3cm u odnosu na kontrolne biljke čija je visina na kraju vegetacionog perioda bila 143.0cm (Sl.5.3-A).



Slika 5.4 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na brzinu rastenja u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ (A) i Astona F₁ (B)

5.1.2.3 Suva masa stabla, listova i korena

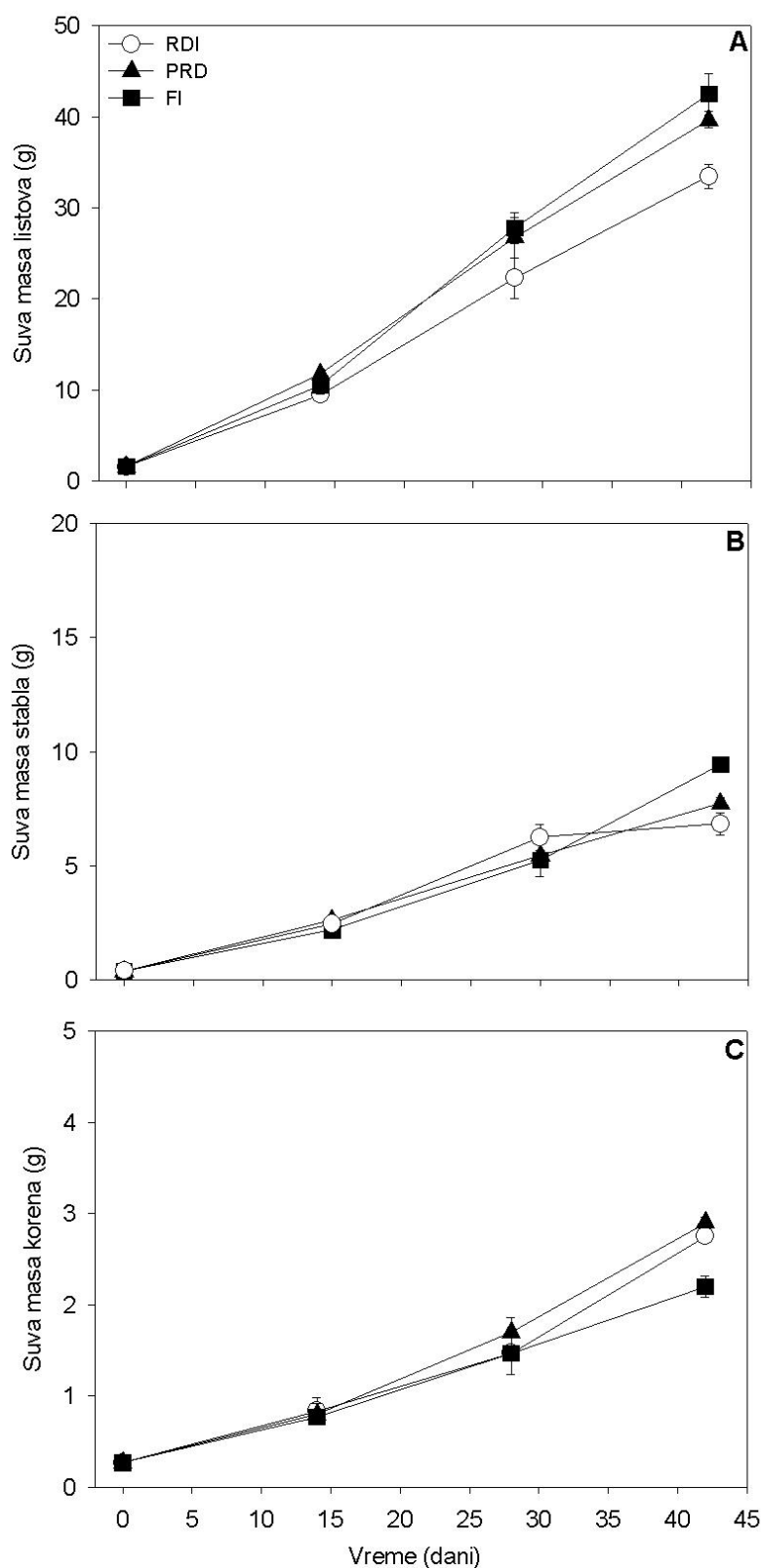
Uticaj različitih tretmana (RDI, PRD i FI) na suhu masu listova, stabla i korena u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ i Astona F₁ prikazan je na Sl.5.5 i 5.6.

Suva masa listova kod PRD i RDI biljaka bila je manja u odnosu na kontrolne biljke kod Sunpak F₁ hibrida. Kod RDI, PRD i FI biljaka suva masa listova bila je 33.5g, 39.6g i 42.5g na kraju eksperimenta (Sl.5.5-A), tako da je kod PRD i RDI biljaka suva masa listova bila manja za 6.8% i 21.2% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi listova između RDI i PRD biljaka ($P < 0.05$), kao i između RDI i FI biljaka ($P < 0.05$). Takođe kod hibrida Astona F₁ suva masa listova kod PRD i RDI biljaka bila je manja u odnosu na kontrolne biljke. Na kraju eksperimenta ona je za RDI, PRD i FI biljke bila 22.8g, 24.5g i 30.8g (Sl.5.6-A), tako da je kod PRD i RDI biljaka suva masa listova bila manja za 20.5% i 26.0% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi listova između RDI i FI biljaka ($P < 0.01$), PRD i FI biljaka ($P < 0.05$), kao i između PRD i RDI biljaka ($P < 0.05$). Značajan uticaj na suhu masu listova imali su genotip ($P < 0.001$) i tretman ($P < 0.01$), dok interakcija genotipa i tretmana nije imala značajan uticaj na suhu masu listova. Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD i RDI tretmani doveli do redukcije suve mase listova kod oba testirana hibrida. PRD je u manjoj meri redukovao suhu masu listova u odnosu na RDI kod oba testirana hibrida.

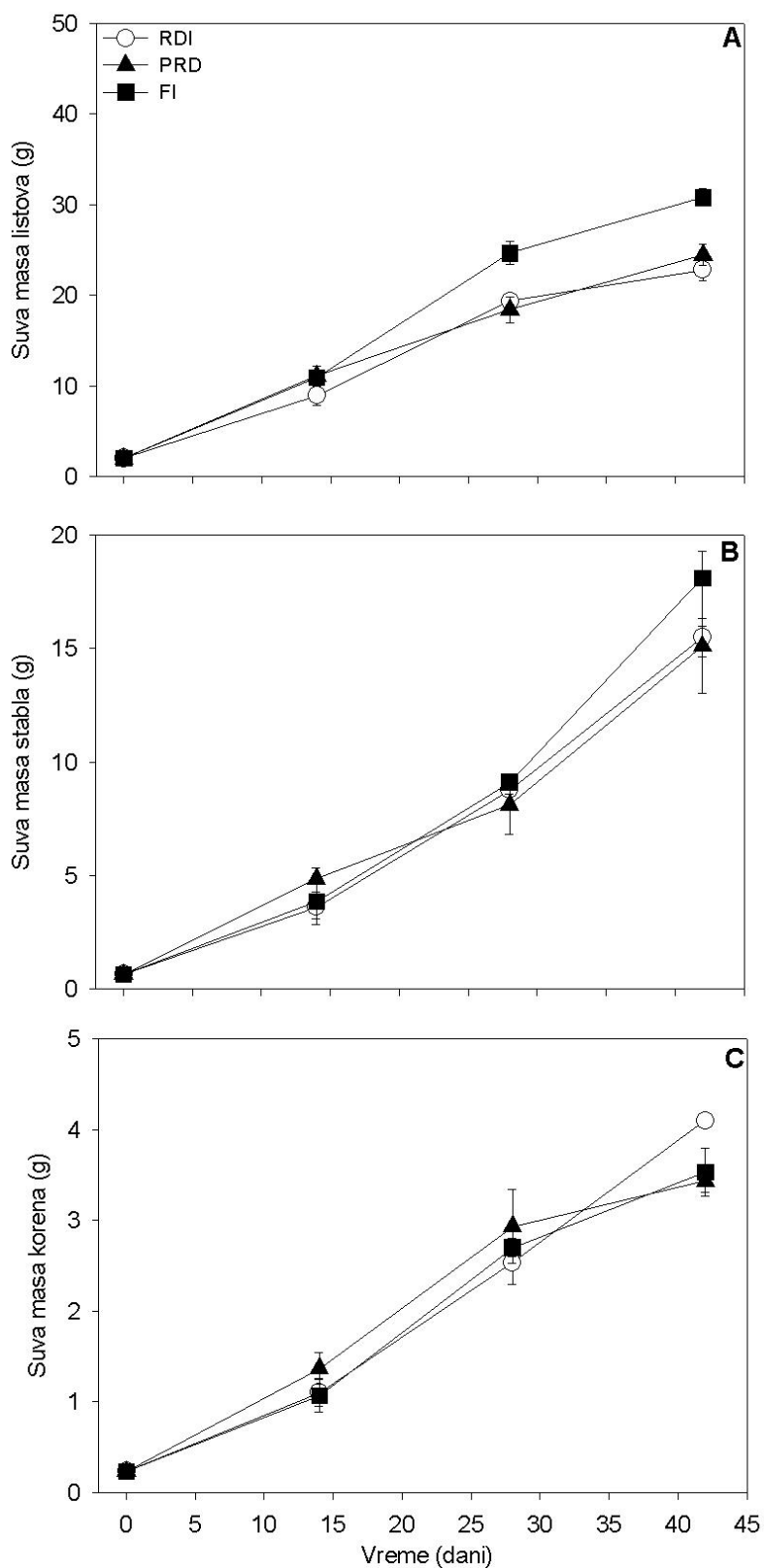
Suva masa stabla kod PRD i RDI biljaka bila je manja u odnosu na kontrolne biljke Sunpak F₁ hibrida. Na kraju eksperimenta ona je kod RDI, PRD i FI biljaka bila 6.8g, 7.7g i 9.4g (Sl.5.5-B), tako da je kod PRD i RDI biljaka suva masa stabla bila manja za 18.1% i 27.7% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi stabla između FI i PRD biljaka ($P < 0.01$), kao i između RDI i FI biljaka ($P < 0.01$). Kod Astona F₁ hibrida suva masa stabla kod PRD i RDI biljaka bila je manja u odnosu na kontrolne biljke, i na kraju eksperimenta kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 15.1g, 18.1g i 21.0g (Sl.5.6-B), tako da je kod PRD i RDI biljaka suva masa stabla bila manja za 13.8% i 28.1% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi stabla samo između RDI i FI biljaka ($P < 0.01$). Značajan uticaj na suhu masu stabla imali su genotip ($P < 0.001$) i interakcija genotipa i tretmana ($P < 0.05$), dok tretman nije imao značajan uticaj na suhu masu stabla. Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD i RDI tretmani doveli do redukcije suve mase stabla kod hibrida Sunpak F₁. RDI tretman je u

većoj meri redukovao suhu masu stabla u odnosu na PRD tretman. Oba tretmana su kod hibrida Astona F₁ takođe redukovali suhu masu stabla i to u većoj meri RDI tretman.

Suva masa korena kod PRD i RDI biljaka bila je veća u odnosu na kontrolne biljke Sunpak F₁ hibrida. Na kraju eksperimenta ona je kod RDI, PRD i FI biljaka bila 2.8g, 2.9g i 2.2g (Sl.5.5-C), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja suve mase korena za 24.1% i 21.4% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi korena između RDI i FI biljaka ($P < 0.01$), kao i između PRD i FI biljaka ($P < 0.01$). Kod Astona F₁ hibrida suva masa korena kod RDI biljaka bila je veća, dok je kod PRD biljaka bila slična u poređenju sa kontrolnim biljkama, tako da je na kraju eksperimenta suva masa korena kod RDI, PRD i FI biljaka bila 4.1g, 3.4g i 3.5g (Sl.5.6-C). Kod PRD biljaka suva masa korena je bila manja za 2.9%, dok je kod RDI biljaka bila veća za 14.6% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi korena između RDI i PRD biljaka ($P < 0.01$) i RDI i FI ($P < 0.05$) biljaka. Značajan uticaj imali su genotip ($P < 0.001$), tretman ($P < 0.01$), kao i interakcija genotipa i tretmana ($P < 0.05$) na suhu masu korena. Dobijeni rezultati su pokazali da je RDI tretman doveo do povećanja suve mase korena kod oba testirana hibrida, i to u većoj meri kod hibrida Sunpak F₁. PRD tretman je takođe povećao suhu masu korena kod hibrida Sunpak F₁, dok je kod hibrida Astona F₁ suva masa korena kod PRD biljaka bila slična kontrolnim biljkama.



Slika 5.5 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na suhu masu listova (A), stabla (B) i korena (C) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁



Slika 5.6 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na suhu masu listova (A), stabla (B) i korena (C) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Astona F₁

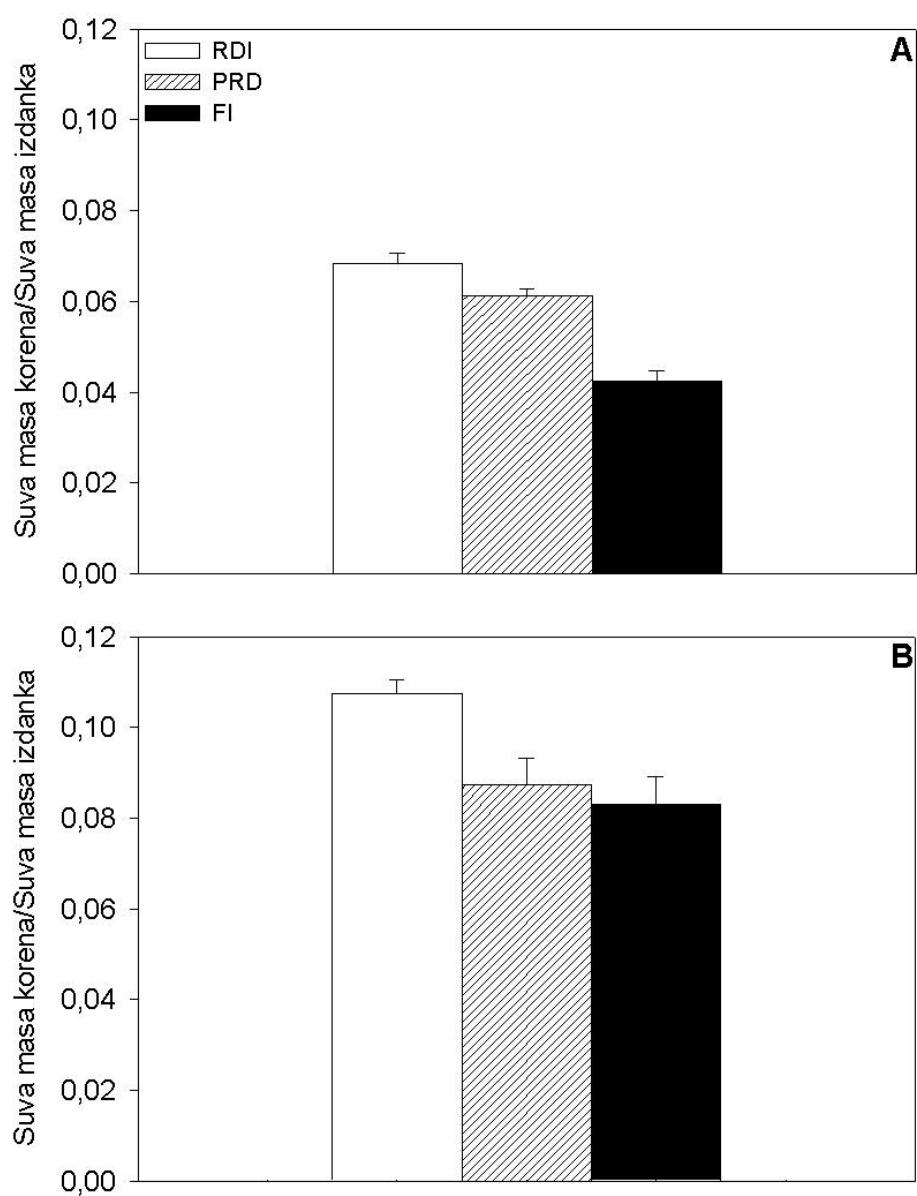
5.1.2.4 Odnos suve mase korena i izdanka

Utjecaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na odnos suve mase korena i izdanka kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ i Astona F₁ prikazan je na Sl.5.7.

Odnos suve mase korena i izdanka kod PRD i RDI biljaka bio je veći u odnosu na kontrolne biljke Sunpak F₁ hibrida, i na kraju eksperimenta kod RDI, PRD i FI bio je 0.07, 0.06 i 0.04 (Sl.5.7-A). Kod PRD i RDI biljaka došlo je do povećanja odnosa suve mase korena i izdanka za 33.3% i 42.9% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u odnosu suve mase korena i izdanka između RDI i FI biljaka ($P<0.01$), kao i između PRD i FI biljaka ($P<0.01$).

Odnos suve mase korena i izdanka kod PRD i RDI biljaka bio je veći u odnosu na kontrolne biljke Astona F₁ hibrida, tako da je na kraju eksperimenta kod RDI, PRD i FI biljaka iznosio 0.11, 0.09 i 0.08 (Sl.5.7-B). Kod PRD i RDI biljaka tretmana došlo je povećanja odnosa suve mase korena i izdanka za 11.1% i 27.3% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u odnosu suve mase korena i izdanka između RDI i FI biljaka ($P<0.05$), kao i između PRD i RDI biljaka ($P<0.05$).

Značajan utjecaj na odnos suve mase korena i izdanka imali su genotip ($P<0.001$) i tretman ($P<0.01$), dok interakcija genotipa i tretmana nije imala značajan utjecaj na odnos suve mase korena i izdanka. Dobijeni rezultati su pokazali da je RDI tretman doveo do značajnog povećanja odnosa suve mase korena i izdanka kod oba testirana hibrida, i to u većoj mjeri kod hibrida Sunpak F₁ u odnosu na kontrolne biljke. PRD tretman je također povećao odnos suve mase korena i izdanka ali značajno samo kod hibrida Sunpak F₁. Veći rast korenovog sistema kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolne biljke mogao bi imati značajnu ulogu u usvajanju vode u uslovima suše zbog veće kontaktne površine sa zemljištem.



Slika 5.7 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na odnos suve mase korena i izdanka kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ (A) i Astona F₁ (B)

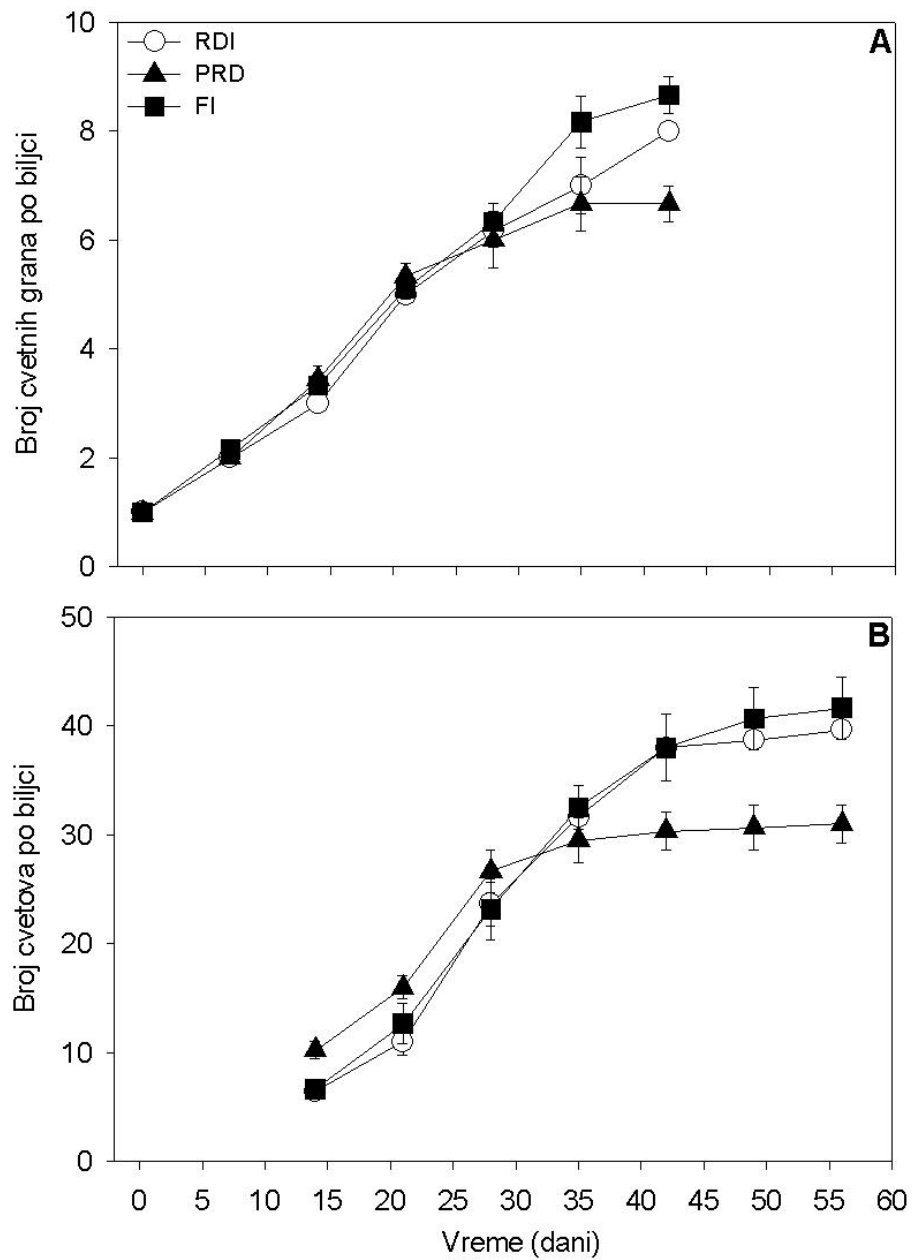
5.1.3 Rastenje generativnih organa

5.1.3.1 Broj cvetnih grana i cvetova

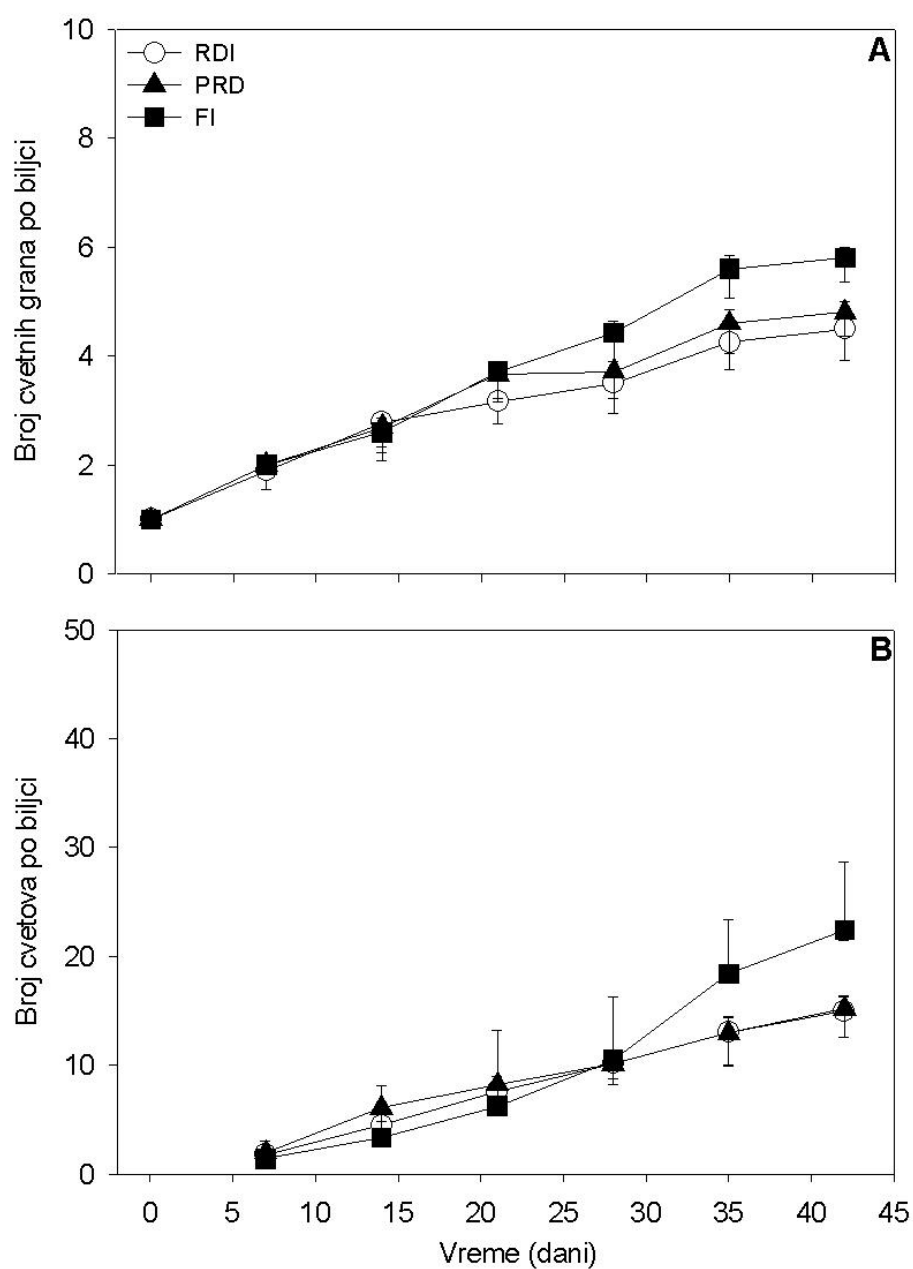
Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na broj cvetnih grana i cvetova u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ i Astona F₁ prikazan je na Sl.5.8 i 5.9.

Kod PRD i RDI biljaka broj cvetnih grana bio je manji u odnosu na kontrolne biljke Sunpak F₁ hibrida, pri čemu je kod RDI, PRD i FI biljaka broj cvetnih grana bio 8.0, 6.7 i 8.7 na kraju eksperimenta (Sl.5.8-A). Kod PRD i RDI biljaka došlo je do redukcije broja cvetnih grana za 23.0% i 8.0% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u broju cvetnih grana između RDI i PRD biljaka ($P<0.05$), kao i između PRD i FI biljaka ($P<0.05$). Kod Astona F₁ hibrida broj cvetnih grana kod PRD i RDI biljaka bio je manji u odnosu na kontrolne biljke, tako da je na kraju eksperimenta broj cvetnih grana kod RDI, PRD i FI biljaka iznosio 4.5, 4.8 i 5.8 (Sl.5.9-A). Kod PRD i RDI biljaka došlo je do redukcije broja cvetnih grana za 17.2% i 22.4% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u broju cvetnih grana između RDI i FI biljaka ($P<0.01$), kao i između PRD i FI biljaka ($P<0.01$). Značajan uticaj na broj cvetnih grana imali su genotip ($P<0.001$), tretman ($P<0.001$), kao i interakcija genotipa i tretmana ($P<0.001$).

Kod PRD i RDI biljaka broj cvetova bio je manji u odnosu na kontrolne biljke kod Sunpak F₁ hibrida, tako da je na kraju eksperimenta broj cvetova kod RDI, PRD i FI biljaka bio 39.7, 31.0 i 41.7 (Sl.5.8-B). Kod PRD i RDI biljaka došlo je do redukcije broja cvetova za 25.7% i 4.8% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u broju cvetova između RDI i PRD biljaka ($P<0.01$), kao i između PRD i FI biljaka ($P<0.05$). Kod Astona F₁ hibrida broj cvetova kod PRD i RDI biljaka bio je manji u odnosu na kontrolne biljke, tako da je na kraju eksperimenta broj cvetova kod RDI, PRD i FI biljaka bio 15.0, 15.2 i 22.4 (Sl.5.9-B). Kod PRD i RDI biljaka došlo je do redukcije broja cvetova za 32.1% i 33.1% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u broju cvetova između RDI i FI biljaka ($P<0.01$), kao i između PRD i FI biljaka ($P<0.01$). Značajan uticaj na broj cvetova imali su genotip ($P<0.001$), tretman ($P<0.001$), kao i interakcija genotipa i tretmana.



Slika 5.8 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na broj cvetnih grana (A) i broj cvetova (B) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁



Slika 5.9 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na broj cvetnih grana (A) i broj cvetova (B) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Astona F₁

5.1.3.2 Parametri prinosa

Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na prinos kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ prikazan je u Tab.5.1.

Kod PRD biljaka broj plodova bio je veći, dok je kod RDI biljaka broj plodova bio manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Broj plodova kod RDI, PRD i FI bio je 9.7, 11.7 i 11.0 na kraju eksperimenta, tako da je kod RDI biljaka broj plodova bio manji za 11.8%, dok je kod PRD biljaka došlo do povećanja broja plodova za 6.0% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u broju plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Kod PRD i RDI biljaka prečnik plodova bio je manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Prečnik plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 62.3mm, 72.5mm i 77.4mm na kraju eksperimenta (Tab.5.1), tako da je kod RDI i PRD biljaka prečnik plodova bio manji za 19.5% i 6.3% u odnosu na prečnik plodova kontrolnih biljaka, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u prečniku plodova samo između RDI i FI biljaka ($P < 0.05$).

Kod PRD i RDI biljaka sveža masa plodova bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sveža masa plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 190.0g, 323.0g i 422.0g na kraju eksperimenta (Tab.5.1), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do redukcije sveže mase plodova za 23.5% i preko 100% u odnosu na svežu masu plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u svežoj masi plodova i to između PRD i FI biljaka ($P < 0.05$), PRD i RDI biljaka ($P < 0.01$) i RDI i FI biljaka ($P < 0.001$).

Kod PRD i RDI biljaka suva masa plodova po biljci bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Suva masa plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 17.2g, 25.8g i 29.5g na kraju eksperimenta (Tab.5.1), tako da je kod PRD i RDI biljaka suva masa plodova bila manja za 12.5% i 41.7% u odnosu na suhu masu plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi plodova i to između PRD i RDI biljaka ($P < 0.05$) i RDI i FI biljaka ($P < 0.01$).

Dobijeni rezultati su pokazali da je PRD tretman u manjoj meri redukovao prinos u poređenju sa rastenjem vegetativnih organa u odnosu na kontrolu kod hibrida Sunpak F₁. Takođe PRD tretman je u manjoj meri redukovao prinos u poređenju sa RDI tretmanom.

Tabela 5.1 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na prinos biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: P<0.05, P<0.01, P<0.001).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Broj plodova po biljci	9.7±0.7	11.7±2.0	11.0±1.5
Prečnik plodova (mm)	62.3±5.0*	72.5±0.9	77.4±2.5
Sveža masa plodova po biljci (g)	190.0±16.2***	323.0±17.5*	422.0±16.5
Suva masa plodova po biljci (g)	17.2±1.5**	25.8±1.4	29.5±1.2

Uticaj različitih tretmana (RDI, PRD i FI) na prinos kod biljaka paradajza hibrida Astona F₁ prikazan je u Tab.5.2.

Kod PRD i RDI biljaka broj plodova bio je manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Broj plodova po biljci kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 8.0, 8.3 i 9.0 na kraju eksperimenta (Tab.5.2), tako da je kod RDI i PRD biljaka broj plodova bio manji za 11.1% i 7.8% u odnosu na broj plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u broju plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Kod PRD i RDI biljaka prečnik plodova bio je manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Prečnik plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 52.4mm, 52.5mm i 61.5mm na kraju eksperimenta (Tab.5.2), tako da je kod RDI i PRD biljaka prečnik plodova bio manji za 14.8% i 14.6% u odnosu na prečnik plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u prečniku plodova samo između RDI i FI biljaka (P<0.05).

Kod PRD i RDI biljaka sveža masa plodova bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sveža masa plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 254.0g, 314.0g i 419.0g na kraju eksperimenta (Tab.5.2), tako da je kod RDI i PRD biljaka sveža masa plodova bila manja za 39.4% i 25.1% u odnosu na svežu masu plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u svežoj masi plodova i to samo između RDI i FI biljaka (P<0.05).

Kod PRD i RDI biljaka suva masa plodova bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Suva masa plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 21.7g, 24.1g i 28.0g na kraju eksperimenta (Tab.5.2), tako da je kod RDI i PRD biljaka suva masa plodova bila

manja za 12.5% i 13.9% u odnosu na suhu masu plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi plodova i to između PRD i RDI biljaka ($P<0.05$) i RDI i FI biljaka ($P<0.05$).

Tabela 5.2 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na prinos biljaka paradajza hibrida Astona F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Broj plodova po biljci	8.0±0.6	8.3±0.9	9.0±0.6
Prečnik plodova (mm)	52.4±1.1*	52.5±2.3	61.5±2.9
Sveža masa plodova po biljci (g)	254.0±39.7*	314.0±27.3	419.0±29.9
Suva masa plodova po biljci (g)	21.7±0.5*	24.1±0.7	28.0±1.9

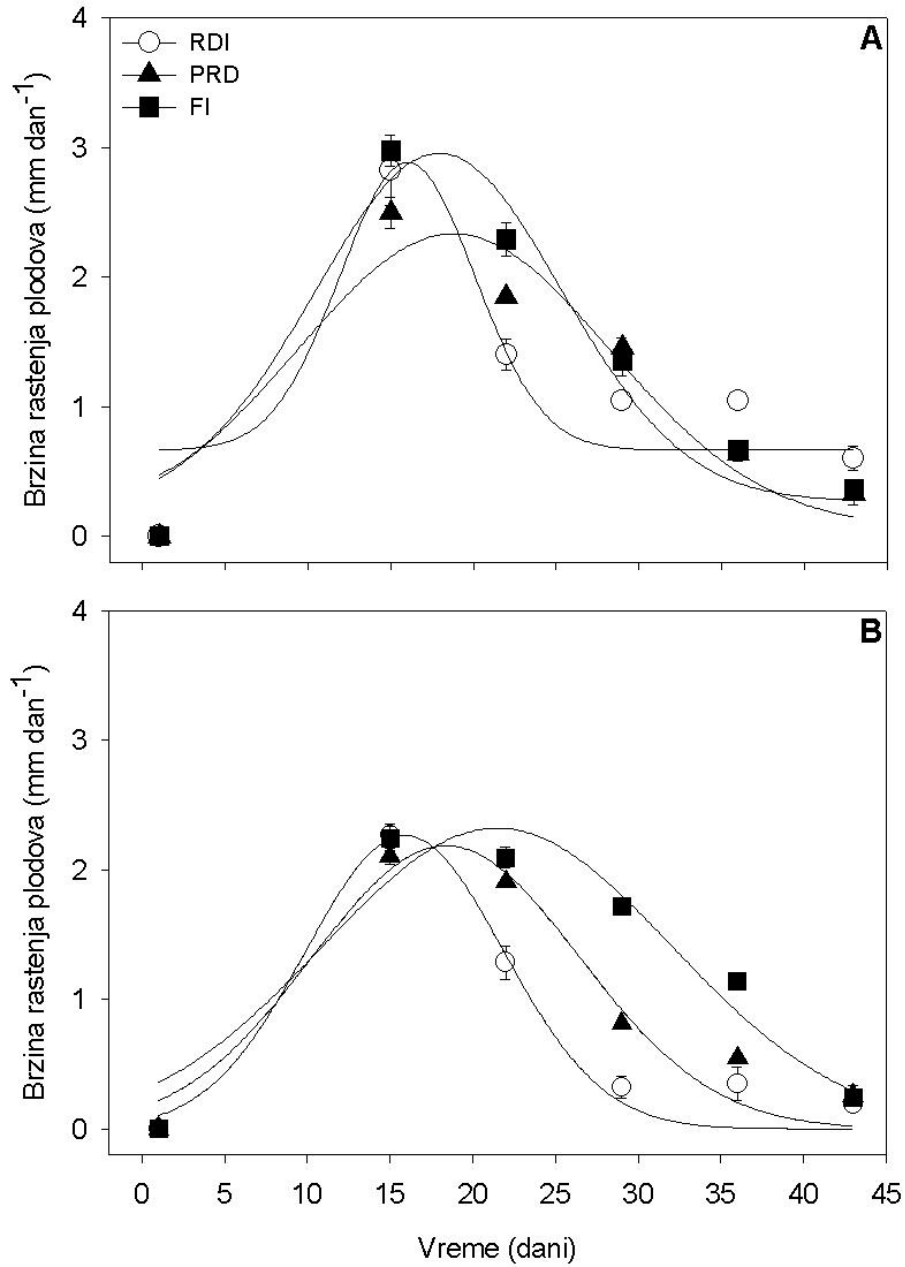
Dobijeni rezultati su pokazali da je hibrid Astona F₁ bio manje osjetljiv na uticaj PRD i RDI tretmana koji su u manjoj meri redukovali prinos kod ovog hibrida u odnosu na hibrid Sunpak F₁. Utvrđen je značajan uticaj genotip na broj plodova ($P<0.05$), prečnik plodova ($P<0.001$), dok nije utvrđen značajan uticaj genotipa na svežu i suhu masu plodova. Tretman je imao značajan uticaj na svežu i suhu masu plodova ($P<0.001$), kao i na prečnik plodova ($P<0.01$), dok nije imao značajan uticaj na broj plodova. Interakcija genotipa i tretmana nije imala značajan uticaj na ispitivane parametre.

5.1.3.3 *Brzina rastenja plodova*

Uticaoj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na brzinu rastenja plodova u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ i Astona F₁ prikazan je na Sl.5.10.

Kod hibrida Sunpak F₁ brzina rastenja plodova kod RDI biljaka dostigla je maksimum 15-og dana, dok je kod FI i PRD biljaka maksimum dostignut 22-og dana od pojave plodova. Maksimalne brzine rastenja bile su slične kod RDI i FI biljaka (2.8 i 3.0mm po danu), dok je kod PRD biljaka bila nešto niža (2.5mm po danu) (Sl.5.10-A). Kod RDI biljaka došlo je skraćivanja faze brzog rastenja plodova u poređenju sa PRD i FI biljkama. Brz rast plodova počeo je deset dana od pojave i trajao narednih deset dana. Posle tog perioda plodovi su bili potpuno razvijeni i dostigli su prečnik od 59.6mm (Tab.5.1). Prečnik se nije značajnije menjao u fazi sazreivanja. Kod PRD i FI biljaka došlo je do produživanja faze ubrzanog rastenja plodova za dodatne dve nedelje, što je za rezultat imalo plodove značajno većeg prečnika (72.5mm i 77.4mm) (Tab.5.1) u odnosu na prečnik plodova kod RDI biljaka.

Kod hibrida Astona F₁ brzina rastenja plodova kod RDI biljaka dostigla je maksimum 15-og dana, dok je kod kontrolnih biljaka maksimum dostignut 22-og dana a kod PRD biljaka između 15 i 22 dana od pojave plodova. Maksimalne brzine rastenja bile su slične kod biljaka sva tri tretmana navodnjavanja (PRD, RDI i FI-1.9, 2.3 i 2.3mm po danu) (Sl.5.10-B). Kod RDI i PRD biljaka došlo je skraćivanja faze brzog rastenja plodova u poređenju sa kontrolnim biljkama. Brz rast plodova počeo je deset dana od pojave i trajao narednih deset dana kod RDI biljaka, a 15 dana kod PRD biljaka. Posle tog perioda plodovi su bili potpuno razvijeni i dostigli su prečnik od 52.4mm i 52.5mm (Tab.5.2). Prečnik se nije značajnije menjao u fazi sazreivanja. Kod kontrolnih biljaka došlo je do produživanja faze ubrzanog rastenja plodova, što je za rezultat imalo plodove značajno većeg prečnika (61.5mm) u odnosu na prečnik plodova kod RDI i PRD biljaka (Tab.5.2).



Slika 5.10 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na brzinu rastenja plodova u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ (A) i Astona F₁ (B)

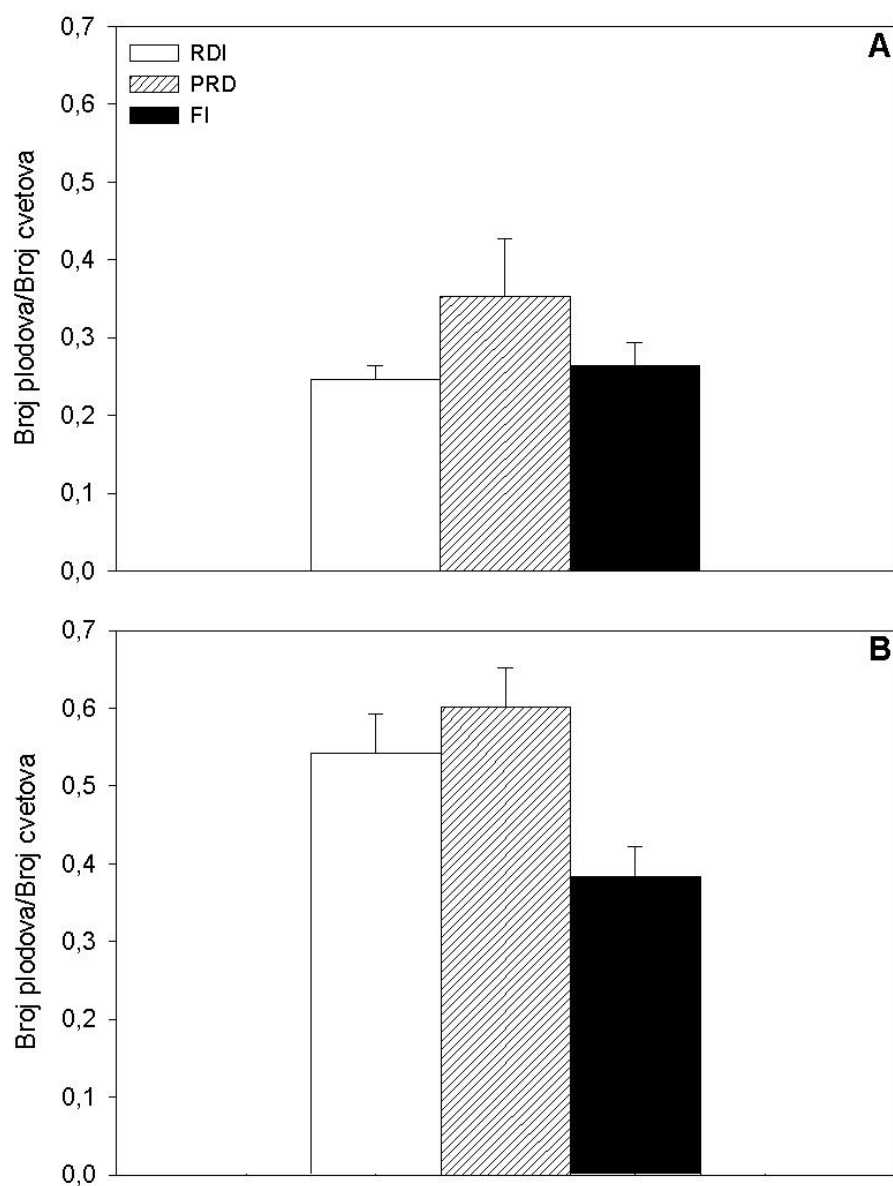
5.1.3.4 Odnos broja plodova i cvetova

Uticaoj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na odnos broja plodova i cvetova kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ i Astona F₁ prikazan je na Sl.5.11.

Kod PRD biljaka na kraju eksperimenta odnos broja plodova i cvetova bio je veći, dok je kod RDI biljaka bio manji u poređenju sa kontrolnim biljkama hibrida Sunpak F₁. Odnos broja plodova i cvetova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 0.2, 0.4 i 0.3 (Sl.5.11-A), tako da je kod RDI biljaka došlo do redukcije odnosa broja plodova i cvetova za 33.3%, dok je kod PRD biljaka došlo do povećanja odnosa broja plodova i cvetova za 33.3% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u odnosu broja plodova i cvetova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Kod PRD i RDI biljaka na kraju eksperimenta odnos broja plodova i cvetova bio je veći u poređenju sa kontrolnim biljkama hibrida Astona F₁. Odnos broja plodova i cvetova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 0.5, 0.6 i 0.4 (Sl.5.11-B), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja odnosa broja plodova i cvetova za 33.3% i 20% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika samo između PRD i FI biljaka ($P < 0.05$).

Dobijeni rezultati su pokazali da je PRD tretman kod oba ispitivana hibrida smanjio abortivnost cvetova u poređenju sa kontrolom, međutim značajna razlika se ispoljila samo kod hibrida Astona F₁, dok RDI tretmana nije značajno smanjio, niti povećao odnos broja plodova i cvetova u odnosu na kontrolne biljke kod testiranih hibrida. Značajan uticaj na odnos broja plodova i cvetova imali su genotip ($P < 0.001$) i tretman ($P < 0.05$), dok interakcija genotipa i tretmana nije imala značajan uticaj na odnos broja plodova i cvetova.



Slika 5.11 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na odnos broja plodova i broja cvetova kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ (A) i Astona F₁ (B)

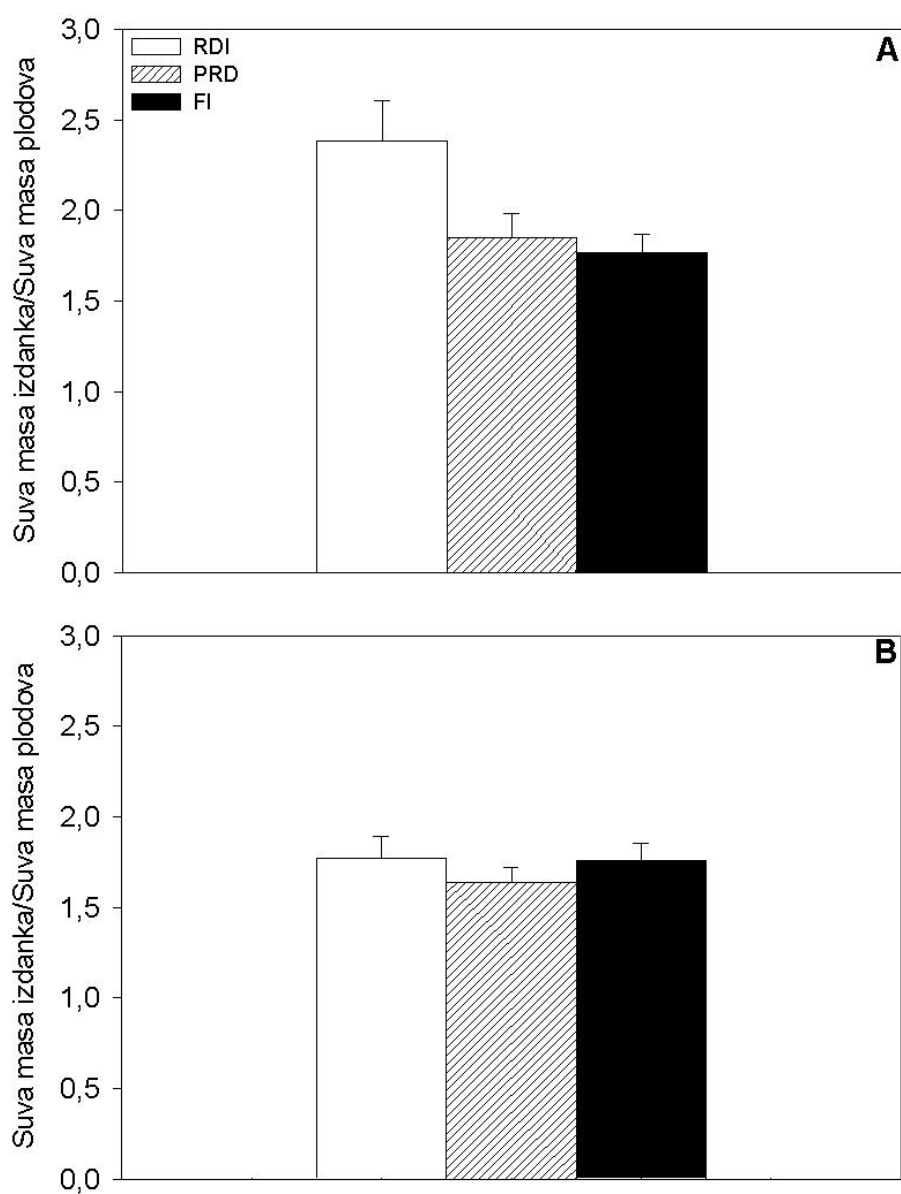
5.1.4 Odnos suve mase izdanka i plodova

Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na odnos suve mase izdanka i plodova kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ i Astona F₁ prikazan je na Sl.5.12.

Kod RDI biljaka na kraju eksperimenta odnos suve mase izdanka i plodova bio je veći, dok je kod PRD biljaka bio isti u poređenju sa kontrolnim biljkama hibrida Sunpak F₁. Odnos suve mase izdanka i suve mase plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 2.4, 1.8 i 1.8 (Sl.5.12-A), tako da je kod RDI biljaka došlo do povećanja odnosa suve mase izdanka i suve mase plodova za 25.0% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u odnosu suve mase izdanka i plodova i to samo između FI i RDI biljaka ($P < 0.05$).

Kod PRD biljaka na kraju eksperimenta odnos suve mase izdanka i plodova bio je manji, dok je kod RDI biljaka bio isti u poređenju sa kontrolnim biljkama hibrida Astona F₁. Odnos suve mase izdanka i suve mase plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 1.8, 1.6 i 1.8 (Sl.5.12-B), tako da je kod PRD biljaka došlo do redukcije odnosa suve mase izdanka i suve mase plodova za 11.1% u odnosu na kontrolne i RDI biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u odnosu suve mase izdanka i suve mase plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Dobijeni rezultati su pokazali da je kod PRD biljaka transport asimilata ka plodovima bio sličan u odnosu na kontrolne biljke kod oba testirana hibrida, dok je kod RDI biljaka transport asimilata ka plodovima bio značajno manji kod hibrida Sunpak F₁, odnosno bio je značajno veći odnos suve mase izdanka i plodova u odnosu na kontrolne biljke. Hibrid Astona F₁ imao je manju suhu masu izdanka, dok je prinos bio isti, čak i nešto veći kod RDI tretmana u odnosu na hibrid Sunpak F₁. Značajan uticaj na odnos suve mase izdanka i suve mase plodova imali su genotip ($P < 0.001$) i interakcija genotipa i tretmana ($P < 0.01$), dok sam tretman nije imao značajan uticaj na odnos suve mase izdanka i suve mase plodova.



Slika 5.12 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na odnos suve mase izdanka i plodova kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ (A) i Astona F₁ (B)

5.1.5 Efikasnost korišćenja vode

Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na efikasnost korišćenja vode (WUE_c) kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F_1 i Astona F_1 prikazan je u Tab.5.3.

Količina utrošene vode za zalivanje kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 25.0, 25.0 i 50.0 litara po biljci u toku vegetacione sezone kod oba testirana hibrida (Tab.5.3). Kod PRD i RDI biljaka došlo je do značajne redukcije količine utrošene vode za navodnjavanje za 50% u odnosu na kontrolne biljke. Kod PRD i RDI biljaka WUE_c je bila veća u poređenju sa kontrolnim biljkama hibrida Sunpak F_1 i Astona F_1 . WUE_c kod RDI, PRD i FI biljaka hibrida Sunpak F_1 bila je 0.7, 1.0 i 0.6 na kraju eksperimenta (Tab.5.3), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja efikasnosti korišćenja vode za 40% i 14.3% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u efikasnosti korišćenja vode i to između PRD i FI biljaka ($P<0.01$) i RDI i PRD biljaka ($P<0.05$). WUE_c kod RDI, PRD i FI biljaka hibrida Astona F_1 bila je 0.9, 1.0 i 0.5 na kraju eksperimenta (Tab.5.3), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja efikasnosti korišćenja vode za 50% i 44.4% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u efikasnosti korišćenja vode i to između PRD i FI biljaka ($P<0.001$), RDI i PRD biljaka ($P<0.05$) i RDI i FI biljaka ($P<0.001$).

Značajan uticaj na WUE_c imali su tretman ($P<0.001$) i interakcija genotipa i tretmana ($P<0.01$), dok genotip nije imao značajan uticaj na WUE_c .

Tabela 5.3 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja na efikasnost korišćenja vode (WUE_c) biljaka paradajza hibrida Sunpak F_1 i Astona F_1 (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Utrošena voda po biljci (L)	25.0±0.0***	25.0±0.0***	50.0±0.0
WUE_c (Sunpak F_1)	0.7±0.06	1.0±0.06**	0.6±0.02
WUE_c (Astona F_1)	0.9±0.02***	1.0±0.03***	0.5±0.01

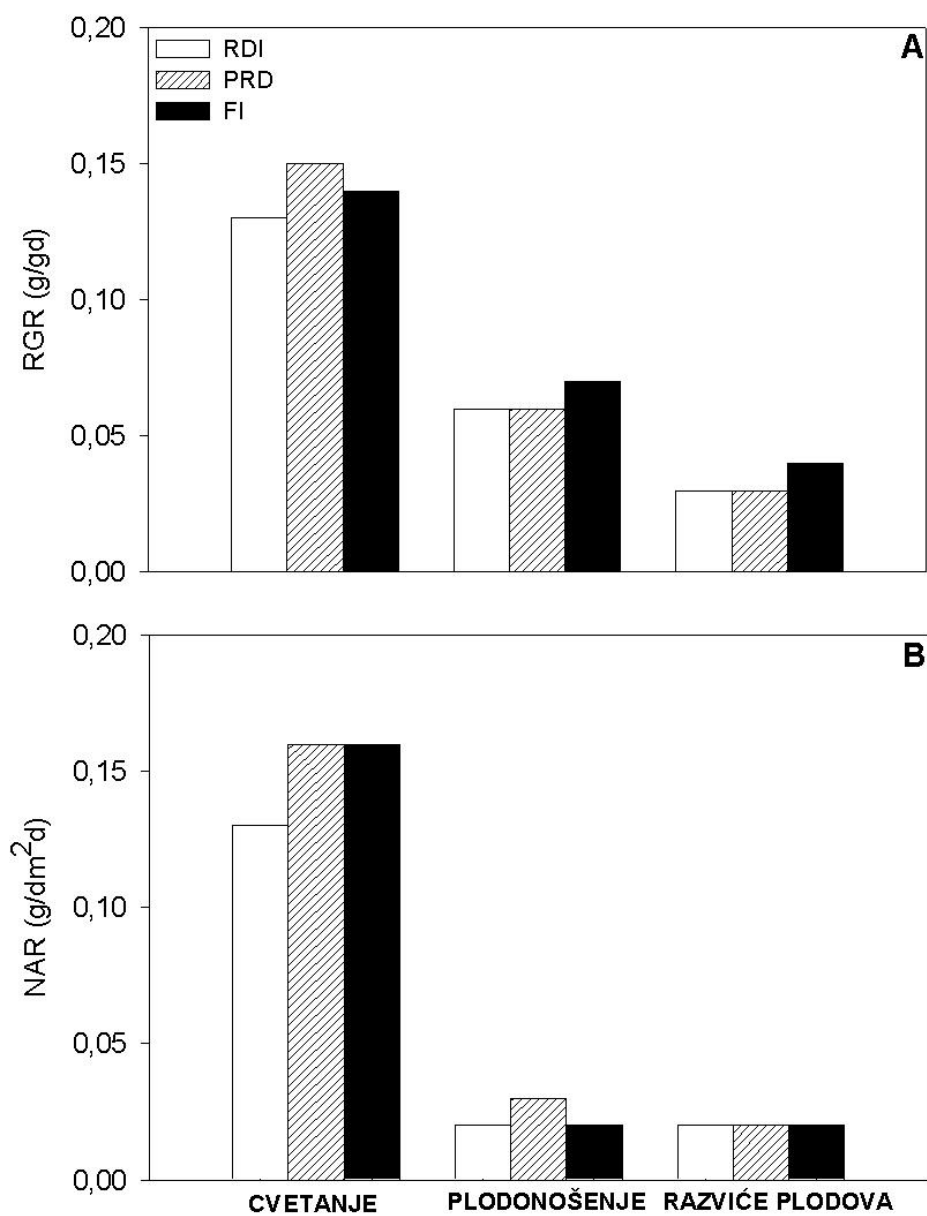
5.1.6 Parametari produktivnosti

5.1.6.1 *Relativna brzina rastenja-RGR i brzina neto asimilacije-NAR*

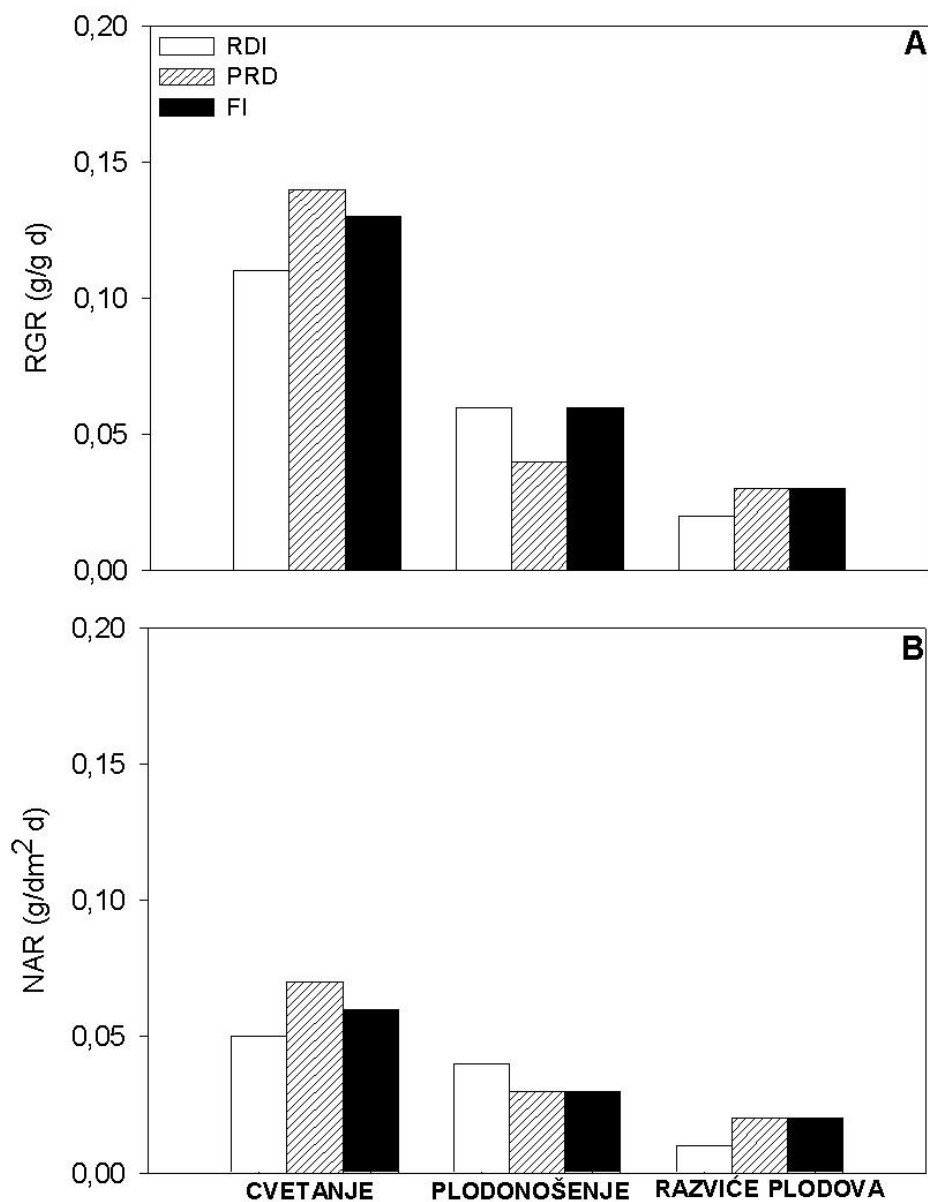
Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na relativnu brzinu rastenja (RGR) i brzinu neto asimilacije (NAR) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ i hibrida Astona F₁ prikazan je na Sl.5.13 i 5.14.

Relativna brzina rastenja je imala maksimalne vrednosti u periodu cvetanja, i postepeno je opadala ka kraju vegetacije, to jest u fazama plodonošenja i razvića plodova kod oba testirana hibrida (Sl.5.13-A i 5.14-A). Kod PRD i RDI biljaka relativna brzina rastenja je u svim fazama bila slična kontrolnim biljkama kod oba testirana hibrida. Pri tome nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrednostima dobijenim za različite tretmane (RDI, PRD i FI) koje su bile 0.13, 0.15 i 0.14 g/gd u fazi cvetanja kod biljaka hibrida Sunpak F₁ (Sl. 5.13-A). Kod biljaka hibrida Astona F₁ vrednosti za različite tretmane (RDI, PRD i FI) bile su slične vrednostima za predhodni hibrid i iznosile su u fazi cvetanja 0.11, 0.14 i 0.13 g/gd (Sl.5.14-A). Nije utvrđen značajan uticaj tretmana, genotipa kao i interakcije genotipa i tretmana na relativnu brzinu rastenja ni u jednoj ispitivanoj fazi.

Rezultati merenja brzine neto asimilacije su pokazali da je kao i kod RGR postojao maksimum u fazi cvetanja i da su vrednosti ovog parametra opadale idući ka kraju vegetacije (Sl.5.13-B i Sl.5.14-B). Kod PRD i RDI biljaka brzina neto asimilacije je u svim fazama bila slična kontrolnim biljkama kod oba testirana hibrida. Tako nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrednostima dobijenim za različite tretmane (RDI, PRD i FI) koje su u fazi cvetanja kod biljaka hibrida Sunpak F₁ bile 0.13, 0.16 i 0.16 g/dm²d (Sl.5.13-B). U istoj fazi kod biljaka hibrida Astona F₁ izmerene su znatno niže vrednosti NAR za različite tretmane (RDI, PRD i FI) i to 0.05, 0.07 i 0.06 g/dm²d (Sl.5.14-B). Utvrđen je značajan uticaj genotipa samo u fazi cvetanja (P<0.01), ali ne i tretmana, kao i interakcije genotipa i tretmana na brzinu neto asimilacije.



Slika 5.13 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na relativnu brzinu rastenja-RGR (A) i brzinu neto asimilacije-NAR (B) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁



Slika 5.14 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na relativnu brzinu rasteња-RGR (A) i brzinu neto asimilacije-NAR (B) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Astona F₁

5.1.6.2 Relativna lisna površina-LAR, specifična lisna površina-SLA i odnos lisne mase-LWR

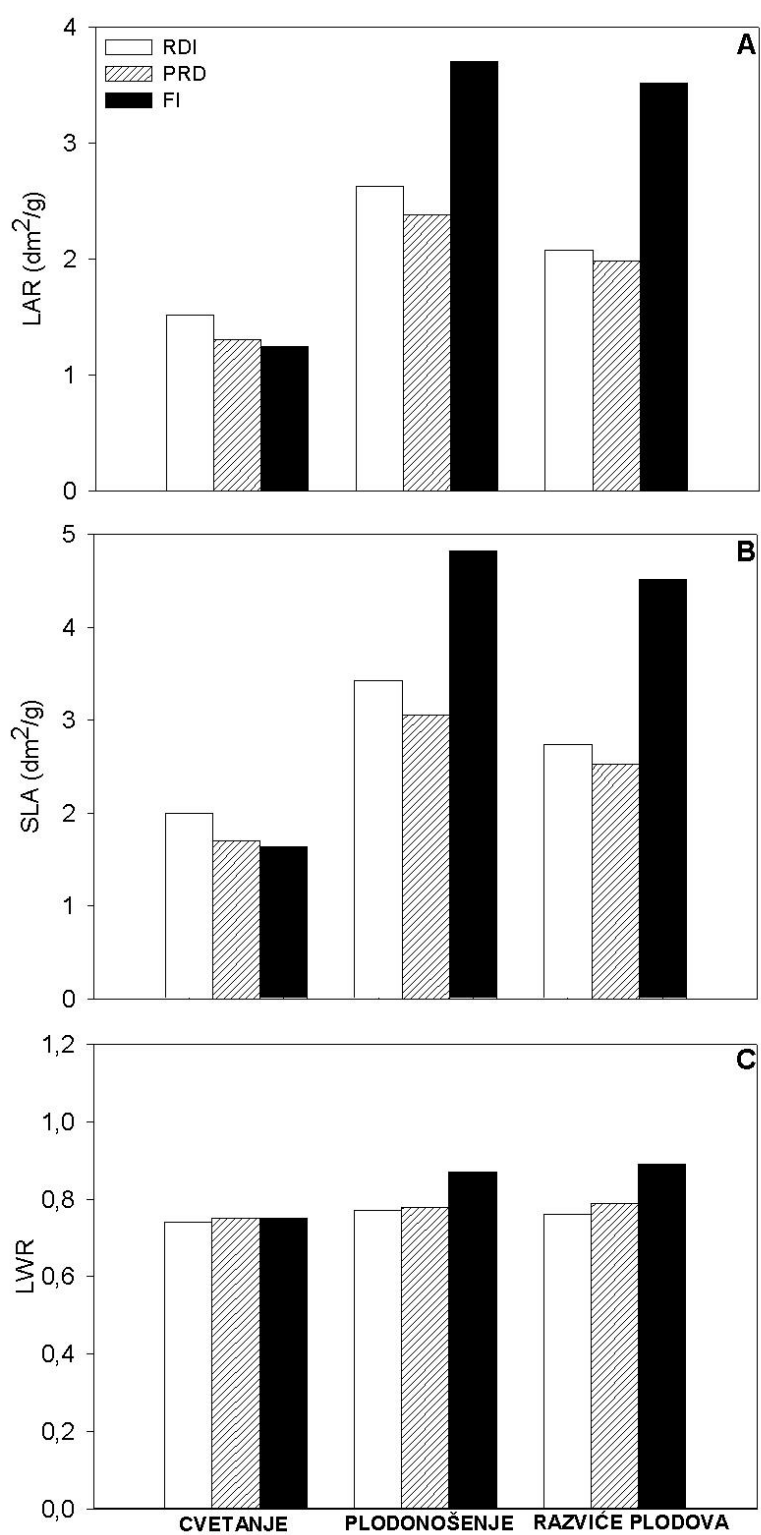
Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na relativnu lisnu površinu (LAR) i njene komponente specifičnu lisnu površinu (SLA) i odnos lisne mase (LWR) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ i hibrida Astona F₁ prikazan je na Sl.5.15 i 5.16.

Rezultati merenja relativne lisne površine su pokazali da su kod kontrolnih biljaka hibrida Sunpak F₁ u fazi cvetanja utvrđene više vrednosti ovog parametra u odnosu na biljke hibrida Astona F₁. U toku eksperimenta kod biljaka hibrida Sunpak F₁ došlo je do porasta relativne lisne površine, dok je kod hibrida Astona F₁ došlo do opadanja vrednosti ovog parametra do kraja eksperimenta. Kod PRD i RDI biljaka LAR je imala slične vrednosti u fazi cvetanja, dok je u fazi plodonošenja i razvića plodova bila manja u poređenju sa kontrolnim biljkama kod hibrida Sunpak F₁, dok je kod hibrida Astona F₁ bila slična kod svih tretmana u svim ispitivanim fazama (Sl.5.15-B i Sl.5.16-B). Pri tome dobijene vrednosti LAR kod hibrida Sunpak F₁ kod RDI, PRD i FI biljaka su bile slične u fazi cvetanja, dok su kod RDI i PRD biljaka bile niže u odnosu na kontrolne biljke u fazi plodonošenja (2.6, 2.0 i 3.7 dm²/g) i u u fazi razvića plodova (2.1, 2.0 i 3.5 dm²/g) (Sl.5.10-B). Značajna razlika t-testom je utvrđena između PRD i FI biljaka (P<0.05) i RDI i FI biljaka (P<0.05) u fazama plodonošenja i razvića plodova. Kod biljaka hibrida Astona F₁ vrednosti kod RDI, PRD i FI biljaka bile su slične u svim ispitivanim fazama (fazi cvetanja, fazi plodonošenja i fazi razvića plodova) (Sl.5.16-B), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u relativnoj lisnoj površini između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Značajan uticaj imao je genotip na LAR u svim ispitivanim fazama (P<0.05), ali ne i tretman kao i interakcija genotipa i tretmana.

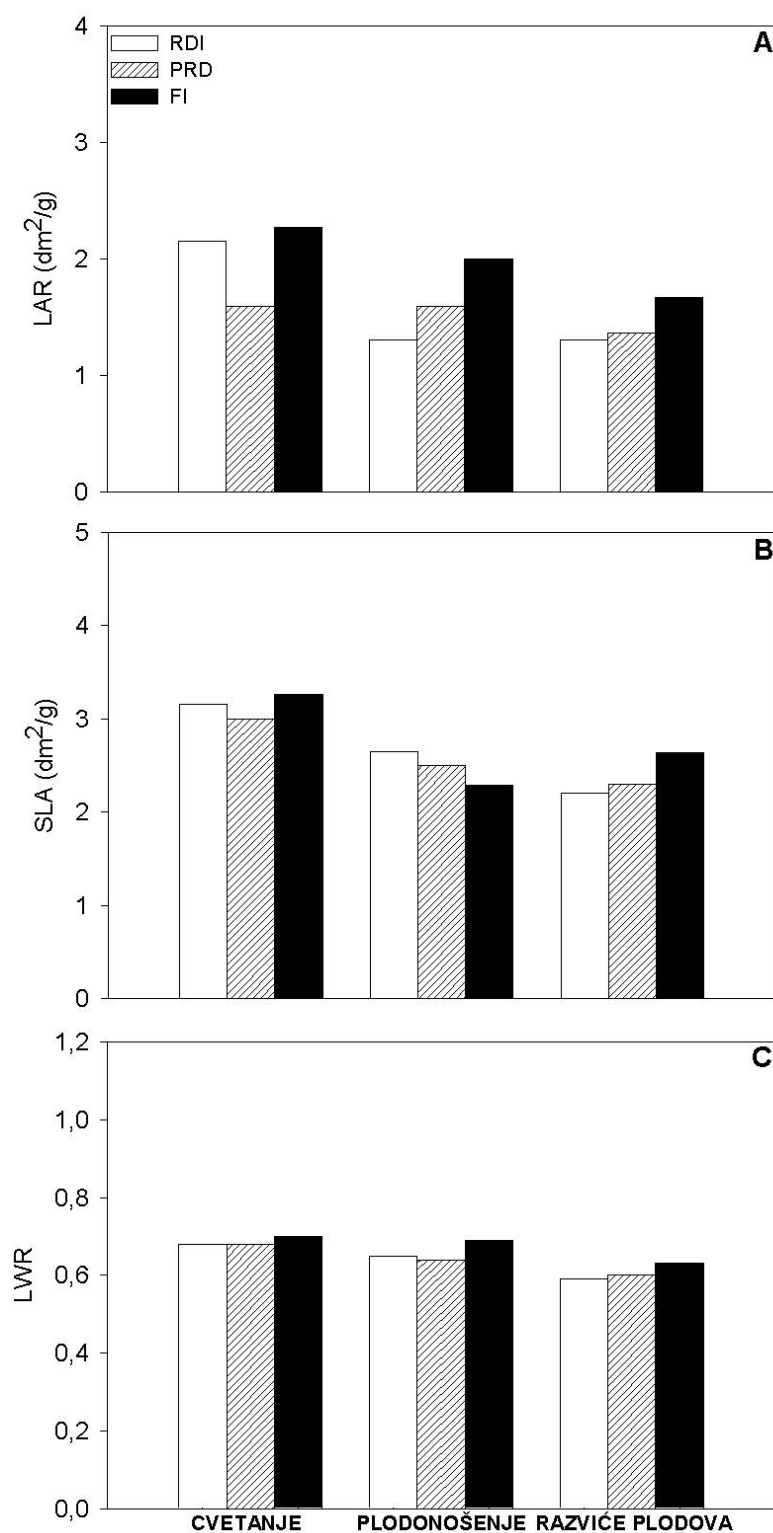
Specifična lisna površina (SLA) je imala isti trend tokom vegetacije kao i relativna površina lista kod oba ispitivana hibrida. SLA je kod PRD i RDI biljaka bila slična u fazi cvetanja, dok je u fazi plodonošenja i razvića plodova bila manja u poređenju sa kontrolnim biljkama kod hibrida Sunpak F₁, a kod hibrida Astona F₁ je bila slična kod svih tretmana u svim ispitivanim fazama (Sl.5.15-A i 5.16-A). Kod biljaka hibrida Sunpak F₁ SLA je imala minimum u periodu cvetanja, dok je maksimum imala u fazi plodonošenja (Sl. 5.15-A). Pri tome dobijene vrednostima SLA za različite tretmane (RDI, PRD i FI) su bile slične u fazi cvetanja, dok su bile niže kod RDI i PRD biljaka u odnosu na kontrolne biljke u fazi plodonošenja (3.4, 3.1 i 4.8 dm²/g) i u fazi razvića plodova (2.7, 2.5 i 4.5

dm²/g). Utvrđena je t-testom značajna razlika u specifičnoj lisnoj površini između PRD i FI biljaka ($P < 0.05$) i RDI i FI biljaka ($P < 0.05$) u fazama plodonošenja i razvića plodova. Kod biljaka hibrida Astona F₁ vrednosti za različite tretmane (RDI, PRD i FI) bile su slične u svim ispitivanim fazama (Sl.5.16-A), pri čemu nije utvrđena značajna razlika između testiranih tretmana. Značajan uticaj na specifičnu lisnu površinu imao je genotip u svim ispitivanim fazama ($P < 0.05$), ali ne i tretman kao ni interakcija genotipa i tretmana.

Rezultati merenja odnosa lisne mase (LWR) su bili slični kod svih tretmana u svim ispitivanim fazama kod oba testirana hibrida u poređenju sa kontrolnim biljkama (Sl.5.15-C i 5.16-C). Nije utvrđen značajan uticaj genotipa, tretmana, kao ni interakcije genotipa i tretmana na LWR.



Slika 5.15 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na relativnu lisnu površinu-LAR (A), specifičnu lisnu površinu-SLA (B) i odnos lisne mase-LWR u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁

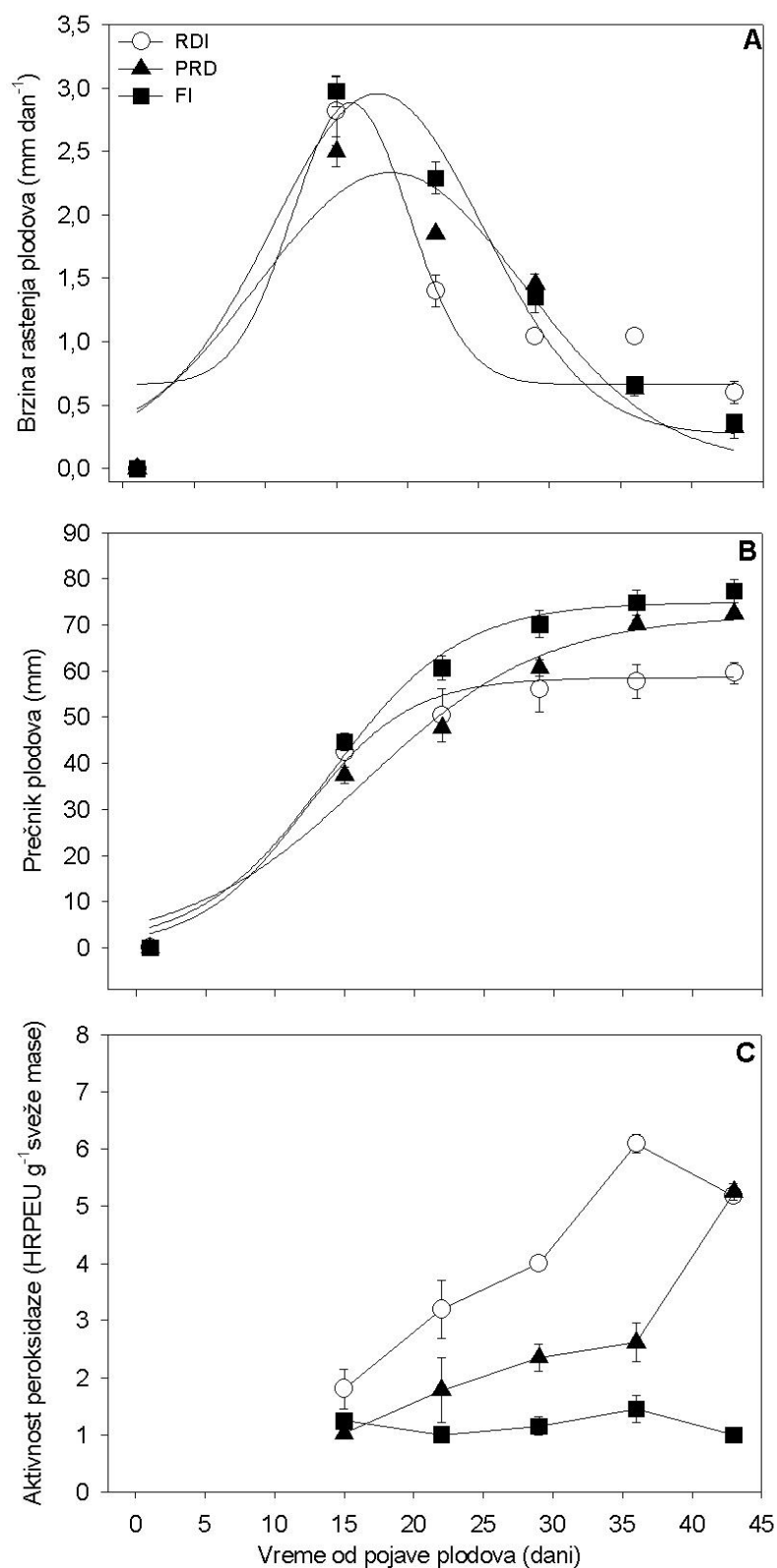


Slika 5.16 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na relativnu lisnu površinu-LAR (A), specifičnu lisnu površinu-SLA (B) i odnos lisne mase-LWR (C) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Astona F₁

5.1.7 Aktivnost peroksidaze u različitim fazama razvića ploda

Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na brzinu rasteanja plodova, prečnik plodova i aktivnost enzima peroksidaze u egzokarpu plodova u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ prikazan je na Sl.5.17.

Maksimalna brzina rasteanja plodova kod PRD biljaka bila je manja, dok je kod RDI biljaka bila slična u poređenju sa kontrolnim biljkama. Brzina rasteanja plodova kod RDI biljaka dostigla je maksimum 15-og dana, dok je kod kontrolnih i PRD biljaka maksimum dostignut 22-og dana od pojave plodova. Maksimalna brzinarasteanja kod RDI i kontrolnih biljaka bila je slična (2.8mm po danu i 3.0mm po danu), dok je kod PRD biljaka bila nešto niža (2.5mm po danu) (Sl.5.17-A). Kod RDI biljaka došlo je skraćivanja faze brzog rasteanja plodova, odnosno eksponencijalne faze u kojoj dolazi do izduživanja ćelija egzokarpa, a što se manifestuje intenzivnim porastom prečnika plodova u poređenju sa PRD i kontrolnim biljkama. Brz rast plodova počeo je deset dana od pojave i trajao narednih deset dana. Posle tog perioda plodovi su bili potpuno razvijeni i dostigli su prečnik od 59.6mm (Sl.5.17-B). Prečnik se nije značajnije menjao u fazi sazrevanja. Kod PRD i kontrolnih biljaka došlo je do produživanja faze ubrzanog rasteanja plodova za dodatne dve nedelje, što je za rezultat imalo plodove značajno većeg prečnika (72.5mm i 77.4mm) u odnosu na plodove RDI biljaka (Sl.5.17-B). T-testom je utvrđena značajna razlika u prečniku plodova između FI i RDI biljaka ($P < 0.05$) i PRD i RDI biljaka ($P < 0.05$). Generalno, aktivnost peroksidaze je bila značajno veća u plodovima RDI i PRD biljaka u poređenju sa aktivnošću peroksidaze u plodovima kontrolnih biljaka (Sl.5.17-C). U plodovima RDI biljaka aktivnost peroksidaze počela je da raste 15-og dana, upravo kada je rasteanje plodova počelo opadati. Maksimum aktivnosti od 6.1 HRPEU g⁻¹sveže mase izmeren je u fazi potpune razvijenosti plodova (36-og dana) kada je brzina rasteanja plodova bila minimalna. Nasuprot rezultati kod PRD biljaka su pokazali da se rapidno povećanje aktivnosti peroksidaze u plodovima javilo neposredno posle 36-og dana u vreme kada je brzina rasteanja plodova opala. Maksimum aktivnosti od 5.3 HRPEU g⁻¹sveže mase izmeren je 43-eg takođe kada su plodovi bili potpuno razvijeni i prestali sa rasteanjem (Sl.5.17-C). Ovakvi rezultati su ukazali na različitu ulogu ispitivanog enzima na rasteanje plodova kod PRD i RDI tretiranih biljaka. Međutim u toku eksperimenta (od 15-og do 43-eg dana posle pojave plodova) dobijeni rezultati nisu pokazali značajne razlike u aktivnosti peroksidaze u plodovima kontrolnih biljaka, zato što su plodovi kontinuirano rasli u toku celog eksperimenta (Sl.5.17-C).



Slika 5.17 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na brzinu rasteња plodova (A), prečnik plodova (B) i aktivnost peroksidaze u egzokarpu plodova (C) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁

Značajan uticaj imali su tretman, vreme, kao i interakcije tretmana i vremena na brzinu rastanja plodova ($P<0.001$), prečnik plodova ($P<0.05$) i aktivnost peroksidaze u egzokarpu plodova ($P<0.001$).

5.1.8 Sadržaj biogenih elemenata u različitim organima biljaka paradajza

5.1.8.1 Listovi

Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na sadržaj biogenih elemenata (N, K, P, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn i Cu) u listovima kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ prikazan je u Tab.5.4.

Sadržaj azota (N) u listovima kod PRD i RDI biljaka bio je manji u poređenju sa kontrolnim biljkama za 4.5% i 47.7% (Tab.5.4), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju azota u listovima između RDI i PRD biljaka ($P<0.001$), RDI i FI biljaka ($P<0.001$) i PRD i FI biljaka ($P<0.05$). Sadržaj kalijuma (K) u listovima kod PRD biljaka bio je manji za 27%, dok je u listovima kod RDI biljaka bio isti u poređenju sa kontrolnim biljkama i iznosio je 6.3% (Tab.5.4), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju kalijuma u listovima između RDI i PRD biljaka ($P<0.05$) i PRD i FI biljaka ($P<0.05$). Sadržaj fosfora (P) u listovima kod PRD i RDI biljaka bio je 1% i bio je veoma sličan u poređenju sa kontrolnim biljkama kod kojih je iznosio 1.1% (Tab.5.4), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju fosfora u listovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj magnezijuma (Mg) u listovima kod PRD i RDI biljaka bio je manji u poređenju sa kontrolnim biljkama za 20% i 10% (Tab.5.4), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju magnezijuma u listovima između RDI i PRD biljaka ($P<0.05$), RDI i FI biljaka ($P<0.05$) i PRD i FI biljaka ($P<0.001$). Sadržaj kalcijuma (Ca) u listovima kod PRD biljaka bio je manji za 19.2%, dok je u listovima kod RDI biljaka bio isti u poređenju sa kontrolnim biljkama i iznosio je 4.4% (Tab.5.4), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju kalcijuma u listovima između RDI i PRD biljaka ($P<0.05$) i PRD i FI biljaka ($P<0.05$). Sadržaj gvožđa (Fe) u listovima kod PRD biljaka bio je manji za 19.0%, dok je u listovima RDI biljaka bio veći za 11.1% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.4), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju gvožđa u listovima samo između RDI i PRD biljaka ($P<0.05$). Sadržaj mangana (Mn) u listovima kod PRD i RDI biljaka bio je manji za 14.1% i 8.5% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.4), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju mangana u listovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj cinka (Zn)

u listovima kod PRD i RDI biljaka bio je manji za 5.5% i 16.2% u poređenju sa kontrolnim biljkama, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju cinka u listovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj bakra (Cu) u listovima kod PRD i RDI biljaka bio je manji za 39.4% i 34.8% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.4), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju bakra u listovima između RDI i FI biljaka ($P<0.05$) i PRD i FI biljaka ($P<0.01$).

Utvrđeno je da je tretman imao značajan uticaj na sadržaj N ($P<0.001$), K ($P<0.01$), Mg ($P<0.001$), Ca ($P<0.01$), Fe ($P<0.05$) i Cu ($P<0.001$), dok nije imao značajan uticaj na sadržaj P, Mn i Zn u listovima. Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD biljke sadržale značajno manje N, K, Mg, Ca i Cu, dok nije bilo značajne razlike u sadržaju ostalih elemenata u listovima u poređenju sa kontrolnim biljkama. Takođe, dobijeni rezultati su pokazali da su RDI biljke sadržale značajno manje N, Mg i Cu, dok nije bilo značajne razlike u sadržaju ostalih elemenata u listovima u poređenju sa kontrolnim biljkama.

Tabela 5.4 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na sadržaj biogenih elemenata u listovima biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

Biogeni elementi	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
N (%)	4.6±0.15***	8.4±0.07*	8.8±0.12
K (%)	6.3±0.19	4.6±0.41*	6.3±0.13
P (%)	1.0±0.01	1.0±0.03	1.1±0.04
Mg (%)	0.9±0.01*	0.8±0.02***	1.0±0.02
Ca (%)	4.4±0.01	3.6±0.2*	4.4±0.06
Fe (ppm)	130.5±2.50	98.3±5.55	121.3±10.53
Mn (ppm)	279.0±5.00	262.0±13.58	305.0±14.00
Zn (ppm)	45.5±2.50	51.3±4.91	54.3±1.76
Cu (ppm)	4.3±0.05*	4.0±0.15**	6.6±0.32

5.1.8.2 *Stablo*

Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na sadržaj biogenih elemenata (N, K, P, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn i Cu) u stablu kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ prikazan je u Tab.5.5.

Sadržaj azota (N) u stablu kod PRD biljaka bio je veći za 29.6%, dok je u stablu kod RDI biljaka bio manji za 28.9% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.5), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju azota u stablu samo između RDI i PRD biljaka ($P < 0.001$). Sadržaj kalijuma (K) u stablu kod PRD biljaka bio je manji za 17.4%, dok je u stablu kod RDI biljaka bio veoma sličan u poređenju sa kontrolnim biljkama i iznosio je 7% (Tab.5.5), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju kalijuma u stablu samo između FI i PRD biljaka ($P < 0.01$). Sadržaj fosfora (P) u stablu kod PRD i RDI biljaka bio je manji za 16.7% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.5), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju fosfora u stablu između PRD i FI biljaka ($P < 0.05$) i RDI i FI biljaka ($P < 0.05$). Sadržaj magnezijuma (Mg) u stablu kod PRD i RDI biljaka bio je manji za 28.6% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.5), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju magnezijuma u stablu između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj kalcijuma (Ca) u stablu kod PRD i RDI biljaka bio je manji za 28.6% i 33.3% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.5), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju kalcijuma u stablu između FI i PRD biljaka ($P < 0.01$) i FI i RDI biljaka ($P < 0.05$). Sadržaj gvožđa (Fe) u stablu kod PRD i RDI biljaka bio je manji za 24.2% i 15.3% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.5), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju gvožđa u stablu samo između FI i PRD biljaka ($P < 0.05$). Sadržaj mangana (Mn) u stablu kod PRD i RDI biljaka bio je manji za 35.5% i 32.5% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.5), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju mangana u stablu između PRD i FI biljaka ($P < 0.01$), kao i između RDI i FI biljaka ($P < 0.05$). Sadržaj cinka (Zn) u stablu kod PRD i RDI biljaka bio je manji za 28.9% i 38.6% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.5), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju cinka u stablu između PRD i FI biljaka ($P < 0.05$), RDI i FI biljaka ($P < 0.05$), kao i između PRD i RDI biljaka ($P < 0.05$). Sadržaj bakra (Cu) u stablu kod PRD i RDI biljaka tretmana bio je manji za 30.9% i 64.7% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.5), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju bakra u stablu između RDI i FI biljaka ($P < 0.05$) i PRD i RDI biljaka ($P < 0.001$).

Utvrđeno je da je tretman imao značajan uticaj na sadržaj N ($P<0.05$), P ($P<0.01$), Ca ($P<0.01$), Mn ($P<0.01$), Zn ($P<0.01$) i Cu ($P<0.05$), dok nije imao značajan uticaj na sadržaj K, Mg i Fe u stablu. Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD biljke sadržale značajno manje K, P, Ca, Fe, Mn i Zn, dok nije bilo značajne razlike u sadržaju ostalih elemenata u stablu u poređenju sa kontrolnim biljkama. Takođe, dobijeni rezultati su pokazali da su RDI biljke sadržale značajno manje P, Ca i Mn, Zn i Cu, dok nije bilo značajne razlike u sadržaju ostalih elemenata u stablu u poređenju sa kontrolnim biljkama.

Tabela 5.5 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na sadržaj biogenih elemenata u stablu biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

Biogeni elementi	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
N (%)	2.7±0.04	5.4±0.09	3.8±0.81
K (%)	7.0±0.74	5.7±0.12**	6.9±0.21
P (%)	1.0±0.01*	1.0±0.00*	1.2±0.04
Mg (%)	0.5±0.02	0.5±0.02	0.7±0.01
Ca (%)	1.4±0.13*	1.5±0.02**	2.1±0.12
Fe (ppm)	80.7±13.30	72.7±2.40*	95.3±7.84
Mn (ppm)	103.3±6.74*	98.7±2.60**	153.0±10.79
Zn (ppm)	94.3±3.53*	109.3±2.60*	153.7±14.67
Cu (ppm)	2.4±0.07*	4.7±0.09	6.8±1.30

5.1.8.3 Koren

Uticaoj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na sadržaj biogenih elemenata (N, K, P, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn i Cu) u korenu kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ prikazan je u Tab.5.6.

Sadržaj azota (N) u korenu kod PRD biljaka bio je veći za 115%, dok je u korenu biljaka RDI tretmana imao slične vrednosti u poređenju sa kontrolnim biljkama i iznosio je 2.2% (Tab.5.6), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju azota u korenu između RDI i PRD biljaka ($P < 0.001$) i PRD i FI biljaka ($P < 0.001$). Sadržaj kalijuma (K) u korenu kod PRD biljaka bio je manji za 7.4%, dok je u korenu kod RDI biljaka bio isti u poređenju sa kontrolnim biljkama i iznosio je 2.7% (Tab.5.6), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju kalijuma u korenu između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj fosfora (P) u korenu kod PRD i RDI biljaka bio je isti kao i kod kontrolnih biljaka i iznosio je 0.6% (Tab.5.6). Sadržaj magnezijuma (Mg) u korenu kod PRD biljaka bio je veći za 25.0%, dok je u korenu kod RDI biljaka bio isti u poređenju sa kontrolnim biljkama i iznosio je 0.3% (Tab.5.6), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju magnezijuma u korenu samo između PRD i RDI biljaka ($P < 0.05$). Sadržaj kalcijuma (Ca) u korenu kod PRD biljaka bio je isti i iznosio je 1.1%, dok je u korenu kod RDI biljaka bio veći za 27.3% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.6), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju kalcijuma u korenu između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj gvožđa (Fe) u korenu kod PRD biljaka bio je manji za 18.9%, dok je u korenu kod RDI biljaka bio veći za 63.5% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.6), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju gvožđa u korenu samo između FI i PRD biljaka ($P < 0.05$). Sadržaj mangana (Mn) u korenu kod PRD i RDI biljaka bio je veći za 2.9% i 14.7% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.6), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju mangana u korenu između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj cinka (Zn) u korenu kod PRD i RDI biljaka bio je veći za 4.9% i 14.5% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.6), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju cinka u korenu između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj bakra (Cu) u listovima kod PRD i RDI biljaka bio je manji za 28.8% i 23.3% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.6), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju bakra u korenu između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Utvrđen je značajan uticaj tretmana na sadržaj N ($P<0.001$), dok nije utvrđen njegov značajan uticaj na sadržaj P, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn i Cu u korenu. Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD biljke sadržale značajno više N, značajno manje Fe, dok nije bilo značajne razlike u sadržaju ostalih elemenata u stablu u poređenju sa kontrolnim biljkama. Takođe, dobijeni rezultati su pokazali da se kod RDI biljaka sadržaj svih testiranih elemenata u korenu nije značajno razlikovao od sadržaja datih elemenata u korenu kontrolnih biljaka.

Tabela 5.6 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na sadržaj biogenih elemenata u korenu biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

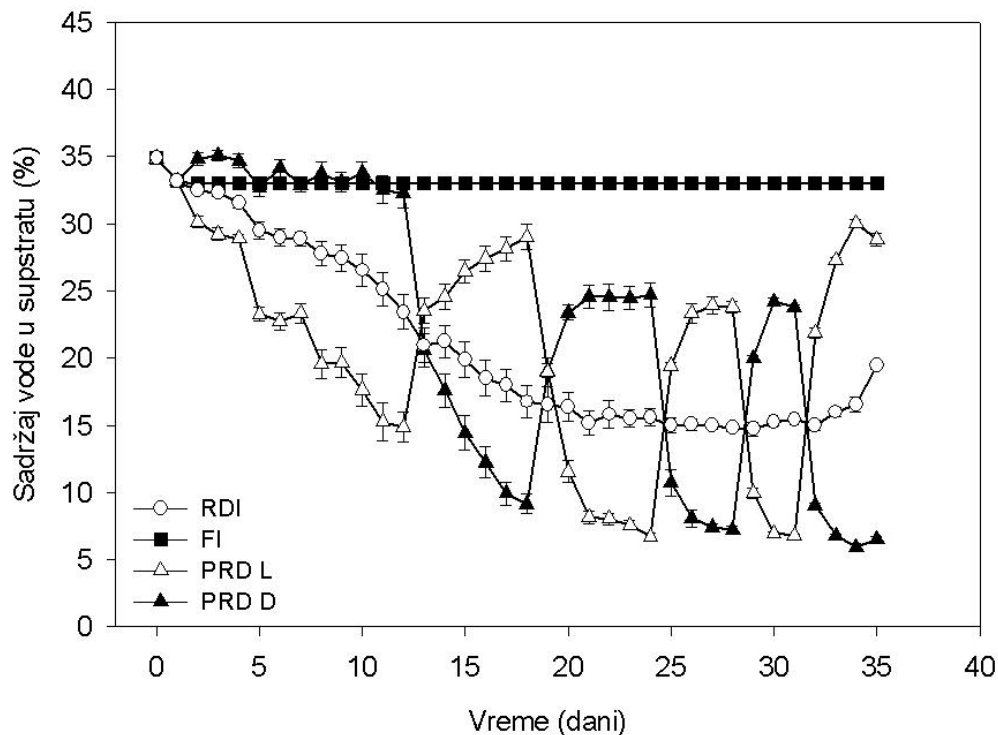
Biogeni elementi	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
N (%)	2.2±0.16	4.3±0.18***	2.0±0.06
K (%)	2.7±0.03	2.5±0.17	2.7±0.04
P (%)	0.6±0.04	0.6±0.01	0.6±0.02
Mg (%)	0.3±0.02	0.4±0.02	0.3±0.07
Ca (%)	1.4±0.09	1.1±0.07	1.1±0.09
Fe (ppm)	135.7±25.22	67.7±3.18*	83.5±1.50
Mn (ppm)	106.7±11.10	95.7±4.63	93.0±17.00
Zn (ppm)	63.0±5.69	57.7±5.36	55.0±10.00
Cu (ppm)	5.6±0.60	5.2±0.46	7.3±1.00

5.2 Eksperiment u stakleniku

5.2.1 Vodni status supstrata

Promene u sadržaju vode (θ) u supstratu kod RDI, PRD i FI biljaka u toku eksperimenta prikazane su na S1.5.18.

Generalno, vrednosti sadržaja vode u supstratu su bile značajno niže kod RDI biljaka i u nenavodnjavanoj strani kod PRD biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama. Dnevni tok sadržaja vode u supstratu kod kontrolnih biljaka posle navodnjavanja održavao se blizu poljskog vodnog kapaciteta (33%), dok je sadržaj vode u supstratu kod RDI biljaka opadao tokom prvih 21 dan, da bi se posle tog perioda do kraja eksperimenta sadržaj vode u supstratu održavao između 14% i 16%.



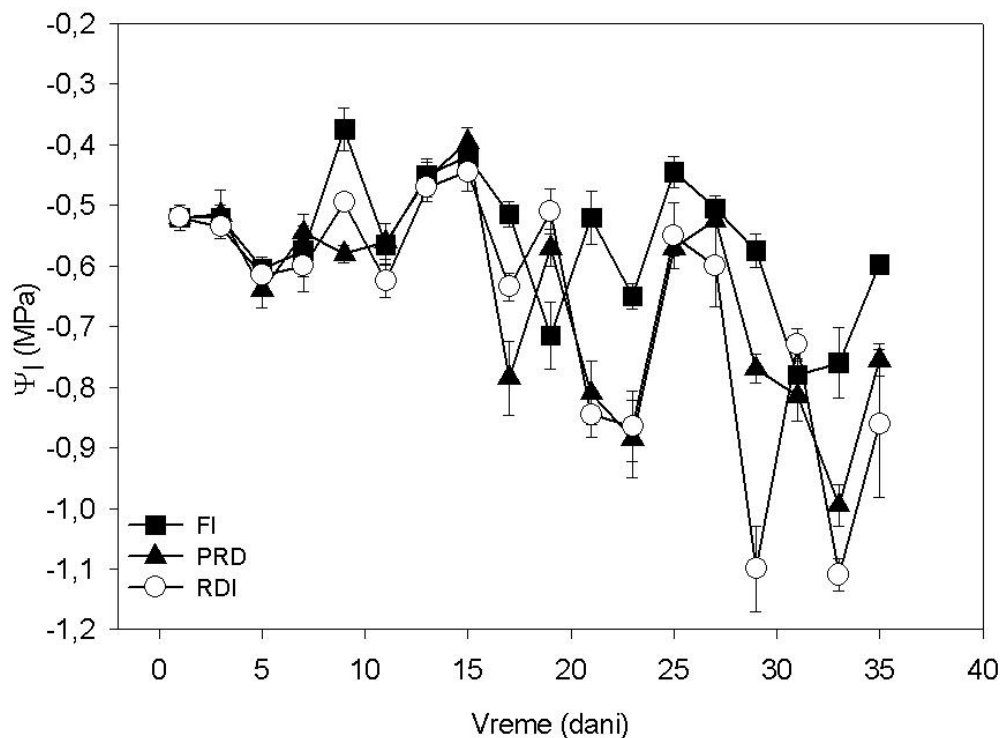
Slika 5.18. Promene u sadržaju vode u supstratu za RDI, PRD i FI tretmane navodnjavanja u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁

Razlike u sadržaju vode u supstratu između navodnjavane i nenavodnjavane strane kod PRD biljaka su bile značajne tokom celog eksperimenta. Bez obzira na velike razlike u sadržaju vode između dve strane kod PRD biljaka, srednja vrednost sadržaja vode u celoj

rizosferi bila je veoma slična kao kod RDI biljaka, što je i za očekivati jer je količina vode korišćena za navodnjavanje bila ista za oba tretmana. U navodnjavanoj strani PRD biljaka sadržaj vode u supstratu je bio sličan sadržaju vode u supstratu kontrolnih biljaka samo u početnoj fazi eksperimenta. Posle prve promene kod PRD biljaka, sadržaj vode navodnjavane strane bio je niži za 3-8% u odnosu sadržaj vode u supstratu kod kontrolnih biljaka.

5.2.2 Vodni potencijal listova

Na Sl.5.19 prikazane su promene u vodnom potencijalu listova (Ψ_1) biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ u toku eksperimenta nastale pod uticajem RDI, PRD, FI tretmana navodnjavanja. Ovaj parametar je ispitivan sa ciljem praćenja promena u vodnom režimu ispitivanih biljaka.



Slika 5.19. Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na vodni potencijal listova (Ψ_1) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁

Kod PRD i RDI biljaka Ψ_1 je bio niži u poređenju sa kontrolnim biljkama (Sl.5.19). Sa slike 5.19 se veoma jasno se vidi da je Ψ_1 bio veoma sličan kod RDI, PRD i kontrolnih biljaka do 17-og dana eksperimenta. Iza tog perioda, Ψ_1 je počeo opadati kod PRD i RDI

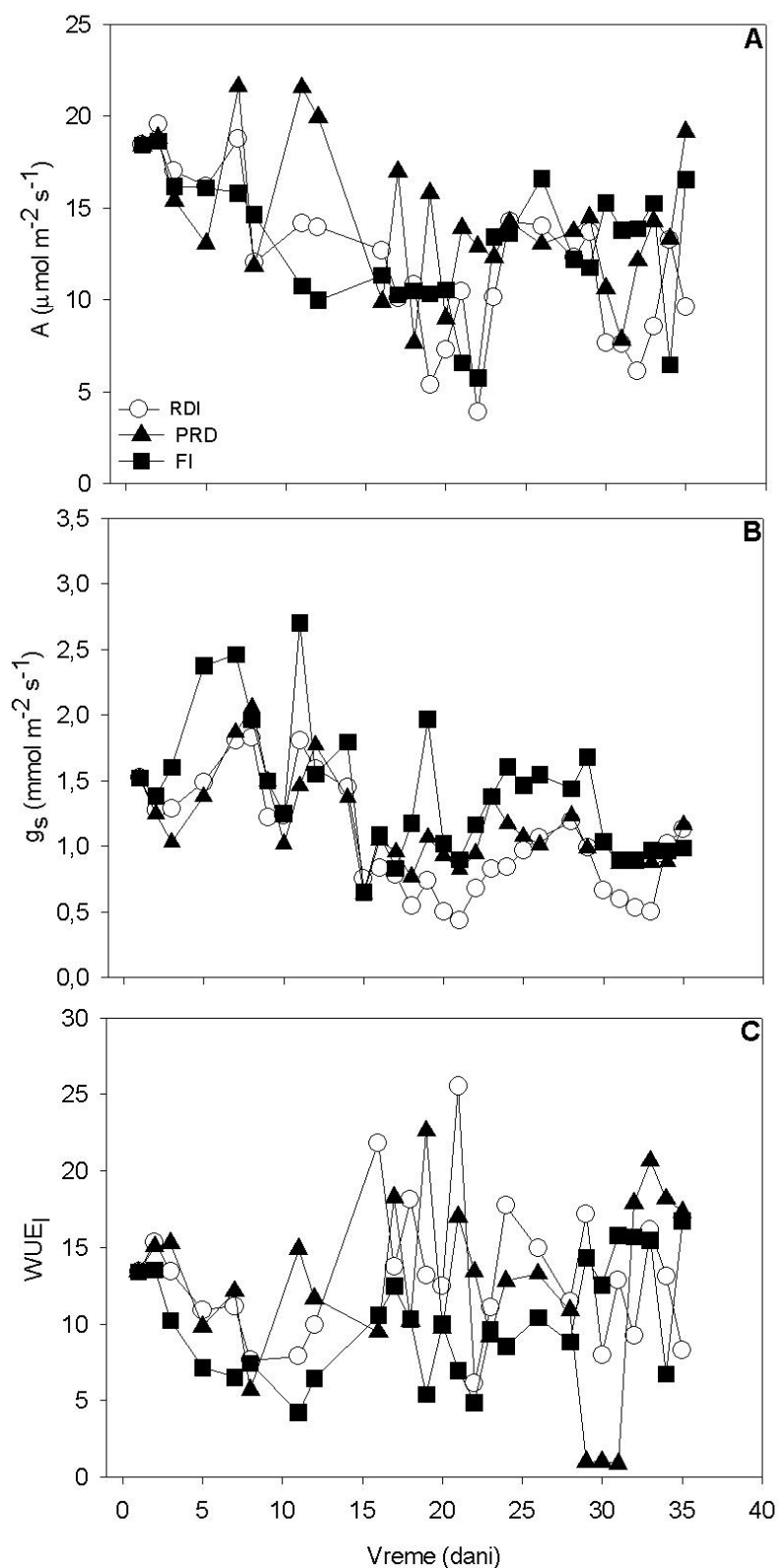
biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama, kada je i sadržaj vode u zalivanoj strani PRD biljaka i u celoj rizosferi RDI biljaka značajno opao (Sl.5.18). PRD biljke u kasnoj fazi eksperimenta bolje su održavale Ψ_1 u odnosu na RDI biljke. Utvrđen je značajan uticaj tretmana ($P<0.001$), vremena ($P<0.001$), kao i interakcija vremena i tretmana ($P<0.001$) na Ψ_1 .

5.2.3 Intenzitet fotosinteze, provodljivost stoma i efikasnost korišćenja vode

Na Sl.5.20 prikazane su promene u intenzitetu fotosinteze (A), provodljivosti stoma (g_s) i efikasnosti korišćenja vode na nivou lista (WUE_l) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁, a koje su nastale pod uticajem RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja.

Generalno, kod PRD biljaka vrednosti intenziteta fotosinteze u toku eksperimenta bile su veće, dok su kod RDI biljaka bile slične vrednostima intenziteta fotosinteze kod kontrolnih biljaka. Samo u četiri od ukupno 31-og merenja intenzitet fotosinteze je bio značajno niži kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolne biljke (Sl.5.20-A). Utvrđen je značajan uticaj tretmana ($P<0.01$), vremena ($P<0.001$), kao i interakcija vremena i tretmana ($P<0.05$) na intenzitet fotosinteze. Kod PRD i RDI biljaka vrednosti provodljivosti stoma u toku eksperimenta bile su niže u poređenju sa kontrolnim biljkama, i to naročito u kasnoj fazi eksperimenta. U poređenju sa kontrolnim biljkama, g_s je bila statistički značajno niža kod PRD i RDI biljaka 8 odnosno 12 od ukupno 31-og merenja (Sl.5.20-B). Utvrđen je značajan uticaj tretmana ($P<0.001$), vremena ($P<0.001$), kao i interakcija vremena i tretmana ($P<0.01$) na g_s .

Kod PRD i RDI biljaka vrednosti WUE_l u toku eksperimenta bile su veće u poređenju sa kontrolnim biljkama (Sl.5.20-C). Kao posledica različitih postupaka zalivanja biljaka došlo je do povećanja WUE_l kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolne biljke, što je u negativnoj korelaciji sa g_s . Utvrđen je značajan uticaj tretmana ($P<0.05$), vremena ($P<0.001$), kao i interakcija vremena i tretmana ($P<0.01$) na WUE_l .

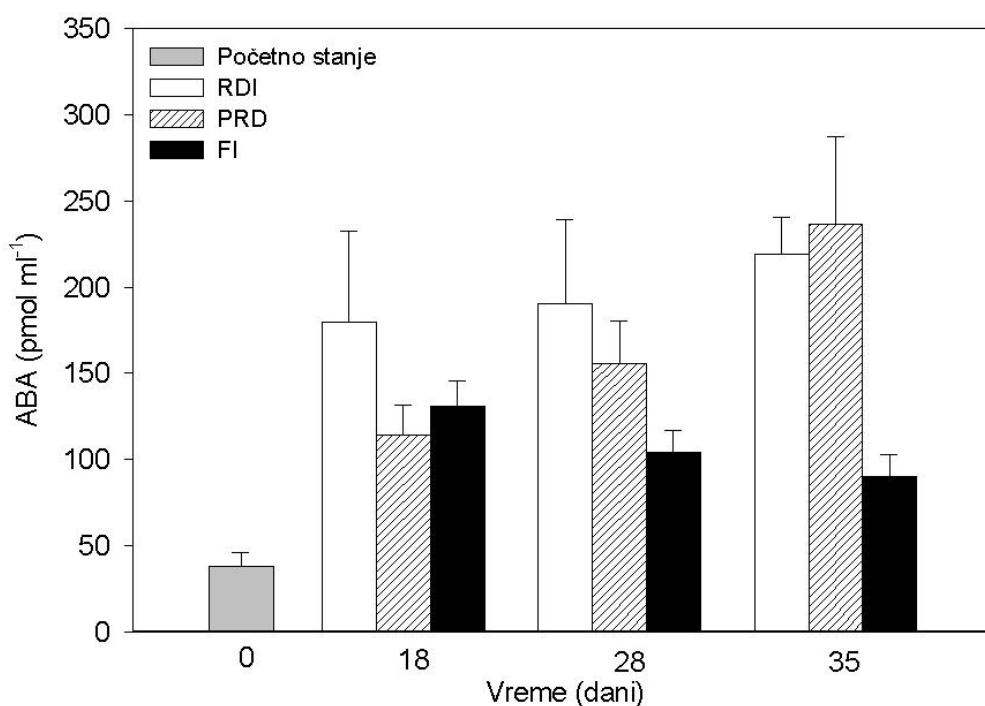


Slika 5.20 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na intenzitet fotosinteze-A (A), provodljivost stoma- g_s (B) i efikasnost korišćenja vode- WUE_I (C) u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁

5.2.4 Sadržaj abscisinske kiseline u ksilemu

Na Sl.5.21 prikazane su promene u sadržaju abscisinske kiseline (ABA) u ksilemu biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ u toku eksperimenta nastale pod uticajem RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja.

Od ukupno tri merenja, samo u poslednjem merenju, kada su vrednosti sadržaja ABA u ksilemu kod PRD, RDI i FI biljaka bile 236.3pmolml⁻¹, 218.8pmolml⁻¹ i 90.0pmolml⁻¹, t-testom su utvrđene statistički značajne razlike u sadržaju ABA u ksilemu između PRD i FI biljaka ($P<0.05$) i RDI i FI biljaka ($P<0.01$), dok između PRD i RDI biljaka nije utvrđena statistički značajna razlika u sadržaju ABA u ksilemu. Utvrđeno je da su značajan uticaj na sadržaj ABA u ksilemu imali tretman ($P<0.01$) i vreme ($P<0.001$), dok interakcija vremena i tretmana nije imala statistički značajan uticaj na sadržaj ABA u ksilemu.



Slika 5.21 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na sadržaj abscisinske kiseline (ABA) u ksilemu u toku eksperimenta kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁

5.2.5 Rastenje vegetativnih organa

Uticao RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na rastenje vegetativnih organa kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ prikazan je u Tab.5.7.

Kod PRD i RDI biljaka sveža masa listova bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sveža masa listova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 224.5g, 204.5g i 241.3g na kraju eksperimenta (Tab.5.7), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do smanjenja sveže mase listova za 14.3% i 7% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u svežoj masi listova samo između PRD i FI biljaka ($P < 0.001$).

Kod PRD i RDI biljaka suva masa listova bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Suva masa listova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 32.7g, 30.1g i 34.4g na kraju eksperimenta (Tab.5.7), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do smanjenja suve mase listova za 12.5% i 4.9% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi listova samo između PRD i FI biljaka ($P < 0.05$).

Kod PRD i RDI biljaka sveža masa stabla bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sveža masa stabla kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 108.4g, 104.7g i 119.9g na kraju eksperimenta (Tab.5.7), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do smanjenja sveže mase stabla za 12,7% i 9.6% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u svežoj masi stabla samo između PRD i FI biljaka ($P < 0.01$).

Kod PRD i RDI biljaka suva masa stabla bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Suva masa stabla kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 18.2g, 17.0g i 18.7g na kraju eksperimenta (Tab.5.7), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do smanjenja suve mase stabla za 9.1% i 2.7% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena statistički značajna razlika u suvoj masi stabla između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD i RDI tretmani uticali na redukciju rasteња vegetativnih organa biljaka paradajza u odnosu na kontrolu. PRD tretman je u većoj meri redukovao rastenje vegetativnih organa u odnosu na RDI tretman. Utvrđeno je da je tretman imao značajan uticaj na svežu masu listova ($P < 0.001$) i stabla ($P < 0.05$), dok nije utvrđen značajan uticaj tretmana na suhu masu listova stabla.

Tabela 5.7 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na rastenje vegetativnih organa kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: P<0.05, P<0.01, P<0.001).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Sveža masa listova po biljci (g)	224.5±7.5	204.5±5.9***	241.3±5.2
Suva masa listova po biljci (g)	32.7±1.4	30.1±1.4*	34.4±1.4
Sveža masa stabla po biljci (g)	108.4±4.9	104.7±2.8**	119.9±4.2
Suva masa stabla po biljci (g)	18.2±1.0	17.0±0.8	18.7±1.2

5.2.6 Parameri prinosa

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na prinos biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ prikazan je u Tab.5.8.

Broj plodova kod PRD biljaka bio je manji, dok je kod RDI biljaka bio nešto veći u poređenju sa kontrolnim biljkama. Broj plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 9.0, 7.4 i 8.8 na kraju eksperimenta (Tab.5.8), tako da je kod RDI biljaka došlo do povećanja broja plodova za 2.2%, dok je kod PRD biljaka došlo do redukcije broja plodova za 15.9% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u broju plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Prečnik plodova kod PRD i RDI biljaka bio je manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Prečnik plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 49.3mm, 57.5mm i 63.1mm na kraju eksperimenta (Tab.5.8), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do smanjenja prečnika plodova za 8.9% i 21.9%, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u prečniku plodova između PRD i RDI biljaka (P<0.05) i RDI i FI biljaka (P<0.01). RDI tretman je u većoj meri redukovao prečnik plodova u odnosu na PRD tretman.

Sveža masa plodova kod PRD i RDI biljaka bila je manja u odnosu na kontrolne biljke. Sveže mase plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 401.4g, 430.9g i 652.8g na kraju eksperimenta (Tab.5.8), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do redukcije sveže

mase plodova za 31.1% i 38.5%, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u svežoj masi plodova i to između PRD i FI biljaka ($P<0.001$) i FI i RDI biljaka ($P<0.001$).

Suva masa plodova kod PRD i RDI biljaka bila je manja u odnosu na kontrolne biljke. Suva masa plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 36.0g, 36.1g i 44.1g na kraju eksperimenta (Tab.5.8), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do redukcije suve mase plodova za 18.1% i 18.4%, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi plodova i to između PRD i FI biljaka ($P<0.01$) i RDI i FI biljaka ($P<0.05$).

Tabela 5.8 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na parametre prinosa kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Broj plodova po biljci	9.0±1.1	7.4±0.6	8.8±0.6
Prečnik ploda (mm)	49.3±2.8**	57.5±1.5	63.1±2.8
Sveža masa plodova po biljci (g)	401.4±40.0***	430.9±31.7***	652.8±28.8
Suva masa plodova po biljci (g)	36.0±2.3*	36.1±1.3**	44.1±1.8

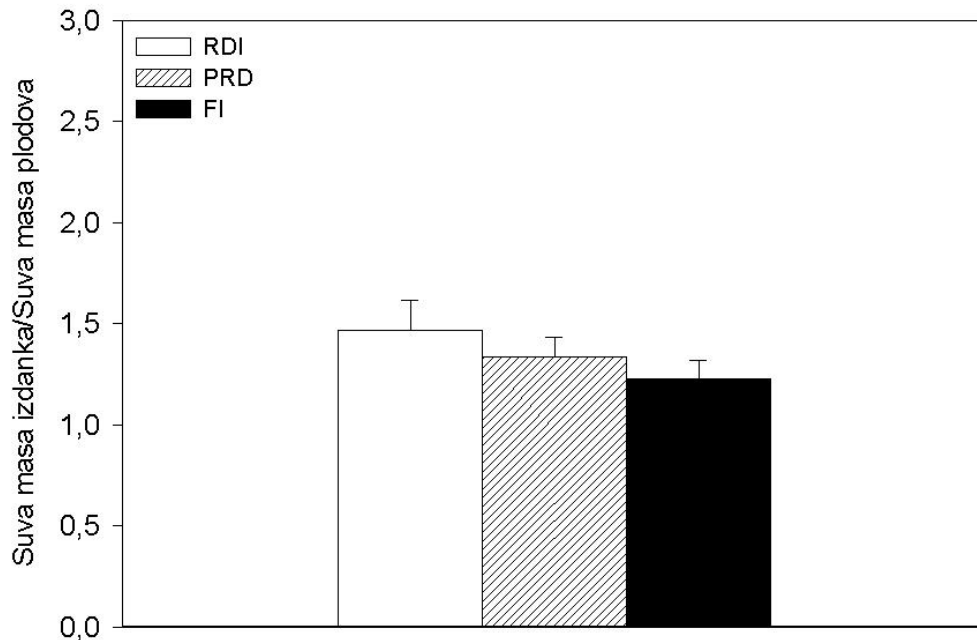
Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD i RDI tretmani redukovali prinos u poređenju sa FI tretmanom. Utvrđeno je da je tretman imao značajan uticaj na svežu masu plodova ($P<0.001$), suhu masu plodova ($P<0.01$) i prečnik plodova ($P<0.01$), dok nije imao značajan uticaj na broj plodova.

5.2.7 Odnos suve mase izdanka i plodova

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na odnos suve mase izdanka i plodova kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ prikazan je na Sl.5.22.

Kod PRD i RDI biljaka odnos suve mase izdanka i plodova bio je veći u poređenju sa kontrolnim biljkama. Odnos suve mase izdanka i plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 1.5, 1.3 i 1.2 na kraju eksperimenta (Sl.5.22), tako da je kod PRD i RDI biljaka odnos suve mase izdanka i suve mase plodova bio veći za 7.7% i 20% u odnosu na kontrolne

biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u odnosu suve mase izdanka i suve mase plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.



Slika 5.22 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na odnos suve mase izdanka i plodova kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁

5.2.8 Efikasnost korišćenja vode

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na efikasnost korišćenja vode (WUE_c) biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ prikazan je u Tab.5.9.

Količina utrošene vode za zalivanje PRD i RDI biljaka je bila manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Količina utrošene vode za zalivanje kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 19.5, 19.5 i 27.9 litara po biljci (Tab.5.9), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do značajne redukcije količine utrošene vode za navodnjavanje za oko 30% u odnosu na kontrolne biljke. Efikasnost korišćenja vode (WUE_c) je bila veća kod PRD i RDI biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama. WUE_c je kod RDI, PRD i FI biljaka bila 1.8, 1.9 i 1.6 na kraju eksperimenta (Tab.5.9), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja efikasnosti korišćenja vode za 15.8% i 11.1% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u efikasnosti korišćenja vode i to samo između PRD i FI biljaka ($P < 0.05$).

Tabela 5.9 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na efikasnost korišćenja vode (WUE_c) kod biljaka paradajza hibrida Sunpak F₁ (*, **, ***, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: P<0.05, P<0.01, P<0.001).

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Utrošena voda po biljci (L)	19.5±0.0***	19.5±0.0***	27.9±0.6
WUE _c	1.8±0.11	1.9 ±0.07*	1.6±0.06

Pod uticajem PRD i RDI tretmana došlo je do značajnog povećanja efikasnosti korišćenja vode od strane biljaka, pri čemu je utvrđeno da je tretman imao statistički značajan uticaj na WUE_c (P<0.05).

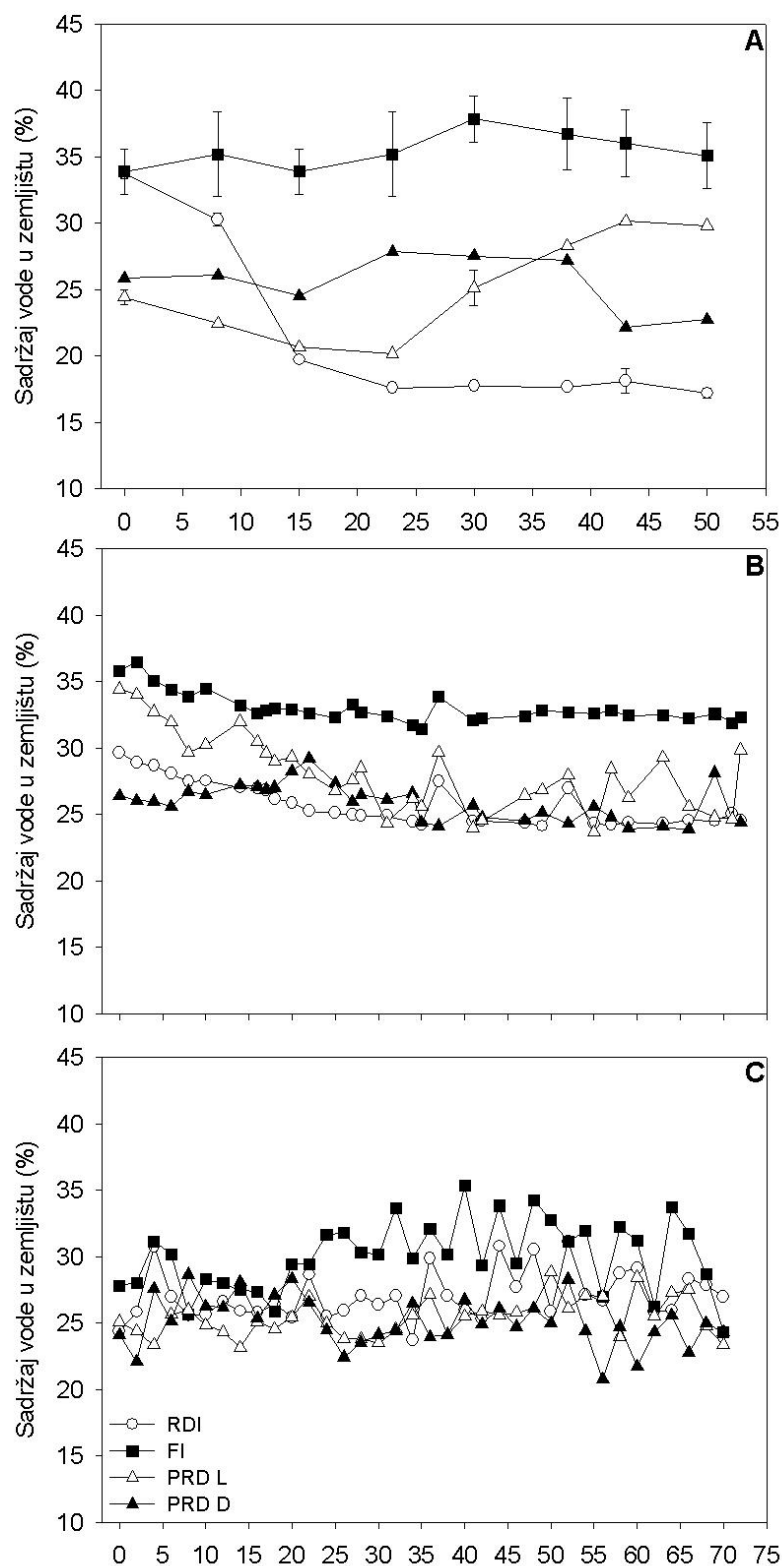
5.3 Eksperiment u plasteniku

5.3.1 Vodni status zemljišta

Promene u sadržaju vode (θ) u supstratu kod RDI, PRD i FI biljaka (hibridi Abellus F₁, Cedrico F₁ i Amati F₁) u toku eksperimenta prikazane su na Sl.5.23.

Sadržaj vode u zemljištu je bio značajno niži kod RDI biljaka i u nenavodnjavanoj strani kod PRD biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama. Dnevni sadržaj vode u zemljištu kod kontrolnih biljaka posle navodnjavanja održavao se blizu poljskog vodnog kapaciteta (35%), dok je sadržaj vode u supstratu kod RDI biljaka prvih 15 dana eksperimenta opadao, da bi se posle tog perioda pa do kraja eksperimenta održavao između 15 i 20% kod hibrida Abellus F₁, dok je se kod hibrida Cedrico F₁ i Amati F₁ sadržaj vode u zemljištu posle 15-og dana pa do kraja eksperimenta održavao oko 25%. Ove razlike su bile posledica korišćenja različitih plastenika sa različitim zemljištima, čije su fizičke i hemijske karakteristike bile različite.

Razlike u sadržaju vode u zemljištu između navodnjavane i nenavodnjavane strane kod PRD biljaka su bile značajne tokom celog eksperimenta. Sadržaj vode u zemljištu navodnjavane strane PRD biljaka je bio sličan sadržaju vode u zemljištu kod kontrolnih biljaka samo u početnoj fazi eksperimenta, dok je u kasnijim fazama eksperimenta sadržaj vode u zemljištu navodnjavane strane PRD biljaka bio konstantno niži u odnosu na sadržaj vode u s zemljištu kod kontrolnih biljaka.



Slika 5.23 Promene u sadržaju vode u zemljištu u toku eksperimenta kod RDI, PRD i FI biljaka paradajza hibrida Abellus F₁ (A), Cedrico F₁ (B) i Amati F₁ (C)

5.3.2 Rastenje vegetativnih organa

5.3.2.1 Hibrid *Abellus F₁*

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na rastenje vegetativnih organa kod biljaka paradajza hibrida *Abellus F₁* prikazan je u Tab.5.10.

Visina biljaka kod PRD i RDI biljaka bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Visina biljaka kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 241.4cm, 234.3cm i 247.5cm na kraju eksperimenta (Tab.5.10), tako da su PRD i RDI biljke imale manju visinu i to samo za 5.3% i 2.5% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u visini između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Broj listova kod PRD i RDI biljaka bio je manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Broj listova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 32.0, 32.0 i 33.5 na kraju eksperimenta (Tab.5.10), tako da su PRD i RDI biljke imale manji broj listova i to samo za 4.5% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u broju listova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Suva masa listova kod PRD i RDI biljaka bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sveža masa listova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 76.1g, 67.3g i 113.6g na kraju eksperimenta (Tab.5.10), tako da su PRD i RDI biljke imale manju suhu masu listova i to za 40.8% i 33.0% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi listova između PRD i FI biljaka ($P < 0.05$), kao i između RDI i FI biljaka ($P < 0.05$).

Suva masa stabla kod PRD i RDI biljaka bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Suva masa stabla kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 57.0g, 57.3g i 68.9g na kraju eksperimenta (Tab.5.10), tako da su PRD i RDI biljke imale manju suhu masu stabla i to za 16.8% 17.3% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u suvoj masi stabla između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Kod RDI i PRD biljaka u odnosu na kontrolna biljke došlo je do značajne redukcije suve mase listova, ali ne i visine, broja listova i suve mase stabla.

Tabela 5.10 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na rastenje vegetativnih organa kod biljaka paradajza hibrida Abellus F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: P<0.05, P<0.01, P<0.001).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Visina biljaka (cm)	241.4±6.1	234.3±4.8	247.5±9.7
Broj listova po biljci	32.0±0.4	32.0±1.0	33.5±1.0
Suva masa listova po biljci (g)	76.1±7.2*	67.3±4.8*	113.6±12.0
Suva masa stabla po biljci (g)	57.0±8.3	57.3±11.8	68.9±9.7

5.3.2.2 Hibrid Cedrico F₁

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na rastenje vegetativnih organa kod biljaka paradajza hibrida Cedrico F₁ prikazan je u Tab.5.11.

Visina biljaka kod PRD i RDI biljaka bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Visina biljaka kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 286.9cm, 277.0cm i 288.9cm na kraju eksperimenta (Tab.5.11), tako da su PRD i RDI biljke imale manju visinu biljaka i to samo za 4.1% i 0,7% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u visini između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Broj listova kod PRD i RDI biljaka bio je veći u poređenju sa kontrolnim biljkama. Broj listova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 18.3, 17.7 i 16.7 na kraju eksperimenta (Tab.5.11), tako da su PRD i RDI biljke imale veći broj listova i to samo za 5.6% i 8.7% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u broju listova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Suva masa listova kod PRD i RDI biljaka bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Suva masa listova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 49.5g, 47.6g i 53.1g na kraju eksperimenta (Tab.5.11), tako da su PRD i RDI biljke imale manju suhu masu listova i to za 10.4% i 6.8% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u suvoj masi listova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Suva masa stabla kod PRD i RDI biljaka bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Suva masa stabla kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 28.5g, 27.2g i 31.4g na kraju eksperimenta (Tab.5.11), tako da su PRD i RDI biljke imale manju suhu masu stabla i to za 13.4% i 9.2% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u suvoj masi stabla između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Kod RDI i PRD biljaka u odnosu na kontrolne biljke nije došlo do značajne redukcije nijednog od ispitivanih parametara.

Tabela 5.11 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na rastenje vegetativnih organa kod biljaka paradajza hibrida Cedrico F₁.

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Visina biljaka (cm)	286.9±4.4	277.0±3.7	288.9±5.6
Broj listova po biljci	18.3±0.9	17.7±1.5	16.7±0.9
Suva masa listova po biljci (g)	49.5±2.3	47.6±2.0	53.1±3.1
Suva masa stabla po biljci (g)	28.5±0.5	27.2±0.9	31.4±2.0

5.3.2.3 Hibrid Amati F₁

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na rastenje vegetativnih organa kod biljaka paradajza hibrida Amati F₁ prikazan je u Tab.5.12.

Suva masa listova kod PRD biljaka bila je veća, dok je kod RDI biljaka bila manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Suva masa listova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 133.9g, 185.0g i 172.9g na kraju eksperimenta (Tab.5.12), tako da su RDI biljke imale manju suhu masu listova i to za 22.6%, dok su PRD biljke imale veću suhu masu listova i to za 6.5% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u suvoj masi listova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Suva masa stabla kod PRD i RDI biljaka bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Suva masa stabla kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 88.9g, 115.3g i 119.9g na kraju eksperimenta (Tab.5.12), tako da su PRD i RDI biljke imale manju suhu masu stabla

i to za 3.8% i 25.9% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u suvoj masi stabla između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Tabela 5.12 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na rastenje vegetativnih organa kod biljaka paradajza hibrida Amati F₁.

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Suva masa listova po biljci (g)	133.9±35.3	185.0±19.3	172.9±16.8
Suva masa stabla po biljci (g)	88.9±14.9	115.3±9.3	119.9±14.2

Tretman, kao ni inerakcija genotipa i tretmana nisu značajano uticali na rastenje vegetativnih organa kod testiranih hibrida paradajza, dok je genotip značajno uticao na sve parametre rasteња: visinu ($P < 0.001$), broj listova ($P < 0.001$), suhu masu listova ($P < 0.05$) i suhu masu stabla ($P < 0.001$).

5.3.3 Parametri prinosa

5.3.3.1 Hibrid *Abellus F₁*

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na prinos kod biljaka paradajza hibrida *Abellus F₁* prikazan je u Tab.5.13.

Broj plodova kod RDI biljaka bio je nešto veći, dok je kod PRD biljaka bio manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Broj plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 34.2, 27.0 i 33.3 na kraju eksperimenta (Tab.5.13), tako da je kod PRD biljaka broj plodova bio manji za 18.9%, dok je kod RDI biljaka broj plodova bio veći i to za 2.6% u odnosu na broj plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u broju plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Prečnik plodova kod PRD i RDI biljaka bio je manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Prečnik plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 57.7mm, 61.2mm i 65.2mm na kraju eksperimenta (Tab.5.13), tako da je kod RDI i PRD biljaka prečnik plodova bio manji za 11.5% i 6.1% u odnosu na prečnik plodova kontrolnih biljaka, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika samo u prečniku plodova između RDI i FI biljaka ($P < 0.05$).

Sveža masa plodova kod PRD i RDI biljaka bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sveže masa plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 3.4kg, 3.3kg i 4.1kg na kraju eksperimenta (Tab.5.13), tako da je kod RDI i PRD biljaka sveža masa plodova bila manja za 17.1% i 19.5% u odnosu na svežu masu plodova kontrolnih biljaka, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u svežoj masi plodova i to između RDI i FI biljaka ($P<0.05$), kao i između PRD i RDI biljaka ($P<0.05$).

Suva masa plodova kod PRD i RDI biljaka bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Suve masa plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 199.0g, 177.9g i 214.1g na kraju eksperimenta (Tab.5.13), tako da je kod RDI i PRD biljaka suva masa plodova bila manja za 7.1% i 16.9% u odnosu na suhu masu plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u suvoj masi plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Kod PRD i RDI biljaka došlo je do redukcije prinosa u poređenju sa kontrolnim biljkama. Nije bilo statistički značajne redukcije broja plodova i suve mase plodova, ali je došlo do značajne redukcije prečnika plodova i sveže mase plodova.

Tabela 5.13 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na prinos kod biljaka paradajza hibrida Abellus F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Broj plodova po biljci	34.2±0.7	27.0±4.0	33.3±2.4
Prečnik ploda (mm)	57.7±2.1*	61.2±2.9	65.2±1.3
Sveža masa plodova po biljci (kg)	3.4±0.1*	3.3±0.5*	4.1±0.3
Suva masa plodova po biljci (g)	199.0±4.3	177.9±26.6	214.1±15.4

5.3.3.2 Hibrid Cedrico F₁

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na prinos kod biljaka paradajza hibrida Cedrico F₁ prikazan je u Tab.15.14.

Broj plodova kod PRD i RDI biljaka bio je manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Broja plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 37.4, 31.5 i 40.4 na kraju eksperimenta (Tab.5.14), tako da je kod RDI i PRD biljaka broj plodova bio manji za 7.4% i 22.0% u odnosu na broj plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u broju plodova između RDI i PRD biljaka ($P<0.05$), kao i između PRD i FI biljaka ($P<0.01$).

Prečnik plodova kod PRD i RDI biljaka bio je veoma sličan prečniku plodova kod kontrolnim biljaka. Prečnik plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 60.2mm, 60.6mm i 60.4mm na kraju eksperimenta (Tab.5.14), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u prečniku plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Sveža masa plodova kod PRD i RDI biljaka bila je manja u odnosu na suhu masu plodova kod kontrolnih biljaka. Sveža masa plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 5.1kg, 4.4kg i 5.5kg na kraju eksperimenta (Tab.5.14), tako da je kod RDI i PRD biljaka sveža masa plodova bila manja za 7.3% i 20.0% u odnosu na svežu masu plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u svežoj masi plodova i to između RDI i PRD biljaka ($P<0.05$) i PRD i FI biljaka ($P<0.01$).

Suva masa plodova kod PRD biljaka bila je manja, dok je kod RDI biljaka bila veoma slična suvoj masi plodova kod kontrolnih biljaka. Suva masa plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 214.6g, 174.3g i 212.8g na kraju eksperimenta (Tab.5.14), tako da je kod PRD biljaka suva masa plodova bila manja za 18.1%, dok je kod RDI biljaka bila veća za samo 0.8% u odnosu na suhu masu plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi plodova između RDI i PRD biljaka ($P<0.01$) i PRD i FI biljaka ($P<0.05$).

Kod PRD biljaka došlo je do redukcije prinosa, dok kod RDI biljaka nije bilo redukcije prinosa u poređenju sa kontrolnim biljkama. Nije bilo značajne redukcije prečnika plodova, ali je došlo do značajne redukcije broja plodova, sveže i suve mase plodova kod PRD biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama. Kod RDI biljaka nije bilo značajne redukcije nijedanog testiranog parametara u poređenju sa kontrolnim biljkama.

Tabela 5.14 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na prinos kod biljaka paradajza hibrida Cedrico F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: P<0.05, P<0.01, P<0.001).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Broj plodova po biljci	37.4±1.7	31.5±1.3**	40.4±2.2
Prečnik ploda (mm)	60.2±1.3	60.6±0.6	60.4±0.6
Sveža masa plodova po biljci (kg)	5.1±0.2	4.4±0.2**	5.5±0.3
Suva masa plodova po biljci (g)	214.6±9.9	174.3±7.2*	212.8±11.6

5.3.3.3 Hibrid Amati F₁

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na prinos kod biljaka paradajza hibrida Amati F₁ prikazan je u Tab.5.15.

Broj plodova kod PRD i RDI biljaka bio je veći u poređenju sa kontrolnim biljkama. Broj plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 21.0, 17.6 i 15.8 na kraju eksperimenta (Tab.5.15), tako da je kod RDI i PRD biljaka broj plodova bio veći za 24.8% i 10.2% u odnosu na broj plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u broju plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Prečnik plodova kod PRD biljaka bio je veći, dok je kod RDI biljaka bio manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Prečnik plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 55.7mm, 60.8mm i 57.7mm na kraju eksperimenta (Tab.5.15), tako da je kod PRD biljaka prečnik plodova bio veći za samo 5.1%, dok je kod RDI biljaka bio manji za 3.5% u odnosu na prečnik plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u prečniku plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Sveža masa plodova kod PRD i RDI biljaka bila je veća u odnosu na suhu masu plodova kod kontrolnih biljaka. Sveža masa plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 2.1kg, 2.1kg i 1.7kg na kraju eksperimenta (Tab.5.15), tako da je kod RDI i PRD biljaka sveža masa plodova bila veća za 19.0% u odnosu na svežu masu plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u prečniku plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Suva masa plodova kod PRD i RDI biljaka bila je veća u poređenju sa suvom masom plodova kod kontrolnih biljaka. Suva masa plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 73.5g, 75.7g i 52.1g na kraju eksperimenta (Tab.5.15), tako da je kod RDI i PRD biljaka suva masa plodova bila veća za 29.1% i 31.2% u odnosu na suhu masu plodova kod kontrolnih biljaka, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u suvoj masi plodova između FI i PRD biljaka ($P<0.05$), kao i RDI i FI biljaka ($P<0.05$).

Kod PRD i RDI biljaka došlo je do povećanja prinosa u poređenju sa kontrolnim biljkama. Nije bilo statistički značajnog povećanja broja plodova, prečnika plodova i sveže mase plodova ali je došlo do značajnog povećanja suve mase plodova kod PRD i RDI biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama.

Tabela 5.15 Uticaj različitih režima navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na prinos kod biljaka paradajza hibrida Amati F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Broj plodova po biljci	21.0±1.8	17.6±0.7	15.8±2.3
Prečnik ploda (mm)	55.7±1.4	60.8±3.0	57.7±1.5
Sveža masa plodova po biljci (kg)	2.1±0.2	2.1±0.2	1.7±0.2
Suva masa plodova po biljci (g)	73.5±6.5*	75.7±3.2*	52.1±7.5

Dobijeni rezultati su pokazali da su različiti hibridi različito reagovali na RDI i PRD tretmane. RDI je redukovao prinos kod hibrida Abellus F₁, kod hibrida Cedrico F₁ prinos je bio sličan, dok je kod hibrida Amati F₁ prinos bio veći u odnosu na kontrolne biljke. PRD tretman redukovao je prinos kod hibrida Abellus F₁ i Cedrico F₁, dok je povećao prinos kod hibrida Amati F₁ u odnosu na kontrolne biljke. PRD tretman je u većoj meri redukovao prinos kod hibrida Abellus F₁ i Cedrico F₁ u odnosu na RDI tretman, dok je prinos kod hibrida Amati F₁ bio isti kod biljaka oba tretmana. Utvrđen je značajan uticaj genotipa na broj plodova ($P<0.001$), prečnik plodova, svežu i suhu masu plodova ($P<0.05$). Tretman je imao značajan uticaj samo na broj plodova ($P<0.01$), dok nije statistički značajno uticao na ostale testirane parametre. Interakcija genotipa i tretmana je imala značajan uticaj na svežu

i suhu masu plodova ($P < 0.05$), dok nije statistički značajno uticala na ostale testirane parametre.

5.3.4 Odnos suve mase izdanka i plodova

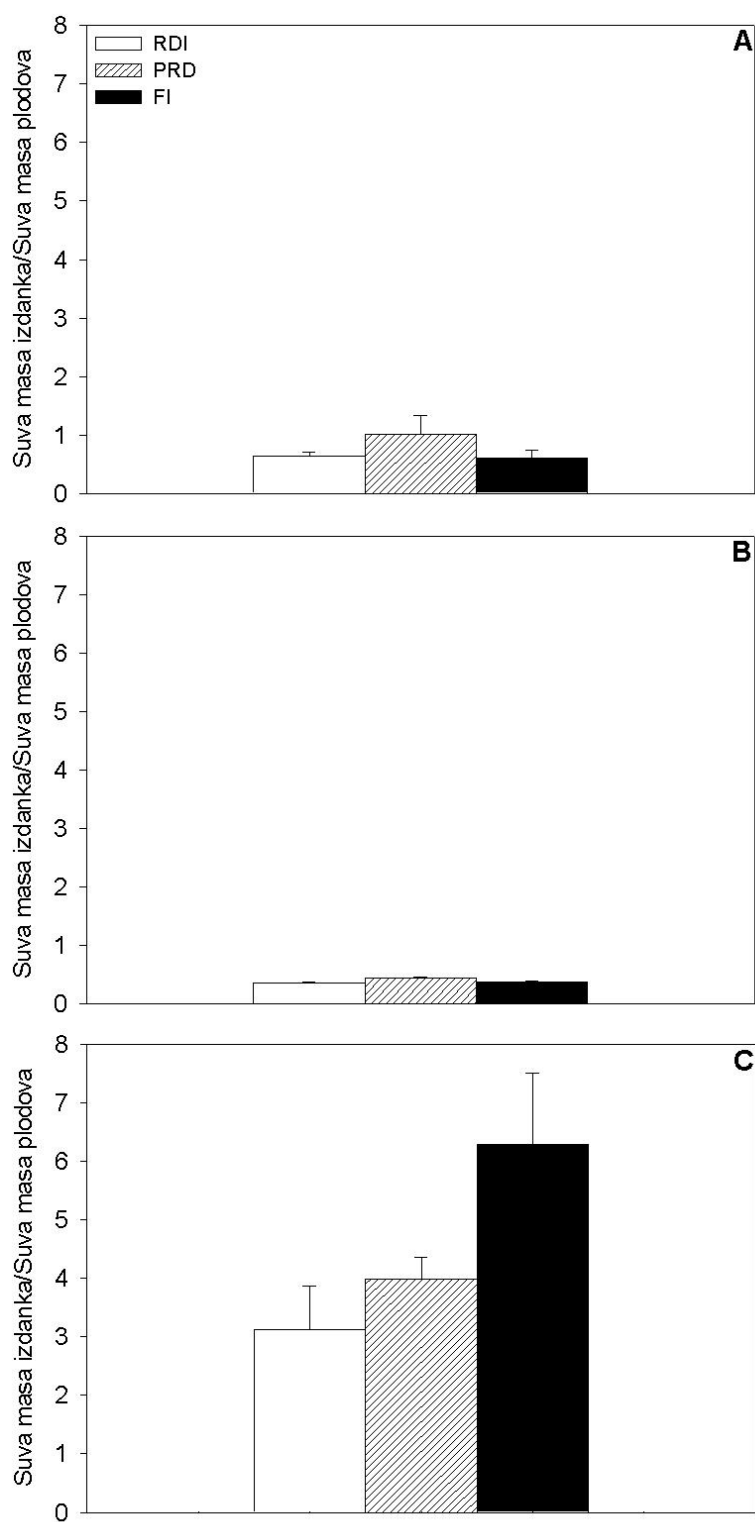
Utjecaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na odnos suve mase izdanka i plodova kod biljaka paradajza hibrida Abellus F₁, Cedrico F₁ i Amati F₁ prikazan je na Sl.5.24.

Odnos suve mase izdanka i plodova kod PRD biljaka bio je veći, dok je kod biljaka RDI tretmana bio isti u poređenju sa kontrolnim biljkama hibrida Abellus F₁. Odnos suve mase izdanka i suve mase plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 0.6, 1.0 i 0.6 na kraju eksperimenta (Sl.5.24-A), tako da je kod PRD biljaka odnos suve mase izdanka i suve mase plodova bio veći za 40.9% u odnosu na RDI i FI biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u odnosu suve mase izdanka i suve mase plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Odnos suve mase izdanka i plodova kod PRD i RDI biljaka bio je isti u poređenju sa kontrolnim biljkama hibrida Cedrico F₁. Odnos suve mase izdanka i suve mase plodova kod biljaka svih testiranih tretmana bio je 0.4 na kraju eksperimenta (Sl.5.24-B), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u odnosu suve mase izdanka i suve mase plodova između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Odnos suve mase izdanka i plodova kod PRD i RDI biljaka bio je manji u poređenju sa kontrolnim biljkama hibrida Amati F₁. Odnos suve mase izdanka i suve mase plodova kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 3.1, 4.0 i 6.3 na kraju eksperimenta (Sl.5.24-C), tako da je kod PRD i RDI biljaka odnos suve mase izdanka i suve mase plodova bio manji za 36.5% i 51.8% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u odnosu suve mase izdanka i suve mase plodova između PRD i FI biljaka ($P < 0.05$) i RDI i FI biljaka ($P < 0.05$).

Utvrđeno je da su na odnos suve mase izdanka i plodova imali značajan uticaj genotip ($P < 0.001$) i interakcija genotipa i tretmana ($P < 0.01$), dok sam tretman nije značajno uticao na odnos suve mase izdanka i plodova.



Slika 5.24 Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na odnos suve mase izdanka i plodova kod biljaka paradajza hibrida Abellus F₁ (A), Cedrico F₁ (B) i Amati F₁ (C)

5.3.5 Efikasnost korišćenja vode

5.3.5.1 Hibrid Abellus F₁

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na efikasnost korišćenja vode (WUE_c) kod biljaka paradajza hibrida Abellus F₁ prikazan je u Tab.5.16.

Količina utrošene vode za navodnjavanje PRD i RDI biljaka bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Količina utrošene vode za navodnjavanje RDI, PRD i FI biljaka bila je 53.0, 57.0 i 90 litara po biljci (Tab.5.16), tako da je količina vode upotrebljene za navodnjavanje PRD i RDI biljaka značajno redukovana za 41.2% i 36.4% u odnosu na količinu vode upotrebljene za navodnjavanje kontrolnih biljaka. Efikasnost korišćenja vode (WUE_c) kod PRD i RDI biljaka bila je veća u poređenju sa kontrolnim biljkama. WUE_c je kod RDI, PRD i FI biljaka bila 3.8, 3.1 i 2.4 (Tab.5.16), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja efikasnosti korišćenja vode za 31.4% i 36.8% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u efikasnosti korišćenja vode i to samo između RDI i FI biljaka ($P<0.001$) i PRD i FI biljaka ($P<0.01$).

Tabela 5.16 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na efikasnost korišćenja vode (WUE_c) kod biljaka paradajza hibrida Abellus F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Utrošena voda po biljci (L)	53±0.0***	57±0.0***	90±0.0
WUE_c	3.8±0.1***	3.5±0.1**	2.4±0.2

5.3.5.2 Hibrid Cedrico F₁

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na efikasnost korišćenja vode (WUE_c) kod biljaka paradajza hibrida Cedrico F₁ prikazan je u Tab.5.17.

Količina utrošene vode za navodnjavanje PRD i RDI biljaka bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Količina utrošene vode za navodnjavanje RDI, PRD i FI biljaka bila je 61.0, 69.0 i 116.0 litara po biljci (Tab.5.17), tako da je količina vode

upotrebljene za navodnjavanje PRD i RDI biljaka značajno redukovana za 47.4% i 40.5% u odnosu na kontrolne biljke. Efikasnost korišćenja vode (WUE_c) kod PRD i RDI biljaka bila veća u poređenju sa kontrolnim biljkama. WUE_c kod RDI, PRD i FI biljaka je bila 3.5, 2.5 i 1.8 (Tab.5.17), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja efikasnosti korišćenja vode za 28.0% i skoro 100% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u efikasnosti korišćenja vode između RDI i FI biljaka ($P<0.001$), RDI i PRD biljaka ($P<0.001$), kao i između PRD i FI biljaka ($P<0.001$).

Tabela 5.17 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na efikasnost korišćenja vode (WUE_c) kod biljaka paradajza hibrida Cedrico F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Utrošena voda po biljci (L)	61.0±0.0***	69.0±0.0***	116.0±0.0
WUE_c	3.5±0.2***	2.5±0.1***	1.8±0.1

5.3.5.3 Hibrid Amati F₁

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na efikasnost korišćenja vode (WUE_c) biljaka paradajza hibrida Amati F₁ prikazan je u Tab.5.18.

Količina utrošene vode za navodnjavanje PRD i RDI biljaka bila je manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Količina utrošene vode za navodnjavanje RDI, PRD i FI biljaka bila je 48.8, 45.8 i 90.8 litara po biljci (Tab.5.18), tako da je količina vode upotrebljene za navodnjavanje PRD i RDI biljaka značajno redukovana za 46.7% i 49.6% u odnosu na kontrolne biljke. Efikasnost korišćenja vode (WUE_c) kod PRD i RDI biljaka bila je veća u poređenju sa kontrolnim biljkama. WUE_c kod RDI, PRD i FI biljaka je bila 1.5, 1.7 i 0.6 (Tab.5.18), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja efikasnosti korišćenja vode za skoro tri puta i dva i po puta u poređenju sa kontrolnim biljkama, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u efikasnosti korišćenja vode između RDI i FI biljaka ($P<0.001$) i FI i PRD biljaka ($P<0.001$).

Tabela 5.18 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na efikasnost korišćenja vode (WUE_c) kod biljaka paradajza hibrida Amati F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: P<0.05, P<0.01, P<0.001).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Utrošena voda po biljci (L)	48.8±0.0***	45.8±0.0***	90.8±0.0
WUE _c	1.5±0.1***	1.7±0.1***	0.6±0.1

Iz izloženih rezultata se vidi da je kod PRD i RDI biljaka kod sva tri tretirana hibrida došlo do povećanja efikasnosti korišćenja vode u poređenju sa kontrolnim biljkama. Kod RDI biljaka efikasnost korišćenja vode se u većoj meri povećala u odnosu na PRD biljke kod hibrida Abellus F₁ i Cedrico F₁, dok je se kod PRD biljaka efikasnost korišćenja vode u većoj meri povećala u odnosu na RDI biljke kod hibrida Amati F₁. Utvrđeno je da je genotip imao značajan uticaj na efikasnost korišćenja vode (P<0.001), kao i tretman (P<0.001), dok interakcija genotipa i tretmana nije imala značajan uticaj na efikasnost korišćenja vode.

5.3.6 Parametri kvaliteta plodova

5.3.6.1 Hibrid Abellus F₁

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na parametre kvaliteta plodova kod biljaka paradajza hibrida Abellus F₁ prikazan je u Tab.5.19.

Sadržaj šećera u plodovima PRD i RDI biljaka bio je veći u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sadržaj šećera u plodovima RDI, PRD i FI biljaka bio je 7.7%, 5.8% i 5.5% (Tab.5.19), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja sadržaja šećera u plodovima za 5.2% i 28.6% u poređenju sa kontrolnim biljkama, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju šećera u plodovima između PRD i RDI biljaka (P<0.01) i RDI i FI biljaka (P<0.01).

Sadržaj organskih kiselina u plodovima PRD i RDI biljaka bio je takođe kao i sadržaj šećera veći u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sadržaj organskih kiselina u plodovima kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 30.5, 28.8 i 26.0mg limunske kiseline po gramu sveže

mase plodova (Tab.5.19), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja sadržaja organskih kiselina u plodovima za 9.7% i 15.3% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju organskih kiselina u plodovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Sadržaj likopena u plodovima PRD i RDI biljaka bio je manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sadržaj likopena u plodovima RDI, PRD i FI biljaka bio je 10.8, 14.1 i 15.4mg po kilogramu sveže mase plodova (Tab.5.19), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do smanjenja sadržaja likopena u plodovima za 8.4% i 29.9% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju likopena u plodovima samo između RDI i FI biljaka ($P<0.05$).

Tabela 5.19 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na parametre kvaliteta plodova kod biljaka paradajza hibrida Abellus F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Šećeri (%)	7.7±0.3**	5.8±0.4	5.5±0.3
Organske kiseline (mg g ⁻¹)	30.5±0.7	28.8±0.7	26.0±0.6
Likopen (mg kg ⁻¹)	10.8±2.0*	14.1±1.6	15.4±1.0

5.3.6.2 Hibrid Cedrico F₁

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na parametre kvaliteta plodova kod biljaka paradajza hibrida Cedrico F₁ prikazan je u Tab.5.20.

Sadržaj šećera u plodovima PRD biljaka bio je veći, dok je kod RDI biljaka bio isti u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sadržaj šećera u plodovima RDI, PRD i FI biljaka bio je 5.4%, 5.9% i 5.4% (Tab.5.20), tako da je kod PRD biljaka došlo do povećanja sadržaja šećera u plodovima za 8.5%, dok je u plodovima RDI biljaka sadržaj šećera bio isti u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju šećera u plodovima samo između PRD i FI biljaka ($P<0.05$).

Sadržaj organskih kiselina u plodovima PRD i RDI biljaka bio je veći u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sadržaj organskih kiselina u plodovima RDI, PRD i FI biljaka bio je 41.8 , 46.0 i 31.7mg limunske kiseline po gramu sveže mase plodova (Tab.5.20), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja sadržaja organskih kiselina u plodovima za 31.1% i 24.2% u poređenju sa kontrolnim biljkama, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju organskih kiselina u plodovima između PRD i FI biljaka ($P<0.01$) i RDI i FI biljaka ($P<0.05$).

Sadržaj likopena u plodovima PRD biljaka bio je veći, dok je kod RDI biljaka bio manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sadržaj likopena u plodovima RDI, PRD i FI biljaka bio je 3.7, 6.7 i 5.0mg po kilogramu sveže mase plodova (Tab.5.20), tako da je kod PRD biljaka došlo do povećanja sadržaja likopena u plodovima za 25.4%, dok je kod RDI biljaka došlo do smanjenja sadržaja likopena u plodovima i to za 26.0% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju likopena u plodovima između PRD i FI biljaka ($P<0.001$), RDI i FI biljaka ($P<0.001$) i RDI i PRD biljaka ($P<0.05$).

Ukupna antioksidativna aktivnost u plodovima PRD biljaka bila je veća, dok je u plodovima RDI biljaka bila manja u poređenju sa kontrolnim biljkama. Ukupna antioksidativna aktivnost u plodovima RDI, PRD i FI biljaka bila je 1391.2, 2392.8 i 1978.4 μmolTU po gramu sveže mase plodova (Tab.5.20), tako da je kod PRD biljaka došlo do povećanja ukupne antioksidativne aktivnosti u plodovima za 17.3%, dok je kod RDI biljaka došlo do smanjenja ukupne antioksidativne aktivnosti u plodovima i to za 29.7% u odnosu na kontrolne biljke pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u ukupnoj antioksidativnoj aktivnosti u plodovima između RDI i FI biljaka ($P<0.05$) i RDI i PRD biljaka ($P<0.01$).

Tabela 5.20 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na parametre kvaliteta plodova kod biljaka paradajza hibrida Cedrico F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: P<0.05, P<0.01, P<0.001).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Šećeri (%)	5.4±0.2	5.9±0.1*	5.4±0.1
Organske kiseline (mg g ⁻¹)	41.8±1.8*	46.0±3.4**	31.7±2.2
Likopen (mg kg ⁻¹)	3.7±0.7***	6.7±0.6***	5.0±0.4
Antioksidativna aktivnost (μmolTU g ⁻¹)	1391.2±55.1*	2392.8±258.6	1978.4±166.3

5.3.6.3 Hibrid Amati F₁

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na parametre kvaliteta plodova kod biljaka paradajza hibrida Amati F₁ prikazan je u Tab.5.21.

Sadržaj šećera u plodovima PRD biljaka bio je isti, dok je kod RDI biljaka bio manji u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sadržaj šećera u plodovima RDI, PRD i FI biljaka bio je 4.7%, 5.1% i 5.1% (Tab.5.21), tako da je kod RDI biljaka došlo do smanjenja sadržaja šećera u plodovima za 7.8%, dok je u plodovima PRD biljaka sadržaj šećera bio isti u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju šećera u plodovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Sadržaj organskih kiselina u plodovima PRD i RDI biljaka bio je veći u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sadržaj organskih kiselina u plodovima kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 20.1, 19.9 i 19.6mg limunske kiseline po gramu sveže mase plodova (Tab.5.21), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja sadržaja organskih kiselina u plodovima za 1.5% i 2.5% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju organskih kiselina u plodovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Sadržaj likopena u plodovima PRD biljaka bio je manji, dok je u plodovima RDI biljaka bio veći u poređenju sa kontrolnim biljkama. Sadržaj likopena u plodovima kod RDI, PRD i FI biljaka bio je 8.9, 4.2 i 6.2mg po kilogramu sveže mase plodova (Tab.5.21),

tako da je kod RDI biljaka došlo do povećanja sadržaja likopena u plodovima za 30.3%, dok je kod PRD biljaka došlo do smanjenja sadržaja likopena u plodovima i to za 32.3% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju likopena u plodovima između PRD i FI biljaka ($P<0.01$), RDI i FI biljaka ($P<0.01$) i RDI i PRD biljaka ($P<0.001$).

Ukupna antioksidativna aktivnost u plodovima PRD i RDI biljaka bila je veća u poređenju sa kontrolnim biljkama. Ukupna antioksidativna aktivnost u plodovima kod RDI, PRD i FI biljaka bila je 2182.3, 2543.3 i 1666.7 μmolTU po gramu sveže mase plodova (Tab.5.21), tako da je kod PRD i RDI biljaka došlo do povećanja ukupne antioksidativne aktivnosti u plodovima za 34.5% i 23.6% u odnosu na kontrolne biljke, pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u ukupnoj antioksidativnoj aktivnosti u plodovima samo između PRD i FI biljaka ($P<0.05$).

Tabela 5.21 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na parametre kvaliteta plodova kod biljaka paradajza hibrida Amati F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

Parametri	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
Šećeri (%)	4.7 \pm 0.2	5.1 \pm 0.3	5.1 \pm 0.3
Organske kiseline (mg g ⁻¹)	20.1 \pm 0.6	19.9 \pm 0.9	19.6 \pm 0.6
Likopen (mg kg ⁻¹)	8.9 \pm 0.4**	4.2 \pm 0.2**	6.2 \pm 0.5
Antioksidativna aktivnost ($\mu\text{molTU g}^{-1}$)	2182.3 \pm 232.0	2543.3 \pm 190.6*	1666.7 \pm 130.8

Utvrđeno je da je genotip imao značajan uticaj na sadržaj šećera ($P<0.01$), organskih kiselina ($P<0.001$) i likopena ($P<0.01$), dok nije imao značajan uticaj na ukupnu antioksidativnu aktivnost. Tretman je imao značajan uticaj na sadržaj organskih kiselina ($P<0.01$) i na ukupnu antioksidativnu aktivnost ($P<0.01$), dok nije imao statistički značajan uticaj na sadržaj šećera i likopena. Interakcija genotipa i tretmana je imala značajan uticaj na sadržaj organskih kiselina ($P<0.001$), likopena ($P<0.001$) i na ukupnu antioksidativnu aktivnost ($P<0.05$), dok nije imala značajan uticaj na sadržaj šećera.

Iz izloženih rezultata generalno možemo zaključiti da je kod PRD biljaka došlo do poboljšanja kvaliteta plodova, a koje se ogleda u povećanom sadržaju šećera, kao i organskih kiselina u plodovima biljaka hibrida Abellus F₁ i Cedrico F₁, likopena u plodovima biljaka hibrida Cedrico F₁, kao i ukupne antioksidativne aktivnosti u plodovima biljaka hibrida Cedrico F₁ i Amati F₁ u poređenju sa kontrolnim biljkama. Kod RDI biljaka došlo je do povećanja sadržaja šećera, kao i organskih kiselina u plodovima biljaka hibrida Abellus F₁ i likopena i ukupne antioksidativne aktivnosti u plodovima biljaka hibrida Amati F₁ u poređenju sa kontrolnim biljkama.

5.3.7 Sadržaj biogenih elemenata u različitim organima biljaka paradajza

5.3.7.1 Listovi

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na sadržaj biogenih elemenata (N, K, P, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn i Cu) u listovima kod biljaka hibrida Abellus F₁ na kraju eksperimenta prikazan je u tabeli 5.22.

Sadržaj azota (N) u listovima PRD i RDI biljaka bio je manji za 14.9% i 7.4% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.22), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju azota u listovima samo između PRD i FI biljaka ($P < 0.05$). Sadržaj kalijuma (K) u listovima PRD i RDI biljaka bio je manji za 27.8% i 11.1% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.22), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju kalijuma u listovima samo između PRD i FI biljaka ($P < 0.01$). Sadržaj fosfora (P) u listovima PRD i RDI biljaka bio je manji za 42.8% i 28.6% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.22), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju fosfora u listovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj magnezijuma (Mg) u listovima PRD i RDI biljaka bio je veći za 22.3% i 30% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.22), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju magnezijuma u listovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj kalcijuma (Ca) u listovima PRD biljaka bio je manji za 2.3%, dok je u listovima RDI biljaka bio veći za 13.7% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.22), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju kalcijuma u listovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj gvožđa (Fe) u listovima PRD biljaka bio je veći za 4.0%, dok je u listovima RDI biljaka bio manji za 35.7% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.22), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju gvožđa u listovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj mangana (Mn) u

listovima PRD biljaka bio je manji za 12.0%, dok je u listovima RDI biljaka bio veći za 15.9% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.22), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju mangana u listovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj cinka (Zn) u listovima PRD i RDI biljaka bio je manji za 47.1% i 21.0% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.22), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju cinka u listovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj bakra (Cu) u listovima PRD i RDI biljaka bio je manji za više od 100% i 27.0% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.22), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju bakra u listovima samo između PRD i FI biljaka ($P < 0.05$).

Tabela 5.22 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na sadržaj biogenih elemenata u listovima kod biljaka paradajza hibrida Abellus F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$).**

Biogeni elementi	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
N (%)	2,5±0,1	2,3±0,1*	2,7±0,1
K (%)	3,2±0,4	2,6±0,1**	3,6±0,1
P (%)	0,5±0,1	0,4±0,2	0,7±0,2
Mg (%)	1,0±0,1	0,9±0,1	0,7±0,1
Ca (%)	5,1±0,5	4,3±0,2	4,4±0,7
Fe (ppm)	144,0±57,1	233,3±71,9	224,0±45,5
Mn (ppm)	135,0±22,8	99,9±18,4	113,5±12,3
Zn (ppm)	18,8±2,7	12,6±0,8	23,8±5,7
Cu (ppm)	8,1±1,4	5,0±0,5*	11,1±1,7

Utvrđeno je da je tretman imao značajan uticaj samo na sadržaj N i Cu u listovima ($P < 0.05$), dok nije imao značajan uticaj na sadržaj drugih biogenih elemenata u listovima. Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD biljke sadržale značajno manje N, K i Cu, dok

kod ostalih elemenata nije bilo značajne razlike u sadržaju u listovima u poređenju sa kontrolnim biljkama. Takođe, dobijeni rezultati su pokazali da se kod RDI biljaka sadržaj svih testiranih elemenata u listovima nije značajno razlikovao od sadržaja datih elemenata u korenu kontrolnih biljaka. Ono što se pokazalo i prilikom analize sadržaja testiranih biogenih elemenata (N, K, P, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn i Cu) u listovima biljaka različitih tretmana ovog hibrida jeste takođe da nijedan od testiranih tretmana (PRD, RDI i FI) nije doveo do pojave nedostatka ispitivanih elemenata u listovima biljaka paradajza.

5.3.7.2 *Stablo*

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na sadržaj biogenih elemenata (N, K, P, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn i Cu) u stablu kod biljaka hibrida Abellus F₁ na kraju eksperimenta prikazan je u Tab.5.23.

Sadržaj azota (N) u stablu PRD i RDI biljaka bio je manji za 50.0% i 20% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.23), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju azota u stablu između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj kalijuma (K) u stablu PRD i RDI biljaka bio je manji za 17.9% i 12.8% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.23), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju kalijuma u stablu između FI i PRD biljaka ($P<0.05$) i PRD i RDI biljaka ($P<0.05$). Sadržaj fosfora (P) u stablu PRD i RDI biljaka bio je manji za 60% i 40% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.23), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju fosfora u stablu samo između PRD i FI biljaka ($P<0.05$). Sadržaj magnezijuma (Mg) u stablu PRD i RDI biljaka bio je isti u poređenju sa kontrolnim biljkama i iznosio je 0.3% (Tab.5.23). Sadržaj kalcijuma (Ca) u stablu PRD i RDI biljaka bio je manji za 9.1% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.23), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju kalcijuma u stablu između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj gvožđa (Fe) u stablu PRD i RDI biljaka bio je manji za 26.0% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.23), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju gvožđa u stablu između FI i PRD biljaka ($P<0.05$) i FI i RDI biljaka ($P<0.05$). Sadržaj mangana (Mn) u stablu PRD i RDI biljaka bio je manji za 19.8% i 31.2% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.23), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju mangana u stablu između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj cinka (Zn) u stablu PRD i RDI biljaka bio je manji za 48.9% i 36.8% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.23), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju cinka u stablu samo između PRD i FI biljaka ($P<0.05$). Sadržaj bakra (Cu) u stablu PRD i RDI

biljaka bio je manji za 52.9% i 27.3% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.23), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju bakra u stablu između RDI i PRD biljaka ($P<0.05$) i PRD i FI biljaka ($P<0.05$).

Tabela 5.23 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na sadržaj biogenih elemenata u stablu kod biljaka paradajza hibrida Abellus F₁ (*, **, *, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$).**

Biogeni elementi	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
N (%)	1,2±0,1	1,0±0,1	1,5±0,2
K (%)	3,4±0,03*	3,2±0,03*	3,9±0,2
P (%)	0,3±0,1	0,2±0,02*	0,5±0,1
Mg (%)	0,3±0,1	0,3±0,02	0,3±0,02
Ca (%)	1,0±0,1	1,0±0,1	1,1±0,1
Fe (ppm)	125,0±5,8*	125,0±7,2*	169,0±19,1
Mn (ppm)	17,4±1,2	20,3±0,9	25,3±4,3
Zn (ppm)	31,8±4,0	25,7±3,0*	50,3±8,2
Cu (ppm)	8,8±0,6	5,7±0,9*	12,1±1,7

Utvrđeno je da je tretman imao značajan uticaj na sadržaj P ($P<0.05$), K ($P<0.05$), Fe ($P<0.01$), Zn ($P<0.05$) i Cu ($P<0.05$), dok nije imao značajan uticaj na sadržaj N, Mg, Mn i Ca u stablu. Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD biljke sadržale značajno manje K, P, Fe, Zn i Cu u stablu, dok kod ostalih elemenata nije bilo značajne razlike u sadržaju u stablu u poređenju sa kontrolnim biljkama. Takođe, dobijeni rezultati su pokazali da su RDI biljke sadržale značajno manje K i Fe u stablu, dok kod ostalih elemenata nije bilo značajne razlike u sadržaju u stablu u poređenju sa kontrolnim biljkama.

5.3.7.3 Plodovi

Uticaj RDI, PRD i FI tretmana navodnjavanja na sadržaj biogenih elemenata (N, K, P, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn i Cu) u plodovima kod biljaka hibrida Abellus F₁ na kraju eksperimenta prikazan je u Tab.5.24.

Sadržaj azota (N) u plodovima PRD i RDI biljaka bio je manji za 14.9% i 7.4% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.24), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju azota u plodovima samo između PRD i FI biljaka ($P < 0.05$). Sadržaj kalijuma (K) u plodovima PRD biljaka bio je manji za 2.2%, dok je u plodovima RDI biljaka bio veći za 4.3% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.24), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju kalijuma u plodovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj fosfora (P) u plodovima PRD biljaka bio je manji za 33.3%, dok je u plodovima RDI biljaka bio isti u poređenju sa kontrolnim biljkama i iznosio je 0.6% (Tab.5.24), pri čemu je t-testom utvrđena značajna razlika u sadržaju fosfora u plodovima između PRD i FI biljaka ($P < 0.01$) i PRD i RDI biljaka ($P < 0.01$). Sadržaj magnezijuma (Mg) u plodovima PRD i RDI biljaka tretmana bio je isti u poređenju sa kontrolnim biljkama i iznosio je 0.3% (Tab.5.24). Sadržaj kalcijuma (Ca) u plodovima PRD biljaka bio je isti i iznosio je 0.4%, dok je u plodovima RDI biljaka bio veći za 33.3% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.24), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika između u sadržaju kalcijuma u plodovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj gvožđa (Fe) u plodovima PRD i RDI biljaka bio je manji za 22.0% i 15.3% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.24), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju gvožđa u plodovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj mangana (Mn) u plodovima PRD biljaka bio je manji za 5.5%, dok je u plodovima RDI biljaka bio veći za 5.9% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.24), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju mangana u plodovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj cinka (Zn) u plodovima PRD i RDI biljaka bio je veći za 36.7% i 31.4% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.24), pri čemu t-testom nije utvrđena značajna razlika u sadržaju cinka u plodovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja. Sadržaj bakra (Cu) u plodovima PRD i RDI biljaka bio je manji za 30.3% i 19.7 u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tab.5.24), pri čemu t-testom nije utvrđena statistički značajna razlika u sadržaju bakra u plodovima između biljaka različitih tretmana navodnjavanja.

Tabela 5.24 Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na sadržaj biogenih elemenata u plodovima kod biljaka paradajza hibrida Abellus F₁ (*, **, ***, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: P<0.05, P<0.01, P<0.001).

Biogeni elementi	Tretmani		
	RDI	PRD	FI
N (%)	2,5±0,1	2,3±0,1*	2,7±0,1
K (%)	4,7±0,1	4,4±0,1	4,5±0,2
P (%)	0,6±0,0	0,4±0,03**	0,6±0,01
Mg (%)	0,3±0,01	0,3±0,01	0,3±0,01
Ca (%)	0,6±0,2	0,4±0,01	0,4±0,1
Fe (ppm)	76,0±24,3	70,0±9,3	89,7±2,0
Mn (ppm)	13,6±2,0	12,1±0,8	12,8±0,3
Zn (ppm)	24,5±1,6	35,7±9,3	22,6±0,7
Cu (ppm)	5,3±0,6	4,6±2,8	6,6±0,7

Utvrđeno je da je tretman imao značajan uticaj samo na sadržaj P u plodovima (P<0.001), dok nije imao značajan uticaj na sadržaj drugih biogenih elemenata u plodovima. Dobijeni rezultati su pokazali da su PRD biljke sadržale značajno manje N i P u plodovima, dok kod ostalih elemenata nije bilo značajne razlike u sadržaju u plodovima u poređenju sa kontrolnim biljkama. Takođe, dobijeni rezultati su pokazali da se kod RDI biljaka sadržaj svih testiranih elemenata u plodovima nije značajno razlikovao od sadržaja datih elemenata u plodovima kontrolnih biljaka.

6 DISKUSIJA

6.1 Vodni režim supstrata i zemlje

Ispitivanja sadržaja vode u supstratu ili zemljištu su u svim eksperimentalnim sistemima (fitotronska komora, staklenik, plastenik) očekivano pokazala da su vrednosti sadržaja vode u supstratu bile značajno niže kod RDI biljaka i u nezalivanoj strani PRD biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama (Sl.5.1, 5.18 i 5.23.). Dnevni sadržaj vode kod kontrolnih biljaka posle navodnjavanja održavao se blizu poljskog vodnog kapaciteta, dok je kod RDI biljaka u početnoj fazi eksperimenta sadržaj vode u supstratu opadao, da bi se nakon toga do kraja eksperimenta održavao na određenom nivou. Razlike u sadržaju vode u supstratu između navodnjavane i nenavodnjavane strane kod PRD biljaka značajno su se razlikovale tokom celog eksperimenta. Takođe iz rezultata može da se vidi da je sadržaj vode u supstratu navodnjavane strane kod PRD biljaka bio sličan sadržaju vode u supstratu kod kontrolnih biljaka samo u ranoj fazi nakon početka primene tretmana, dok je nakon toga bio niži u odnosu na kontrolu.

Sličnu dinamiku sadržaja vode u supstratu utvrdili su i drugi autori, kako u eksperimentima sa paradajzom, tako i pri primeni datih sistema navodnjavanja kod drugih kultura (Kirda *i sar.*, 2004; Zegbe-Domínguez *i sar.*, 2006; Liu *i sar.*, 2007). Međutim, postoje i rezultati za paradajz koji pokazuju da je moguće održavati sadržaj vode u supstratu navodnjavane strane PRD biljaka približno sadržaju vode u supstratu kontrolnih biljaka u toku celog eksperimenta (Sobeih *i sar.*, 2004). Jedno od objašnjenja ovog neslaganja između različitih istraživanja je u mogućoj različitoj genotipskoj reakciji hibrida paradajza na PRD tretman, a na to ukazuju i rezultati naših istraživanja. Kod različitih hibrida (Aston F₁, Sunpak F₁, Abellus F₁, Cedrico F₁ i Amati F₁) vlažnost zemljišta se održavala na različitom nivou u zalivanoj strani PRD biljaka (Sl.5.1, 5.18 i 5.23). Moguće je da se biljke nakon promene strane adaptiraju da uzimaju više vode iz zalivane strane, što za posledicu ima redukciju sadržaja vode u toj strani u odnosu na kontrolne biljke (Green i Clothier, 1995; Yao *i sar.*, 2001). To je u skladu sa činjenicom da usvajanje vode korenovim sistemom zavisi od gradijenta vodnog potencijala korena i zemljišta (Jensen *i sar.*, 1993). Veći gradijent vodnog potencijala između korena i zemljišta u zalivanoj strani mogao bi donekle objasniti veću brzinu usvajanja vode iz te strane. Zatim, ukoliko se zemljište isušuje kretanje vode u zemljištu, zbog povećanja hidraulične otpornosti

zemljišta, postaje ograničeno te stoga usvajanje vode iz suvog dela zemljišta opada (Green i Clothier, 1995). Veća brzina usvajanja vode mogla bi biti i posledica veće površine korenovog sistema i bolje hidraulične provodljivosti korena posle navodnjavanja suve strane (Kang *i sar.*, 1998; Kang *i sar.*, 2002). Kanali za vodu (akvaporini) imaju takođe značajnu ulogu u usvajanju vode u toku nedostatka vode u zemljištu (Martre *i sar.*, 2002), zato što mogu delovati na radialni transport vode u korenovima (Maurel i Chrispeels, 2001; Tyerman *i sar.*, 2002). Na aktivnost ovih kanala utiče veliki broj faktora uključujući i pH, osmotski gradijent, vlažnost zemljišta i dostupnost hraniva (Clarkson *i sar.*, 2000).

Rezultati Laing-a *i sar.* (1996) su pokazali da izlaganje korena suši i ponovno zalivanje suvog zemljišta povećavaju rastenje korenovog sistema, što dovodi do povećanja mase korena. U skladu sa tim povećanje rasteња korenovog sistema kod PRD biljaka imali su u svojim istraživanjima Dry *i sar.* (2000) i Mingo *i sar.* (2004), a na to povećanje ukazuju i naši rezultati merenja suve mase korena (Sl.5.5-C i 5.6-C). U našim istraživanjima, međutim, nisu bila obuhvaćena merenja površine korena, ali ni mehanizmi regulacije njegovog rasteња i usvajanja vode kod ispitivanih genotipova paradajza, a što bi moglo da doprinese objašnjenju dobijenih rezultata i da bude predmet budućih istraživanja.

6.2 Rastenje biljaka, fiziološki procesi i mehanizmi regulacije

Dobijeni rezultati u svim eksperimentalnim sistemima su potvrdili da su PRD i RDI tretmani značajano uticali na redukciju rasteња izdanka. Uticali su na rastenje cele biljke i kod svih testiranih hibrida na kraju eksperimenta parametri rasteња (visina biljaka, broj listova i površina listova) su u većoj ili manjoj meri (u zavisnosti o kom hibridu se radi) bili redukovani u poređenju sa kontrolnim biljkama. Kod hibrida Sunpak F₁ u eksperimentu u kontrolisanim uslovima su bili značajno redukovani visina, broj i površina listova kod PRD biljaka, dok su kod RDI biljaka bili značajno redukovani broj i površina listova u odnosu na kontrolne biljke (Sl.5.2). Kod hibrida Astona F₁ značajno su bili redukovani visina, broj i površina listova kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolne biljke (Sl.5.3). Ispitivanja u plasteničkim uslovima su pokazala da je kod hibrida Abellus F₁ i Cedrico F₁ došlo do redukcije ispitivanih parametara kod PRD i RDI biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama, ali ta redukcija nije bila statistički značajna (Tab.5.10 i 5.11). Naši rezultati su u skladu sa drugim rezultatima dobijenim primenom PRD i RDI tretmana na paradajzu (Davies *i sar.*, 2000; Mingo, 2003; Stikić *i sar.*, 2003; Zegbe-Dominguez *i sar.*, 2003).

Da bismo bolje objasnili rastenje hibrida Sunpak F₁ i Astona F₁ gajenih u fitotronske komori, podatke o visini biljaka predstavili smo u formi krive rasteња i to kao regresione krive trećeg stepena (Sl.5.4). Dobijene krive su pokazale da se maksimalna brzina rasteња, kao i dužina trajanja rasteња biljaka, razlikovala kako u ispitivanim tretmanima, tako i između ispitivanih hibrida. Ovi rezultati ukazuju da je do smanjenog porasta biljaka i rezultujuće manje visine biljaka došlo pre svega zbog skraćivanja perioda rasteња, ali i manje maksimalne brzine rasteња kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolne biljke (Sl.5.4). Redukciju rasteња zbog skraćivanja perioda rasteња kod ječma u uslovima suše dobio je takođe Samarah (2005) u svom eksperimentu. Poređenja efekata PRD i RDI na visinu biljaka su kod hibrida Sunpak F₁ pokazala da je veća brzina rasteња kod RDI u odnosu na PRD biljke rezultirala većom visinom RDI biljaka, a pri tome su im periodi rasteња bili iste dužine trajanja (Sl.5.2-A). Kod hibrida Astona F₁ kao posledica iste dužine perioda rasteња i sličnih maksimalnih brzina, visina PRD i RDI biljaka bila je približno ista (Sl.5.3-A).

Efekat ispitivanih tretmana na rastenje vegetativnih organa je praćen i preko merenja njihove biomase (suve mase listova, stabla i korena). Ovi rezultati su, slično prethodnim parametrima rasteња, takođe pokazali da je došlo do redukcije, ali da ona kod nekih od testiranih hibrida nije bila statistički značajna. Tako je kod hibrida Sunpak F₁ značajno bila redukovana suva masa listova i stabla kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolne biljke (Sl.5.5-A,B i Tab.5.7), kod hibrida Astona F₁ suva masa listova kod PRD biljaka, dok je kod RDI biljaka značajno bila redukovana suva masa listova i stabla u odnosu na kontrolne biljke (Sl.5.6-A,B). Ispitivanja kod hibrida Abellus F₁ su pokazala da je došlo do značajne redukcije samo suve mase listova kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolne biljke (Tab.5.10), dok je kod hibrida Cedrico F₁ i Amati F₁ došlo do redukcije ispitivanih parametara kod PRD i RDI biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama, ali ta redukcija nije bila statistički značajna (Tab.5.11 i 5.12).

Merenja suve mase korena su pokazala da je došlo do povećanja rasteња korenovog sistema kod PRD i RDI biljaka hibrida Sunpak F₁ i kod RDI biljaka hibrida Astona F₁ u odnosu na kontrolne biljke (Sl.5.5-C i 5.6-C). To je u saglasnosti sa rezultatima Kang-a *i sar.* (1998) koji su dobili povećanje biomase korena kod kukuruza pod uticajem PRD navodnjavanja, a koje je verovatno bilo rezultat pospešivanja rasteња i razvića bočnih korenova (Liang *i sar.*, 1996). Sa druge strane Davies *i sar.* (2000) i Dry *i sar.* (2000) nisu dobili značajne razlike u biomasi korena između PRD i kontrolnih biljaka kod paradajza i

vinove loze, osim što je došlo do promena u distribuciji korena koji je kod PRD biljaka rastao u dubljim slojevima zemljišta. Naša istraživanja su pokazala da je zbog redukcije rastenja izdanka i pospešivanja rastenja korena, odnos suve mase korena i izdanka bio značajno veći kod RDI i PRD biljaka u odnosu na kontrolne biljke kod Sunpak F₁ hibrida (Sl.5.7-A) i kod RDI biljaka u odnosu na PRD i kontrolne biljke kod Astona F₁ hibrida (Sl.5.7-B). Povećanje odnosa koren/izdanak javlja se u uslovima suše, ali i u uslovima nedostatka hraniva i visokih temperatura zemljišta nepovoljnih za optimalno funkcionisanje korena (Poorter i Nagel, 2000).

Redukcija rastenja izdanka može nastati kao rezultat delovanja hemijskih ili hidrauličnih signala suše ili njihove interakcije. Smanjeno usvajanje vode može dovesti do redukcije turgora u ćelijama korena, što u ranim fazama suše predstavlja direktan signal za sintezu različitih metabolita tzv. »hemijskih signala suše« (prvenstveno biljnih hormona) koji se ksilemom transportuju ka izdanku gde, kao adaptivne reakcije, mogu da izazovu delimično zatvaranje stoma ili da redukuju rasteenje (Hartung *i sar.*, 1999). Dalje napredovanje suše ima tzv. »hidraulični efekat« jer se smanjuje turgor u ćelijama korena i količina vode koja se ksilemom transportuje ka izdanku, što za posledicu ima smanjenje turgora u ćelijama listova, potpuno zatvaranja stoma i redukciju drugih metaboličkih procesa (Dodd *i sar.*, 1996).

Kao hemijski signali suše su do sada kod paradajza najviše ispitivani biljni hormon abscisinska kiselina (ABA) i ACC (1-aminocyclopropane-carboxylic acid) koji je prekursor u sintezi hormona etilena. Povećanje sinteze ACC kao prekursora etilena dovodi do povećanja produkcije ovog hormona (Stoll *i sar.*, 2000). Uticaj etilena na redukciju rastenja u uslovima suše zavisi i od interakcije sa abscisinskom kiselinom (Sharp *i sar.*, 2000). Hussain *i sar.* (1999a) su pokazali da je smanjena površina listova kod biljaka paradajza izloženih mehaničkom stresu povezana sa porastom etilena. Visoka koncentracija etilena redukuje razvoj ksilema (Zabel i Roberts, 1978), tako što inhibira polarni transport auksina (Beyer i Morgan, 1971) koji su neophodni za rasteenje ćelija, ali i ksilemsku diferencijaciju (Sugiyama i Komamine, 1990), a od površine ksilema zavisi transport vode i mineralnih materija. Redukcija rastenja može nastati i pri promeni drugih hemijskih signala, kao što je npr. redukcija sadržaja citokinina do koje dolazi pri niskom sadržaju vode (Bano *i sar.*, 1993, 1994; Kudoyarova *i sar.*, 2007). Hemijski signal može biti i promena pH ksilema ili apoplasta koja takođe utiče na redukciju provodljivosti stoma

(Wilkinson i Davies, 1997; Wilkinson *i sar.*, 1998; Wilkinson, 1999) ili rasteње ćelija (Bacon *i sar.*, 1998; Davies *i sar.*, 2002).

Istraživanja sa hibridom Sunpak F₁ u uslovima staklenika imala su za cilj da doprinesu objašnjenju teorijske osnove PRD i RDI metoda, odnosno da li se u osnovi njihovih efekata na rasteње biljaka nalaze hidraulični ili hemijski signali suše i/ili njihovo interakcijsko dejstvo. Slično ispitivanjima Collins-a (2006) kod vinove loze, ispitivanja su bila prvenstveno bazirana na merenju sadržaja ABA u ksilemu koje može da ukaže na hemijske signale (Sl.5.21), i merenju vodnog potencijala listova (Ψ_1) koje ukazuje na hidraulične efekte suše (Sl.5.19). Promene u vodnom potencijalu listova (Ψ_1) pokazuju da je kod PRD, RDI i kontrolnih biljaka do 17-og dana eksperimenta vodni režim bio sličan, a da je posle tog perioda Ψ_1 počeo opadati kod PRD i RDI biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama (Sl.5.19). Na to ukazuje i smanjenje sadržaja vode u supstratu zalivane strane PRD biljaka, kao i smanjenje sadržaja vode u supstratu u celoj rizosferi kod RDI biljaka posle 17-og dana eksperimenta (Sl.5.18). Održavanje Ψ_1 kod PRD biljaka što je moguće približnije Ψ_1 kod kontrolnih biljaka nije bilo moguće u kasnoj fazi eksperimenta. Slično, Zegbe-Domínguez *i sar.* (2006) su pokazali da u nekim fazama razvića paradajza, vrednosti Ψ_1 su bile niže u poređenju sa kontrolnim biljkama. Liu *i sar.* (2006a, 2006b) ukazuju da bi Ψ_1 bio sličan kod PRD i kontrolnih biljaka neophodno je da sadržaj vode u supstratu zalivane strane PRD biljaka bude što je moguće približniji sadržaju vode u supstratu kontrolnih biljaka.

Održavanje Ψ_1 kod PRD biljaka moguće je da zavisi i od biljne vrste, tako da verovatno anizohidrične vrste mogu održavati vodni potencijal listova bolje nego izohidrične (Liu *i sar.*, 2006b). Dobijeni rezultati su pokazali i da su RDI biljke bile u kasnoj fazi eksperimenta izložene većem stepenu stresa u odnosu na PRD biljke jer je sa istom količinom upotrebljene vode za navodnjavanje Ψ_1 bio niži kod RDI biljaka u poređenju sa PRD biljkama (Sl.5.19). To nam ukazuje da je zalivanje jedne polovine korenovog sistema kod PRD biljaka doprinelo optimalnijem vodnom statusu izdanka, za razliku od RDI biljaka kod kojih je došlo do većeg stepena redukcije vodnog režima. Na osnovu ovih podataka može se pretpostaviti da hidraulični signali imaju veći uticaj na redukciju rasteња kod RDI biljaka u odnosu na PRD biljke. Slične rezultate u ispitivanjima efekata PRD i RDI na biljke paradajza dobili su Topcu *i sar.* (2006).

Dinamika promene u sadržaju ABA u ksilemu kod FI, RDI i PRD biljaka paradajza u toku eksperimenta prikazana je na Sl.5.21. Sadržaj ABA u ksilemu se najpre povećao kod

RDI biljaka od početnih 34.8 pmolml^{-1} do $180.0 \text{ pmolml}^{-1}$ 18-og dana da bi se do kraja eksperimenta održavao na sličnom nivou. Kod PRD biljaka 18-og dana sadržaj ABA u ksilemu je bio sličan sadržaju ABA u ksilemu kontrolnih biljaka, da bi 28-og i 35-og dana bio veći u odnosu na kontrolne biljke, odnosno sličan RDI biljkama. Slično, Dodd *i sar.* (2006) u svojim eksperimentima su došli do rezultata da u poređenju sa kontrolnim biljkama, ksilemska ABA je bila značajno veća kod PRD biljaka, čak veća i u poređenju sa RDI biljkama, što se pokazalo i u našim istraživanjima u poslednjem merenju (Sl.5.21).

Veći porast sadržaja ABA u ksilemu kod RDI biljaka u odnosu na PRD biljke (kao i vrednosti Ψ_1) u prvoj polovini eksperimenta ukazuje da su RDI biljke bile izložene većem stepenu stresa od PRD biljaka u tom periodu. U skladu sa rezultatima Sobeih-a *i sar.* (2004), mi smo takođe dobili da je pre povećanja sadržaja ABA u ksilemu došlo u početnoj fazi eksperimenta do smanjenja provodljivosti stominih ćelija kod PRD i RDI biljaka (Sl.5.20-B). Ovo nam može ukazati da i drugi hemijski signali, a ne samo ksilemska ABA indukuju zatvaranje stoma u odsustvu smanjenja Ψ_1 (Sobeih *i sar.*, 2004). Po rezultatima Topcu *i sar.* (2006) sadržaj ABA u ksilemu PRD i RDI biljaka je dinamičan, pre navodnjavanja je dosta veći u odnosu na period posle navodnjavanja. To je verovatno i razlog parcijalne otvorenosti stoma, jer da je konstantno sadržaj ABA u ksilemu PRD i RDI biljaka visok, došlo bi do potpunog zatvaranja stoma što bi za posledicu imalo redukciju fotosinteze i konačno prinosa u mnogo većem obimu. Očigledno, da pošto je sadržaj ABA u ksilemu kod PRD i RDI biljaka dinamičan rezultati mnogo zavise i od vremena uzimanja uzoraka. Tako da buduća istraživanja zahtevaju češće uzimanje uzoraka ksilemskog soka za praćenje dinamike sadržaja ABA u ksilemu uz istovremeno praćenje g_s , jer optimizacija sadržaja ABA u biljkama podrazumeva u isto vreme i ostvarivanje maksimalnog WUE (Dodd *i sar.*, 2006). Najnovija istraživanja ukazuju da bi uticaj ABA mogao biti regulisan različitim faktorima kao što su: pH, rizobakterije, joni i apoplastične β -glukozidaze u listovima (Wilkinson, 1999; Davies *i sar.*, 2005; Dodd *i sar.*, 2006; Jiang i Hartung, 2007).

Generalno, ogled u stakleniku je ukazao da su reakcije rastenja RDI biljaka prvenstveno rezultat većeg stepena stresa kome su one bile izložene i stoga rezultat dejstva tzv. »hidrauličnih signala«. Reakcije PRD biljaka se, međutim u ranim fazama dejstva stresa mogu pripisati tzv. »hemijskim signalima« suše dok u kasnijim fazama dejstva stresa verovatno dolazi do interakcijskog dejstva i »hemijskih« i »hidrauličnih signala«.

Eksperiment u stakleniku imao je i za cilj da ispita kako PRD i RDI utiču na provodljivost stoma (g_s) i intenzitet fotosinteze (A), a od kojih zavisi ne samo rastenje i razviće već i prinos gajenih biljaka. U poređenju sa FI biljkama, g_s je bila značajno niža kod PRD i RDI biljaka (Sl.5.20-B), i to uglavnom u kasnoj fazi eksperimenta. Međutim, značajno je istaći da je do redukcije g_s došlo i u početnoj fazi eksperimenta, čak nešto više kod PRD nego kod RDI biljaka kada još uvek nije bilo promena u Ψ_1 (Sl.5.19). To nam ukazuje da su hemijski signali verovatno bili odgovorni za redukciju g_s u tom periodu, slično drugim rezultatima (Sobeih *i sar.*, 2004). Međutim daljim izlaganjem (posle 17-og dana) biljaka delimičnom sušenju korenova i regulisanom deficitu navodnjavanja došlo je do redukcije g_s kod oba tretmana u odnosu na kontrolu, što je u skladu sa nižim Ψ_1 (Sl.5.19). Prema tome, u kasnoj fazi eksperimenta, a slično rezultatima koji su na krompiru dobili Liu *i sar.* (2005), promene u provodljivosti stoma kod primenjenih tretmana su verovatno u korelaciji sa interakcijom hemijskih i hidrauličnih signala koji nastaju zbog pada sadržaja vode u zemljištu.

Postoji više različitih studija koje ukazuju da ABA ima značajnu ulogu u regulaciji reakcija stoma u uslovima nedostatka vode (Mansfield *i sar.*, 1990; Holbrook *i sar.*, 2002). Naši rezultati su u skladu sa većinom objavljenih radova po kojima je u uslovima nedostatka vode, kao i pri primeni PRD i RDI tretmana navodnjavanja došlo do redukcije g_s (Hartung, 2004; Liu *i sar.*, 2006b; Tahi *i sar.*, 2007). Ipak, postoje i oprečni rezultati kao što su rezultati Saab-a i Sharp-a (1989) koji nisu zabeležili promene u provodljivosti stoma kod biljaka kukuruza izloženih suši iako je istovremeno došlo do redukcije rastenja. Uzrok mogu biti značajne genotipske razlike u osetljivosti stoma na nehidraulične (hemijske) signale kod različitih biljnih vrsta (Crocker *i sar.*, 1998).

U poređenju sa reakcijama stoma, proces fotosinteze je bio manje osetljiv, tako da se nije značajno razlikovao kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolne biljke (Sl.5.20-A), a u saglasnosti je sa drugim rezultatima kod paradajza (Tahi *i sar.*, 2007). Kao rezultat redukcije g_s i nepromenjenog intenziteta fotosinteze došlo je do povećanja efikasnosti korišćenja vode na nivou listova (WUE_l) kod PRD i RDI biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama (Sl.5.20-C). Dobijeni rezultat je u skladu sa rezultatima primene PRD na vinovoj lozi (de Souza *i sar.*, 2005a,b), krompiru (Liu *i sar.*, 2006b) i paradajzu (Tahi *i sar.*, 2007).

Poznato je da bi zatvaranje stoma moglo biti glavni uzrok za redukciju asimilacije CO_2 u toku izraženog stresa. Međutim, naši rezultati su pokazali da redukcija provodljivosti stoma, kao rani odgovor biljaka na PRD tretman nije imalo za posledicu

smanjenje intenziteta fotosinteze. To se slaže sa rezultatima koje su u eksperimentima na vinovoj lozi dobili de Souza *i sar.*, (2003) i koji su došli do zaključka da bi parcijalno zatvaranje stoma dejstvom PRD tretmana moglo sprečiti preterano odavanje vode, a to bi doprinelo održavanju vodnog režima biljaka. Takva reakcija stominih ćelija je od posebnog značaja jer omogućava biljci da pri izlaganju stresu suše efikasnije iskorišćava vodu za procese rastjenja i metabolizma i da tako umanja nepovoljno dejstvo dehidracije (Jones, 1980; Zhang i Davies, 1989). To bi takođe moglo da spreči metaboličku inhibiciju usvajanja CO₂ što se dešava ukoliko je suša intenzivnija (Chaves *i sar.*, 2002). Ovi podaci su slično Ψ_1 takođe pokazali da su A, i posebnog, bili niži u kasnoj fazi eksperimenta kod RDI biljaka u poređenju sa PRD biljkama iako je upotrebljena ista količina vode za navodnjavanje (Sl.5.20-A,B). To ukazuje da PRD tretman doprinosi održanju fotosinteze u uslovima većeg stepena stresa.

Generalno, naša istraživanja su takođe pokazala da efekat ispitivanih tretmana zavisi od ispitivanog hibrida, ali i uslova u kojima se hibridi gaje, da li je u pitanju supstrat ili zemljište, koliki je stepen redukcije količine vode i koliko je dugo trajalo izlaganje biljaka nedostatku vode. Iz dobijenih rezultata se vidi da je najveća redukcija rastjenja kod PRD i RDI biljaka bila kod hibrida Sunpak F₁ i Astona F₁ gajenih u komori za gajenje biljaka, kao i to da su se između ovih hibrida ispoljile razlike. Ukupni efekat je bio veći na Sunpak F₁ hibrida nego na hibrid Astona F₁. Ta razlika je i za očekivati jer je Sunpak F₁ hibrid determinantnog tipa i stoga osetljiv na sve faktore i uslove koji mogu dodatno da utiču na njegovo rastjenje. Veći stepen reakcije hibrida Sunpak F₁ na PRD i RDI tretman u uslovima komore za gajenje biljaka u odnosu na staklenik ukazuje da se razlike mogu pripisati i uslovima gajenja biljaka. U komori za gajenje biljaka uslovi za rastjenje biljaka su bili optimalniji i potrošnja vode, posebno u PRD uslovima je bila veća. To je evidentno iz vlažnosti supstrata kod RDI tretmana, ali i proseka za obe strane PRD tretmana koja je u stakleniku bila 20%, dok je u komori bila oko 15%.

Efekat uslova gajenja, ali i dužina trajanja navodnjavanja su posebno bili izraženi pri gajenju biljaka u plasteniku. Navodnjavanje, odnosno broj okreta kod PRD biljaka, je bio najkraći prve godine (iz objektivnih razloga zbog relativno kasne postavke sistema navodnjavanja), tako da su bile i najmanje razlike između ispitivanih sistema. Takođe i fizičko-hemijske osobine zemljišta su mogle značajno da utiču. Ako uporedimo vlažnost zemljišta za različite hibride u plasteniku videćemo da su u korelaciji sa redukcijom prinosa. Najveća redukcija je bila kod hibrida Abellus F₁, gdje je sadržaj vode u zemljištu

kod RDI navodnjavanja bio oko 20%, u poređenju sa hibridima Cedrico F₁ i Amati F₁, gdje je sadržaj vode u zemljištu kod RDI navodnjavanja bio 25%. Manji efekat na rastenje biljaka u uslovima plastenika u odnosu na druge sisteme gajenja je verovatno i posledica većeg razvoja korenovog sistema koji u plasteniku može više da raste i usvaja vodu sa većih dubina nego što je to slučaj sa korenima koji raste u saksijama. To nam ukazuje da pri primeni sistema navodnjavanja u plasteniku treba voditi računa i o fizičkim osobinama zemljišta.

Istraživanja dužine trajanja fenofaza su pokazala da je kod PRD i RDI biljaka gajenih u komori došlo do ubrzavanja fenofaza. Takođe period cvetanja je bio kraći kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolu, a kao rezultat obrazovao se manji broj cvetova po biljci kod hibrida Sunpak F₁ i Astona F₁ (Sl.5.8 i 5.9). Međutim, broj plodova kod PRD i RDI biljaka nije se značajno razlikovao u poređenju sa kontrolnim biljkama, tako da je odnos broja plodova i broja cvetova bio veći kod PRD i RDI biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama, što je u skladu sa rezultatima koje su Davies *i sar.* (2000) dobili u eksperimentima na paradajzu. Ovakvi rezultati ukazuju na manju abortivnost cvetova kod PRD i RDI biljaka u poređenju sa kontrolom (Sl.5.11). Dalja istraživanja efekta PRD i RDI tretmana na proces cvetanja i, posebno, njegovu hormonalnu regulaciju trebalo bi da objasne ovaj proces.

6.3 Rastenje plodova i mehanizmi regulacije

Ispitivani tretmani navodnjavanja su pokazali i značajan efekat na rastenje plodova paradajza. Taj efekat je ispitivan sa dva aspekta i to sa aspekta objašnjenja dejstva primenjenih tretmana na sam mehanizam rasteća ćelija ploda, posebno njegovu biohemijsku osnovu, i sa aspekta ostvarenog prinosa, kvaliteta plodova i efikasnosti korišćenja vode.

Za analizu uticaja ispitivanih tretmana na rastenje plodova korišćene su, slično analizi rasteća biljaka, regresione krive trećeg stepena (Sl.5.10). Po obliku su kao i krive rasteća za druge organe bile simetrične i zvonastog oblika (Monselise *i sar.*, 1978). Inicijalna, kratka faza rasteća (odgovarala bi fazi deobe ćelija) je nastavljena sa eksponencijalnom fazom u kojoj dolazi do izduživanja ćelija egzokarpa, a što se manifestuje intenzivnim porastom dijametra plodova. Posle ove faze brzina rasteća ćelija opada i dostiže vrednosti bliske nuli tako da plodovi dostižu svoju konačnu veličinu. Kada

plodovi završe rastenje sledi faza sazrevanja u kojoj se aktivira niz metaboličkih procesa koji rezultiraju obrazovanjem zrelih plodova (Gillaspy *i sar.*, 1993).

Dobijeni rezultati za različite tretmane kod hibrida Sunpak F₁ (Sl.5.10-A) su pokazali da je maksimalna brzina rasteња plodova bila slična kod RDI i kontrolnih biljaka, dok je nešto niža maksimalna brzina rasteња bila kod PRD biljaka. Takođe, rezultati su pokazali da se između tretmana javila razlika u dužini trajanja i vremenu pojave eksponencijalne faze. Tako je maksimalna brzina rasteња plodova kod RDI biljaka dostignuta 7 dana ranije u odnosu na PRD i kontrolne biljke gde je eksponencijalna faza trajala 2 nedelje duže. To je za rezultat imalo plodove značajno većeg prečnika (72.5mm i 77.4mm) (Tab.5.1).

Ovakve razlike se nisu ispoljile kod hibrida Astona F₁ gde je maksimalna brzina rasteња plodova bila slična kod biljaka sva tri tretmana (Sl.5.10-B). Razlike su se ispoljile u vremenu pojave eksponencijalnog rasta koji je kod RDI biljaka počeo posle 10 dana od pojave ploda i trajao narednih 10 dana, dok je kod PRD biljaka taj rast započeo 15-tog dana od pojave, pri čemu su plodovi dostigli prečnik od 52.4mm i 52.5mm. Kod kontrolnih biljaka došlo je do produživanja faze ubrzanog rasteња plodova u odnosu na PRD i RDI biljke, što je za rezultat imalo plodove značajno većeg prečnika od 61.5mm (Tab.5.2). Ako se ovi rezultati uporede sa rezultatima drugih autora po kojima razviće plodova kod komercijalnih hibrida paradajza traje oko 7 nedelja (Gillaspy *i sar.*, 1993) i po kojima se u toku tog perioda prečnik plodova poveća od nekoliko mm do 35-70mm (Andrews, 2003), onda na osnovu dobijenih rezultata možemo zaključiti da je dužina perioda rasteња plodova zavisila i od primenjenog sistema navodnjavanja. Plodovi kod RDI biljaka su prvi dostigli punu zrelost (36-og dana od pojave) u poređenju sa plodovima PRD biljaka (43-eg dana od pojave) i plodovima kontrolnih biljaka (50-og dana od pojave). Krive rasteња plodova nam ukazuju da je na konačnu veličinu ploda paradajza više uticala dužina trajanja procesa rasteња od maksimalne brzina rasteња. Kod rasteња celih biljaka, kako dužina trajanja tako i brzina rasteња, su imale značajnu ulogu.

Ispitivanja aktivnosti enzima peroksidaze u ćelijama egzokarpa plodova hibrida Sunpak F₁ imala su za cilj da objasne razlike u rasteњу plodova kod PRD, RDI i FI biljaka (Sl.5.17-C). Ovi rezultati su pokazali da je aktivnost peroksidaze bila značajno veća u egzokarpu plodova kod PRD i RDI biljaka u poređenju sa kontrolnim biljkama, ali i da su se ispoljile razlike između PRD i RDI biljaka. U egzokarpu plodova kod RDI biljaka, aktivnost peroksidaze počela je rasti 15-og dana od pojave plodova koji odgovara periodu kada je rasteње plodova počelo da opada. Najveća aktivnost je izmerena u potpuno

razvijenim plodovima (36-og dana) kada je brzina rasteња plodova bila minimalna (Sl.5.17-A). Suprotno, u plodovima biljaka PRD tretmana rapidno povećanje aktivnosti peroksidaze počelo je 36-og dana eksperimenta kada je rasteње plodova prekinuto, a najveća aktivnost bila je 43-eg dana kada su plodovi bili u fazi sazrevanja (Sl.5.17-A). Kod kontrolnih biljaka nije bilo značajnijih promena u aktivnosti peroksidaze u egzokarpu plodova u toku eksperimenta, verovatno zato što su plodovi ovih biljaka kontinuirano rasli tokom eksperimenta (Sl.5.17-A).

Dobijeni rezultati o aktivnosti peroksidaze u plodovima PRD i RDI tretiranih biljaka otvaraju pitanje: da li povećanje aktivnosti enzima peroksidaze može biti povezano sa zaustavljanjem rasteња plodova ili sa sazrevanjem? Veoma je teško dati odgovor na dato pitanje zato što je veoma malo publikovanih podataka o efektima stresnih faktora na aktivnost peroksidaza ćelijskog zida u plodovima ili listovima. Bacon *i sar.* (1997) su dobili da je inhibicija rasteња listova *Lolium temulentum* izloženih suši povezana sa povećanjem aktivnosti peroksidaza. Takođe Jovanović *i sar.* (2004) su imali slične efekte kod listova kukuruza izloženog deficitu azota.

Prema rezultatima Vicente *i sar.* (2007) moguće je da se u toku sazrevanja plodova promene mehaničke osobine i metabolizam ćelijskog zida, a što bi moglo indukovati nastajanje novih izoenzima peroksidaze u ćelijskom zidu egzokarpa plodova paradajza (Andrews *i sar.*, 2000). Andrews *i sar.* (2002) su takođe pokazali da izoenzimi peroksidaze locirani u egzokarpu imaju dvostruku ulogu, u ograničenju rasteња ćelija plodova paradajza i stvaranju zaštitnih barijera protiv prodiranja patogena u epidermis. Rezultati Andrews-a (2003) takođe ukazuju i na mogućnost da je povećanje u aktivnosti peroksidaza u toku sazrevanja plodova kod PRD biljaka indukovano etilenom čija se produkcija povećava u toku degradacije pigmenata hlorofila prilikom sazrevanja plodova. U plodovima paradajza u toku sazrevanja povećanje koncentracije etilena je deo metaboličkih promena (Gillaspy *i sar.*, 1993), tako da je deo tih promena možda i indukcija aktivnosti peroksidaza (Andrews, 1995). Takođe, porast aktivnosti peroksidaza u uslovima nedostatka vode (Aganchich *i sar.*, 2007) može da predstavlja i adaptivnu reakciju na sintezu aktivnih oksidativnih supstanci i jedinjenja i slobodnih radikala koje su toksične za biljku (Sofa *i sar.*, 2004, 2005), a koja mogu dovesti do oštećenja ćelijskih membrana (Smirnoff *i sar.*, 1993). Uloga peroksidaza jeste u eliminaciji oksidanata iz ćelija, ali porast aktivnosti enzima takođe može da dovede do promene mehaničkih osobina ćelijskog zida

(indukuju lignifikaciju), da izazove inaktivaciju auksina, a što dovodi do obustavljanja rastenja i što je u korelaciji sa adaptacijom na sušu (Sofa *i sar.*, 2005).

Na osnovu raspoloživih podataka u ovoj tezi teško je zaključiti šta je izazvalo raniji porast i veću aktivnosti peroksidaze u egzokarpu plodova kod RDI biljaka u odnosu na PRD biljke. Moguće je da se u osnovi te razlike nalazi veći stepen stresa suše kome su RDI biljke bile izložene u odnosu na PRD biljke, ali i razlika u hormonalnom statusu plodova.

Jedan od mehanizama kontrole aktivnosti peroksidaza ćelijskog zida mogao bi obuhvatiti biljni hormon abscisinsku kiselinu (ABA), budući da su rezultati Lee i Lin (1996) i Lin i Kao (2001) ukazali da povećanje u koncentraciji ABA prethodi povećanju aktivnosti ovog enzima u korenovima pirinča. Povećanje pH u apoplastu u uslovima suše, bi takođe moglo dovesti do povećanja aktivnosti peroksidaze i redukcije rastenja plodova (Bacon *i sar.*, 1998; Mingo *i sar.*, 2003). Ukoliko pretpostavimo da akumulacija ABA stimuliše aktivnost peroksidaza ćelijskog zida (Bacon, 1999), razlika u akumulaciji ABA kod PRD i RDI biljaka u ogledu u stakleniku mogla bi da objasni razlike u aktivnosti enzima. Naši rezultati u ogledu u stakleniku su pokazali da je kod RDI biljaka paradajza ksilemska ABA počela da raste (od 34.8 pmolml⁻¹ do 180.0 pmolml⁻¹) u periodu koji bi vremenski prethodio (dva dana ranije) početku povećanja aktivnosti peroksidaze. Slično povećanje ABA u ksilemu (od 34.8 pmolml⁻¹ do 155.8 pmolml⁻¹) izmereno je sedam dana kasnije kod PRD biljaka u fazi rastenja plodova koja se podudara sa početkom sazrevanja plodova. Međutim, da bi se ovakva uloga ksilemske ABA proverila potrebno bi bilo izmeriti i količinu ovog hormona u egzokarpu plodova i utvrditi eventualnu korelaciju sa aktivnošću peroksidaze ili pojavu izoformi ovog enzima, ali to ostaje za buduća istraživanja.

6.4 Produktivnost i prinos

Ispitivanja u ovoj disertaciji su obuhvatila i parametre produktivnosti biljaka, koji se baziraju na merenju biomase i asimilatorne površine i mogu da ukažu na proces rastenja i produkcije u toku ontogeneze biljaka.

Relativna brzina rastenja (RGR) je najznačajniji ekološki indikator rastenja jer predstavlja relativno povećanje suve mase biljke u jedinici vremena. Merenja relativne brzine rastenja (RGR) kod oba hibrida su pokazala da su najveće vrednosti ovog parametra utvrđene u fazi cvetanja i da su vrednosti opadale prema kraju vegetacione sezone. Ovakav karakterističan pad relativne brzine rastenja u toku razvića biljke utvrđen je i kod drugih

povrtnarskih i ratarskih kultura (Delgado i Medrano, 1991; Wheeler *i sar.*, 1993; Jovanović, 2001). Rezultati ispitivanja su pokazali da nije bilo značajne razlike u vrednostima RGR između različitih tretmana (PRD, RDI i FI) kod testiranih hibrida paradajza Sunpak F₁ i Astona F₁ (Sl.5.13-A i 5.14-A). Razlike u relativnoj brzini rastenja (RGR) među vrstama uglavnom su vezane za razlike u procesima fotosinteze i respiracije, što se odražava i na parametre produktivnosti biljaka (Lambers i Poorter, 1992). Velike vrednosti relativne brzine rastenja mogu biti vezane za promene ostalih parametara produktivnosti, i to za veliku brzinu neto asimilacije-NAR (veća fotosinteza ili mala respiracija biljke), SLA i/ili LWR, dok je sporije rasteње biljaka vezano za male vrednosti SLA (Poorter i Remkes, 1990).

Brzina neto asimilacije (NAR) je promena u suvoj masi biljke po jedinici lisne površine u jedinici vremena i predstavlja meru efikasnosti asimilatornih organa u produktivnosti biljke. Ukupna produkcija suve mase biljaka zavisi kako od veličine fotosintetskog sistema ili njene aktivnosti, tako i od dužine perioda rasteња u kome se odvija taj proces. Merenja NAR kod oba hibrida su takođe pokazala da su najveće vrednosti ovog parametra utvrđene u fazi cvetanja kod kontrolnih biljaka i da su vrednosti opadale prema kraju vegetacione sezone, pri čemu su utvrđene više vrednosti ovog parametra kod biljaka hibrida Astona F₁ u odnosu na biljke hibrida Sunpak F₁. Neto asimilacija kao mera produktivnosti imala je velike vrednosti u fazi intenzivnog rasteња biljke kada se ugljenik uglavnom koristi za produkciju listova, povećanje lisne površine a što će kasnije usloviti distribuciju fotosintata usmerenu ka plodovima. Ispitivanja su pokazala da nije bilo značajne razlike u vrednostima ovih parametara između različitih tretmana (PRD, RDI i FI) kod testiranih hibrida paradajza Sunpak F₁ i Astona F₁ (Sl.5.13-B i 5.14-B). Veća NAR kod biljaka hibrida Sunpak F₁ u fazi cvetanja u odnosu na biljke hibrida Astona F₁ je kao rezultat imala verovatno veći intenzitet fotosinteze i produkciju suve mase (Sl.5.5 i Sl.5.6). Vrednosti NAR se kod biljaka hibrida Sunpak F₁ mogu povezati sa merenjima fotosinteze u ogledu u stakleniku. Takođe naša merenja intenziteta fotosinteze kod biljaka hibrida Sunpak F₁ su pokazala da nije bilo značajnih razlika između tretmana (Sl.5.20-A). Slične vrednosti NAR kod biljaka svih testiranih tretmana se mogu objasniti sličnim intenzitetom fotosinteze (Sl.5.20-A).

Brzina neto asimilacije zavisi i od relativne lisne površine (LAR) koja odražava veličinu fotosintetske površine u odnosu na suhu masu biljke. Relativna lisna površina

(LAR) se definiše kao odnos površine listova i suve mase biljke, i predstavlja proizvod specifične lisne površine (SLA) i odnosa lisne mase (LWR).

Rezultati merenja relativne lisne površine su pokazali da su kod kontrolnih biljaka hibrida Sunpak F₁ u fazi cvetanja utvrđene više vrednosti ovog parametra u odnosu na biljke hibrida Astona F₁. U toku vegetacije kod biljaka hibrida Sunpak F₁ došlo je do porasta relativne lisne površine, dok je kod biljaka hibrida Astona F₁ došlo do opadanja vrednosti ovog parametra do kraja eksperimenta. Povećanje LAR kod biljaka hibrida Sunpak F₁ verovatno je uslovljeno intenzivnim povećanjem lisne površine u toku kasnijih faza razvića u odnosu na hibrid Astona F₁. Naši rezultati merenja LAR su pokazala da je kod hibrida Sunpak F₁ došlo do značajne redukcije ovog parametara pod uticajem PRD i RDI tretmana u poređenju sa kontrolom (Sl.5.15-A). Pošto se LWR nije značajno razlikovao kod PRD i RDI biljaka u poređenju sa kontrolom (Sl.5.15-C), redukcija LAR je nastala kao posledica redukcije SLA kod PRD i RDI biljaka (Sl.5.15-B), ali i zbog značajne translokacije suve materije u koren (povećanja odnosa koren/izdanak) (Sl.5.7-A). Do redukcije SLA je došlo zbog redukcije lisne površine kod tih biljaka (Sl.5.2-C).

Rezultati drugih autora takođe pokazuju da povećanje translokacije suve materije u koren ima presudnu ulogu u redukciji LAR u uslovima stresa, kao i redukcija lisne površine (Greco i Cavagnaro, 2005; Baraloto *i sar.*, 2006). Redukcija SLA može nastati i zbog izvesnih promena morfoloških i fizioloških karakteristika listova (Evans i Poorter, 2001), kao što je nagomilavanje materija kao što su lignin i fenoli, a što predstavlja adaptaciju na uslove stresa (Grime i Mackey, 2002). Takođe, moguće je pošto SLA zavisi od sadržaja vode po jedinici suve mase (Poorter, 1989), da je on bio manji kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolu.

Kod hibrida Astona F₁, međutim, pod uticajem PRD i RDI tretmana nije došlo do značajne redukcije LAR, SLA i LWR (Sl.5.16). Može se pretpostaviti da je to bila posledica manje translokacije asimilata u koren (Sl.5.7-B) i verovatno drugačijih morfoloških karakteristika listova ovog hibrida ili njegove manje osetljivosti na uslove stresa suše.

Različite korelativne analize su pokušale da utvrde najznačajniji parametar koji uslovljava razliku u vrednostima relativne brzine rastenja. Korelacija parametara rastenja i produktivnosti biljaka kod većine travnatih C3 biljaka pokazala je da je RGR u korelaciji sa LAR i SLA, ali ne i sa NAR. Merenja na različitim vrstama trava (Van der Werf *i sar.*, 1998) pokazala su da je variranje u RGR kod dikotila uglavnom vezano za promene

vrednosti NAR, dok je kod monokotila to vezano za LAR i ostvaruje se preko efekta na specifičnu lisnu površinu.

Analize rastenja pokazuju da SLA mnogo više objašnjava variranja u RGR od ostalih parametara koji su vezani za lisnu površinu. Tako je sporije rasteње biljaka uglavnom karakteristično za male vrednosti SLA, kao što je to utvrđeno kod različitih biljnih vrsta (Garnier, 1992). Niske vrednosti specifične lisne površine ukazuju na manju površinu lista za usvajanje svetlosti i CO₂, a što vodi smanjenju relativne brzine rasteња. Veću korelaciju između LAR i SLA u odnosu na LAR i LWR takođe je dobio veći broj autora u svojim istraživanjima (Poorter i Lambers, 1991; Hunt i Cornelissen, 1997; Reich, 1998).

Rezultati Poorter-a (1999) i Lamers-a *i sar.*, (2006) su ukazali da LAR ima veći uticaj na RGR u uslovima slabijeg intenziteta osvetljenja, dok NAR ima veći uticaj u uslovima većeg intenziteta osvetljenja. To je potvrđeno u eksperimentima kod trava i mladog drveća u laboratorijskim uslovima (Shipley, 2002). Stoga je moguće pretpostaviti da su optimalni svetlosni uslovi u komori za gajeње biljaka razlog većeg uticaja NAR na RGR, a da pri tome nije došlo do promene ovog parametra pod uticajem PRD ili RDI tretmana. Veća NAR u fazi cvetanja kod biljaka hibrida Sunpak F₁ u odnosu na biljke hibrida Astona F₁ kod svih testiranih tretmana je, verovatno, posledica većeg intenziteta fotosinteze pri čemu je došlo do obrazovanja veće lisne površine, ali i mase kod biljaka Sunpak F₁ hibrida (Sl.5.2-C i 5.5-A) u odnosu na biljke hibrida Astona F₁ (Sl.5.3-C i 5.6-A).

Naši rezultati su pokazali da je generalno kod ispitivanih hibrida i u svim ispitivanim sistemima gajeња došlo do redukcije svih ili nekog od ispitivanih parametara prinosa (broja plodova, prečnika plodova, sveže i suve mase plodova) kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolne biljke, sa izuzetkom hibrida Amati F₁ kod koga je došlo do povećanja prinosa kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolne biljke. Kod hibrida Sunpak F₁ značajno je bila redukovana samo sveža masa plodova kod PRD biljaka, dok su kod RDI biljaka bili značajno redukovani prečnik plodova, sveža i suva masa plodova u odnosu na kontrolne biljke (Tab.5.1). Kod hibrida Astona F₁ značajno je bila redukovana samo suva masa plodova kod PRD biljaka, dok su kod RDI biljaka značajno bili redukovani prečnik plodova, sveža i suva masa plodova u odnosu na kontrolne biljke (Tab.5.2).

U proizvodnim uslovima u plasteniku kod hibrida Abellus F₁ značajno je bila redukovana samo sveža masa plodova kod PRD biljaka, dok su kod RDI biljaka značajno bili redukovani prečnik plodova i sveža masa plodova u odnosu na kontrolne biljke

(Tab.5.13). Kod hibrida Cedrico F₁ značajno su bili redukovani broj plodova, sveža i suva masa plodova kod PRD biljaka, dok kod RDI biljaka nije bilo značajne redukcije nijednog od ispitivanih parametara prinosa u odnosu na kontrolne biljke (Tab.5.14). Kod hibrida Amati F₁ značajno je bila povećana suva masa plodova kod PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolne biljke (Tab.5.15).

Ono što je evidentno jeste, da je kod biljaka svih ispitivanih hibrida bila veća redukcija sveže mase plodova u odnosu na suhu masu plodova kod PRD i RDI biljaka, što nam ukazuje na procentualno veći sadržaj suve materije u plodovima biljaka kod PRD i RDI biljaka u odnosu na plodove kod kontrole. Manji sadržaj vode u plodovima paradajza prema Zegbe-Dominguez-u *i sar.* (2003) mogao bi biti od pozitivnog značaja za industrijsku preradu paradajza, zbog manje količine potrebne energije za evaporaciju vode iz plodova.

Povećanje ili održanje sadržaja suve materije u plodovima paradajza mogao bi biti rezultat smanjenog transporta vode (Ehret i Ho, 1986; Willumsen *i sar.*, 1996) i/ili promene brzine transporta asimilata prema plodovima (Jones, 2004). To se kod PRD biljaka može objasniti hipotezom Davies-a *i sar.* (2000), po kojoj plodovi paradajza u toku razvoja postaju hidraulično izolovani od ostatka biljke i da to potom utiče na transport hormona i rastenje biljaka. Ova hipoteza je bazirana na radovima Lee-a (1989), André-a *i sar.* (1999) i Van Ieperen-a *i sar.* (2003), koji su na poprečnom preseku peteljke paradajza u zoni abscisije uočili redukciju površine ksilema koja je imala za posledicu visoku hidrauličnu otpornost za transport vode. Ho *i sar.* (1987) su utvrdili da se u kasnijim fazama rasteња plodova paradajza zbog smanjenja površine ksilema čak 90% vode transportuje kroz floem. Takođe, ispitivanja ksilema u zoni abscisije peteljke ploda paradajza su pokazala da mnogi ksilemski sudovi u toj zoni nisu funkcionalni (Rančić *i sar.*, 2007). Prema Davies-ovoj hipotezi smanjena provodljivost ksilema je uzrok što ABA, koja se transportuje ksilemom iz korena ne može da dopre u plodove PRD biljaka, kao što dopire u listove da bi dovela do redukcije procesa rasteња. Pošto ne dolazi do akumulacije ABA u plodovima efekat PRD na rastenje plodova je mnogo manji nego što je efekat na rastenje listova i izdanka.

Hidraulična izolacija plodova od ostatka biljke kod paradajza je verovatno u osnovi truleža plodova i drugih bolesti izazvanih nedostatkom kalcijuma (Ehret i Ho, 1986). Kalcijum se u plodove transportuje ksilemom i to najvećim delom u ranim fazama razvića plodova. Ukoliko izostane transport u ranoj fazi, do pojave nedostatka kalcijuma dolazi u

kasnijem razviću plodova (Ehret i Ho, 1986). Naša merenja sadržaja kalcijuma u plodovima kod biljaka hibrida Abellus F₁ su ukazala da je došlo do pojave nedostatka kalcijuma u plodovima, ali kod biljaka sva tri testirana tretmana, dok između različitih tretmana nije bilo značajne razlike u sadržaju kalcijuma u plodovima (Tab.5.24). Deficijencija Ca u plodovima paradajza najefikasnije se može ukloniti folijarnom primenom Ca đubriva.

Hidraulična hipoteza može da objasni i veći efekat PRD i RDI tretmana na rastenje vegetativnih u odnosu na rastenje generativnih organa kod ispitivanih hibrida. Poznato je da uzajamni odnos između mesta sinteze asimilata (listovi) i mesta njihove potrošnje (meristemska tkiva, semena, cvetovi, plodovi) utiče na transport asimilata (Ho, 1992, 1996).. Redukcija lisne površine uz nesmetanu sintezu asimilata u procesu fotosinteze i njihova manja potrošnja za rastenje ćelija lista mogao je da omogući brži transport floemom asimilata ka plodovima. Na to ukazuje odnos između suve mase izdanka i plodova koji je generalno kod PRD i RDI biljaka manji u odnosu na kontrolom (Sl.5.12 i 5.24). Slične rezultate kod paradajza dobili su i Mingo *i sar.* (2003). Transport asimilata bi mogao da objasni i efekat cvetanja i odnos broja cvetova i plodova (Sl. 5.11), jer između cvetova i plodova takođe može da dodje do kompeticije za raspoložive asimilate. Ukoliko se broj cvetova smanjuje asimilati se u većem stepenu koriste za razvoj i rastenje plodova.

Literaturni podaci takođe pokazuju da je primena RDI ili PRD navodnjavanja paradajza dala različite rezultate u odnosu na prinos. Pulupol *i sar.* (1996) dobili su značajnu redukciju u suvoj masi plodova kod paradajza gajenog u stakleniku primenom RDI tretmana, kao i neki drugi istraživači u svojim eksperimentima (Kirda *i sar.*, 2004; Topcu *i sar.*, 2006, Tah i *sar.*, 2007). Suprotno, Mitchell *i sar.* (1991a), kao i Zegbe-Domínguez *i sar.* (2003) nisu dobili redukciju prinosa kod paradajza gajenog za industrijsku preradu u polju. Slično je i sa efektima PRD navodnjavanja. Rezultati za prinos hibrida Amati F₁, a koji su pokazali da nije došlo do njegove redukcije, odgovaraju mnogim literaturnim podacima za paradajz ali i vinovu lozu (Dry *i sar.*, 2000; Davies *i sar.*, 2000; Zegbe-Domínguez *i sar.*, 2004). Postoje, međutim, i podaci koji pokazuju da primena PRD i RDI može dovesti i do redukcije prinosa paradajza za 30% (Tah i *sar.*, (2007).

6.5 Kvalitet plodova i efikasnost korišćenja vode

Rezultati merenja parametara kvaliteta (sadržaja šećera, organskih kiselina i likopena, kao i ukupne antioksidativne aktivnosti) su pokazali da postoje razlike između ispitivanih hibrida i primenjenih sistema navodnjavanja (Tab.5.19, 5.20 i 5.21). Tako je PRD sistem navodnjavanja pokazao pozitivne efekte kod hibrida Cedrico F₁ (povećanje sadržaja šećera, organskih kiselina, likopena i antioksidativne aktivnosti), kod Amati F₁ došlo je do značajnog povećanja ukupne antioksidativne aktivnosti u plodovima kod PRD biljakau odnosu na kontrolu. Kod hibrida Abellus F₁ parametri kvaliteta plodova nisu se statistički značajno razlikovali kod PRD biljaka dok je kod RDI biljaka došlo do značajnog povećanja sadržaja šećera i smanjenja sadržaja likopena u plodovima u odnosu na kontrolu (Tab.5.19, 5.20 i 5.21). Primena delimičnog sušenja korenova je kao rezultat imala poboljšanje kvaliteta, slično podacima koje su drugi autori dobili za paradajz, ali i vinovu lozu (Dry *i sar.*, 1996; Davies *i sar.*, 2000; Loveys *i sar.*, 2000; Stikić *i sar.*, 2003). Takođe su i u plodovima RDI navodnjavanih biljaka neki od parametara kvaliteta bili bolji, naročito sadržaj šećera i organskih kiselina. Ovi rezultati su u skladu sa drugim rezultatima o povećanju sadržaja šećera i organskih kiselina u plodovima paradajza u uslovima nedostatka vode (Mitchell *i sar.*, 1991b; Veit-Kohler *i sar.*, 1999), i to naročito pri izraženijem vodnom deficitu (Nahari i Cretmacher, 2002).

Procena kvaliteta plodova paradajza je, međutim, dosta komplikovana, zato što kvalitativne osobine plodova zavise od velikog broja parametara, pre svega od ukupnog sadržaja šećera i organskih kiselina, od količine pigmenata koji uglavnom nastaju u toku sazrevanja, kao i od ukupne antioksidativne aktivnosti u plodovima. Visok sadržaj šećera i organskih kiselina generalno ima pozitivan efekat na kvalitet plodova (Jones i Scott, 1984; Mikkelsen, 2005).

Danas se posebno proučavaju jedinjenja koja utiču na oksidativne procese (Sies *i sar.*, 1998) kao što su karotenoidi, askorbinska kiselina, fenolna jedinjenja i α -tokoferoli (Abushita *i sar.*, 1997). Ova jedinjenja se ubrajaju u neenzimske antioksidativne materije, i takođe pored enzimskog antioksidativnog sistema imaju ulogu u metabolizmu aktivnih oksidativnih supstanci i slobodnih radikala u uslovima suše (Noctor i Foyer, 1998). Posebno je značajan sa nutritivnog aspekta sadržaj likopena. Ono što je, međutim, značajno je da sadržaj likopena više zavisi od faze sazrevanja, a manje od varijeteta (Leonardi *i sar.*, 2000). To može da objasni velika variranja sadržaja likopena za različite tretmane kod testiranih hibrida. Dovoljno je da su neki plodovi uzeti za analizu počeli sa

sazrevanjem dan ili dva kasnije ili ranije pa da se ispolji velika razlika u sadržaju likopena među njima. Povećanje ukupne antioksidativne aktivnosti u plodovima biljaka PRD tretmana u odnosu na kontrolu ima velikog značaja zato što je poslednjih godina u različitim studijama utvrđeno da antioksidativne materije predstavljaju zaštitni faktor protiv srčanih oboljenja (Gazzani *i sar.*, 1998), hipertenzije (Ascherio *i sar.*, 1992), katarakte (Leske *i sar.*, 1998), degradacije molekula (Seddon *i sar.*, 1994) i različitih vrsta kancera (Kushad *i sar.*, 1998).

Takođe u plodovima PRD i RDI biljaka kod hibrida Abellus F₁ nije zabeležen značajno manji sadržaj biogenih elemenata u odnosu na kontrolne biljke, izuzev sadržaja N i P u plodovima PRD biljaka (Tab.5.24), ali to smanjenje nije dovelo do nedostatka pomenutih elemenata u plodovima. Nedostatak Ca i Mn se javio u plodovima, ali kod sva tri testirana hibrida, a pošto se Ca i Mn transportuju ksilemom to je verovatno bio rezultat manjeg transporta vode ksilemom u plodove (Ho *i sar.*, 1987).

Ispitivanja sadržaja biogenih elemenata u drugim organima biljaka obavljena su sa ciljem da se utvrdi da li PRD ili RDI sistemi navodnjavanja mogu da povećaju efikasnost u usvajanju pojedinih elemenata, slično efektu na WUE. Međutim, u literaturi ne postoje podaci o uticaju PRD i RDI navodnjavanja na akumulaciju pojedinih elemenata u biljkama iako bi oni mogli imati značajnu ulogu u source/sink preraspodeli asimilata (Fujita *i sar.*, 2003) i regulaciji sadržaja rastvorljivih materija u plodovima (Mitchell *i sar.*, 1991a; Mikkelsen, 2005). Generalno pozitivni efekat PRD ili RDI na akumulaciju jona u ispitivanim organima (listovima, stablu, korenu) se uglavnom nije ispoljio. Izuzetak je akumulacija N u korenu kod PRD biljaka (Tab.5.6). Slično, veću akumulaciju azota u krtolama i listovima krompira kod PRD biljaka u odnosu na kontrolne biljke dobili su u istraživanjima Shahnazari *i sar.* (2008). Efekat redukcije jona u listovima i stablu je uglavnom obuhvatio srednje ili slabo pokretljive elemente floemom kao što su: Fe, Cu, Zn, Ca ili Mn (Tab.5.4, 5.5, 5.22 i 5.23). Međutim, ova redukcija nije dovela do značajnijeg deficita u sadržaju ovih elemenata a koja bi mogla da utiče na fiziološke procese.

Ono što treba posebno istaći je efekat PRD i RDI navodnjavanja na efikasnost useva u korišćenju vode (WUE_c). U literaturi postoji veliki broj podataka da se sa RDI tehnologijom može uštedeti značajna količine vode za navodnjavanje i da to rezultira povećanjem WUE_c, odnosno da se obrazuje više suve mase na račun manje količine utrošene vode (Kirada *i sar.*, 2004; Topcu *i sar.*, 2006; Tahiri *i sar.*, 2007). I naši rezultati su pokazali povećanje WUE_c kod hibrida Astona F₁, Abellus F₁, Cedrico F₁ i Amati F₁ kod

kojih je primenjen RDI sistem navodnjavanja. Povećanje WUE_c od strane RDI biljaka imali smo i kod hibrida Sunpak F_1 , ali to povećanje nije bilo statistički značajno u poređenju sa kontrolnim biljkama. Takođe, kod svih testiranih hibrida primenom PRD navodnjavanja dobili smo značajno povećanje WUE_c u odnosu na kontrolne biljke i to kod hibrida Sunpak F_1 , Astona F_1 , Abellus F_1 , Cedrico F_1 i Amati F_1 (Tab.5.1, 5.3, 5.16, 5.17 i 5.18). Slične rezultate za primenu PRD navodnjavanja kod paradajza ali i drugih poljoprivrednih kultura dobili su i drugi autori (Dry *i sar.*, 1996; Kirda *i sar.*, 2001; Mingo *i sar.*, 2004; Liu *i sar.*, 2005; de Souza *i sar.*, 2005a,b). Rezultati oglada u stakleniku su takođe pokazali pozitivan efekat PRD i RDI navodnjavanja na WUE_c .

Rezultati oglada u plateniku su pokazali da je kod PRD ili RDI biljka u proseku došlo do redukcije prinosa za oko 20% ukoliko se obračunava na svežu masu (efekat na suhu masu je mnogo manji), da je upotrebljeno oko 40% manje vode za navodnjavanje, ali da je kvalitet i posebno, količine antioksidanata kao veoma cenjene kvalitativne osobine (naročito kod PRD biljaka), porastao za oko 20%. Ovi rezultati su pokazali da se i po cenu manje redukcije prinosa može ostvariti kvalitetan prinos, a da se pri tome značajno uštedi voda za navodnjavanje.

7 ZAKLJUČCI

Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izvući sledeći zaključci:

1. Ispitivanja efekata deficita navodnjavanja (delimičnog sušenja korenova i regulisanog deficita navodnjavanja) na rastenje biljaka paradajza, a na osnovu merenja visine biljaka, broja i površine listova su pokazala da su tretmani deficita navodnjavanja uticali na rastenje vegetativnih organa biljaka. Pri tome su se ispoljile i značajne razlike u eksperimentalnim sistemima gde su primenjeni delimično sušenje korenova i regulisani deficit navodnjavanja, ali i genotipske razlike u reakciji biljaka na ove tretmane. Najveći stepen redukcije rastenja bio je kod hibrida Sunpak F₁ i Astona F₁ gajenih u komori za gajenje biljaka, zatim kod hibrida Sunpak F₁ gajenog u stakleniku, dok je najmanji stepen redukcije bio kod hibrida Abellus F₁, Cedrico F₁ i Amati F₁ koji su gajeni u plasteniku. To nam ukazuje da su stepen stresa odnosno količina vode u supstratu ili zemljištu, imali značajnu ulogu u ispoljavanju efekata testiranih tretmana.

2. Merenja biomase listova i stabla su takođe ukazala na redukciju njihovog rastenja kod delimičnog sušenja korenova i regulisanog deficita navodnjavanja u odnosu na kontrolu, ali ta razlika kod nekih od testiranih hibrida nije bila statistički značajna. Merenja biomase korena su pokazala da je regulisani deficit navodnjavanja značajno povećao biomasu korena kod Sunpak F₁ i Astona F₁, dok je delimično sušenje korenova značajno uticalo na biomasu korena samo kod hibrida Sunpak F₁. Povećanje odnosa suve mase korena i izdanka kod Sunpak F₁ hibrida ukazuje da je došlo do translokacije asimilata ka korenu i moglo bi da objasni veći efekat delimičnog sušenja korenova na inhibiciju rastenja izdanka kod ovog hibrida u odnosu na hibrid Astona F₁.

3. Rezultati praćenja parametara produktivnosti su pokazali da je samo kod biljaka delimičnog sušenja korenova i regulisanog deficita navodnjavanja hibrida Sunpak F₁ došlo do značajne redukcije relativne lisne površine i to u fazama plodonošenja i razvića plodova u odnosu na kontrolne biljke. Do veće redukcije relativne lisne površine kod hibrida Sunpak F₁ u odnosu na Astona F₁ je došlo zbog veće redukcije specifične lisne površine, kao i translokacije suve materije u koren.

4. Ispitivanja teorijske osnove dejstva metoda deficita navodnjavanja obavljenih kod Sunpak F₁ hibrida gajenog u stakleniku, a na osnovu merenja vodnog potencijala listova (kao pokazatelja vodnog režima biljaka, odnosno hidrauličnih signala suše) i sadržaja

abscisinske kiseline u ksilemu (kao pokazatelja tzv. hemijskih signala suše), su pokazala razlike između delimičnog sušenja korenova i regulisanog deficita navodnjavanja. Vrednosti vodnog potencijala listova su pokazale da su biljke regulisanog deficita navodnjavanja tokom celog eksperimenta bile izložene većem stepenu stresa od biljaka delimičnog sušenja korenova i da je to zatim dovelo do akumulacije abscisinske kiseline u ksilemu. Na osnovu toga se može zaključiti da su efekti regulisanog deficita navodnjavanja rezultat promena u vodnom režimu biljaka (hidraulično dejstvo). Dobijeni rezultati kod biljaka delimičnog sušenja korenova ukazuju na dejstvo hemijskih signala suše u ranim fazama i interakciju hemijskih i hidrauličnih efekata u kasnijim fazama eksperimenta.

5. Merenja uticaja delimičnog sušenja korenova i regulisanog deficita navodnjavanja na reakcije stoma su bila u skladu sa promenama vodnog potencijala listova i sadržaja abscisinske kiseline u ksilemu. Ovi rezultati su, međutim, pokazali da je do redukcije provodljivosti stoma kod biljaka delimičnog sušenja korenova došlo i u ranim fazama eksperimenta kada još uvek nije bilo promena u vodnom potencijalu listova i sadržaju abscisinske kiseline u ksilemu. Na osnovu toga se može zaključiti da su i drugi hemijski signali osim abscisinske kiseline (drugi hormoni i/ili pH) verovatno bili odgovorni za redukciju provodljivosti stoma u toj fazi eksperimenta.

6. Na osnovu rezultata merenja intenziteta fotosinteze, a u poređenju sa reakcijama stoma, može se zaključiti da je proces fotosinteze bio manje osetljiv na dejstvo delimičnog sušenja korenova i regulisanog deficita navodnjavanja. Kao rezultat redukcije provodljivosti stoma i nepromenjenog intenziteta fotosinteze došlo je do povećanja efikasnosti korišćenja vode na nivou listova kod oba tretmana i to u proseku za oko 22%.

7. Istraživanja dužine trajanja fenofaza su pokazala da su biljke delimičnog sušenja korenova i regulisanog deficita navodnjavanja gajene u komori imale kraći vegetacioni period od kontrolnih biljaka, odnosno da je došlo do ubrzavanja fenofaza. Takođe period cvetanja je bio kraći kod biljaka tretmana deficita navodnjavanja, a kao rezultat obrazovao se manji broj cvetnih grana i cvetova po biljci. Ovaj efekat se, međutim, nije negativno odrazio na formiranje plodova jer iako je broj cvetova bio manji uzajamni odnos plodova i cvetova je bio veći kod biljaka tretmana deficita navodnjavanja u odnosu na kontrolu.

8. Ispitivanja brzine rastenja plodova različitih tretmana su pokazala da je na promenu dijametra plodova prvenstveno uticalo trajanje faze izduživanja ćelija egzokarpa plodova, a ne maksimalna brzina njihovog izduživanja. Kao posledica tih razlika došlo je i do razlike u konačnoj veličini plodova koji su za oko 15% bili manji kod biljaka tretmana

deficita navodnjavanja u odnosu na kontrolu kod hibrida Astona F₁, odnosno za oko 19% manji kod biljaka regulisanog deficita navodnjavanja i oko 5% kod biljaka delimičnog sušenja korenova u odnosu na kontrolu kod hibrida Sunpak F₁.

9. Ispitivanja biohemijske osnove efekta delimičnog sušenja korenova i regulisanog deficita navodnjavanja na plodove, odnosno aktivnosti enzima peroksidaze zida ćelija egzokarpa, su potvrdila značaj ovog enzima za rastenje plodova kod biljaka Sunpak F₁ hibrida. Korelacija aktivnosti enzima i brzine rasteanja plodova je ukazala da ovaj enzim može da igra različitu ulogu i to tako što kod plodova regulisanog deficita navodnjavanja utiče na redukciju procesa rasteanja (usporava izduživanje ćelija), a kod plodova delimičnog sušenja korenova i, verovatno, plodova kontrole pospešuje sazrevanje plodova. Dalja istraživanja aktivnosti ovog enzima i njegovih izoformi, kao i ispitivanja hormonalnog statusa plodova doprinela bi objašnjenju ovih razlika.

10. Merenja pokazatelja prinosa (broja i prečnika plodova, sveže i suve mase plodova) su pokazala da su delimično sušenje korenova i regulisani deficit navodnjavanja, u odnosu na kontrolne biljke, značajno uticali na ove parametre kod ispitivanih hibrida Sunpak F₁, Astona F₁, Abellus F₁, dok se taj efekat nije u istoj meri ispoljio kod hibrida Cedrico F₁ i Amati F₁. Rezultati merenja biomase plodova su pokazali da je kod svih ispitivanih hibrida bila veća redukcija sveže mase plodova u odnosu na suhu masu plodova kod biljaka delimičnog sušenja korenova i regulisanog deficita navodnjavanja. Na osnovu rezultata odnosa suve mase izdanka i plodova može se zaključiti da je održanje ili povećanje suve mase plodova bio rezultat uticaja ispitivanih tretmana na transport fotoasimilata ka plodovima.

11. Rezultati merenja parametara kvaliteta plodova (sadržaja šećera, organskih kiselina i likopena, kao i ukupne antioksidativne aktivnosti) su pokazali da su ispitivani sistemi navodnjavanja poboljšali kvalitet plodova, ali i da je taj efekat zavisio od ispitivanog hibrida. Tako je primena delimičnog sušenja korenova pokazala pozitivne efekte kod hibrida Cedrico F₁ (povećanja sadržaja šećera, organskih kiselina, likopena i antioksidativne aktivnosti) i kod hibrida Amati F₁ (povećanja ukupne antioksidativne aktivnosti), dok je kod hibrida Abellus F₁ kao rezultat primene regulisanog deficita navodnjavanja došlo do značajnog povećanja sadržaja šećera. Generalno, delimično sušenje korenova je uticalo na poboljšanje kvaliteta plodova paradajza, posebno antioksidativne aktivnosti, čiji značaj u ishrani ljudi postaje sve veći.

12. Merenja jona u različitim organima paradajza (listovi, stablo, koren, plodovi) uglavnom nisu pokazala značajan efekat primenjenih sistema deficita navodnjavanja na usvajanje, akumulaciju ili distribuciju jona. U izvesnom stepenu je došlo do redukcije pojedinih elemenata i to uglavnom malo ili slabo pokretnih (Fe, Cu, Zn, Ca ili Mn), ali ta redukcija nije bila toliko izražena da bi izazvala deficijenciju ovih elemenata.

13. Na osnovu izračunate efikasnosti korišćenja vode useva kod svih ispitivanih hibrida dobijeno je značajno povećanje efikasnosti korišćenja vode kod biljaka delimičnog sušenja korenova i regulisanog deficita navodnjavanja (za oko 40%) u poređenju sa kontrolnim biljkama. To ukazuje da se primenom sistema deficita navodnjavanja može smanjiti količina vode koja se koristi za sintezu jedinice biomase. Sličan efekat je utvrđen i za efikasnost korišćenja vode na nivou listova.

8 LITERATURA

8 LITERATURA

- Abushita, A.A., Hebshi, E.A., Daood, H.G., Biacs, P.A. 1997. Determination of antioxidant vitamins in tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60, 207-212.
- Abushita, A.A., Daood, H.G., Biacs, P.A. 2000. Change in carotenoides and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60, 207-212.
- Acherio, A., Rimm, E.B., Giovanucci, E.L., Colditz, G.A., Rosner, B., Willett, W.C. 1992. A prospective study of nutritional factors and hypertension among US men. *Circulation* 86, 1475-1484.
- Adams, P., Ho, L.C. 1993. Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant and Soil* 154, 127-132.
- Aganchich, B., Tahiri, H., Wahbi, S., Elmodaffer, C., Serraj, R., 2007. Growth, water relations and antioxidant defence mechanisms of olive (*Olea europaea* L.) subjected to Partial Root Drying (PRD) and Regulated Deficit Irrigation (RDI). *Plant Biosystems* 141, 252-246.
- André, J.P., Catesson, A.M., Liberman, M. 1999. Characters and origin of vessels with heterogeneous structure in leaf and flower abscission zones. *Canadian Journal of Botany* 77, 2553-2561.
- Andrews, J. 1995. The climacteric respiration rise in attached and detached tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 6, 287-292.
- Andrews, J., Malone, M., Thompson, D.S., Ho, L.C., Burton, K.S. 2000. Peroxidase isozyme patterns in the skin of maturing tomato fruit. *Plant, Cell and Environment* 23, 415-422.
- Andrews, J., Adams, S.R., Burton, K.S., Edmondson, R.N. 2001. Partial purification of tomato fruit peroxidase and its effect on the mechanical properties of tomato skin. *Journal of Experimental Botany* 53, 2393-2399.

-
- Andrews, J., Adams, S.R., Burton, K.S., Evered, C.E. 2002. Subcellular localization of peroxidase in tomato fruit skin and the possible implications for the regulation of fruit growth. *Journal of Experimental Botany* 53, 2185-2191.
- Andrews, J. 2003. Regulation of tomato fruit growth by peroxidases. PhD thesis, University of Lancaster, UK.
- Araki, T., Kitano, M., Hamakoga, M., Eguchi, H. 1998. Analysis of growth, water balance and respiration of tomato fruits under water deficit by using a multiple chamber system. *Biotronics* 27, 61-68.
- Aroca, R., Vernieri, P., Irigoyen, J.J., Sánchez-Díay, M., Tognoni, F., Pardossi, A., 2003. Involvement of abscisic acid in the leaf and root of maize (*Zea mays* L.) in avoiding chilling-induced water stress. *Plant science* 165, 671-679.
- Asch, F. 2000. Determination of abscisic acid by indirect enzyme linked immunosorbent assay (ELISA). Technical Report. Tastrup, Denmark: Laboratory for Agrohydrology and Bioclimatology, Department of Agricultural Sciences, The Royal Veterinary and Agricultural University.
- Bacon, M.A., Thompson, D.S., Davies, W.J. 1997. Can cell wall peroxidase activity explain the leaf growth response of *Lolium temulentum* L. during drought? *Journal of Experimental Botany* 317, 2075-2085.
- Bacon, M.A., Wilkinson, S., Davies, W.J. 1998. pH-regulated leaf cell expansion in droughted plants is abscisic acid dependent. *Plant Physiology* 118, 1507-1515.
- Bacon, M.A. 1999. The biochemical control of leaf expansion during drought. *Plant Growth Regulation* 29, 101-112.
- Bahrún, A., Jensen, C.R., Asch, F., Møngensen, V.O. 2002. Drought-induced changes in xylem pH, ionic composition, and ABA concentration act as early signals in field-grown maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Botany* 53, 251-263.
- Bano, A., Dörffling, K., Bettin, D., Hahn, H. 1993. Abscisic acid and cytokinins as possible root-to-shoot signals in xylem sap of rice plants in drying soil. *Australian Journal of Plant Physiology* 20, 109-115.
- Bano, A., Hensen, H., Dörffling, K., Hahn, H. 1994. Changes in the content of free and conjugated abscisic acid, phaseic acid and cytokinins in the xylem sap of drought-stressed sunflower plants. *Phytochemistry* 37, 345-347.
-

- Baraloto, C., Bonal, D., Goldberg, D.E., 2006. Differential seedling growth response to soil resource availability among nine neotropical tree species. *Journal of Tropical Ecology* 22, 487-497.
- Benton Jones, Jr. 1999. *Tomato Plant Culture: In the Field, Greenhouse, and Home Garden*. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.
- Beyer, E.M., Morgan, P.W. 1971. Abscission: the role of ethylene modification of auxin transport. *Plant Physiology* 48, 208-212.
- Böhm, V., Puspitasari-Nienaber, N.L., Ferruzzi, M.G., Schwartz, S.J. 2002. Trolox equivalent antioxidant capacity of different geometrical isomers of α -carotene, β -carotene, lycopene and zeaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 221-226.
- Bošnjak, Đ., Pejić, B. 1995. Turnus kao osnova zalivnog režima paradajza. *Zbornik radova* 23, 369-375. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Boyer, J.S. 1968. Relationship of water potential to growth of leaves. *Plant Physiology* 43, 1056-1062.
- Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and the environment. *Science* 218, 443-448.
- Boyle, M.G., Boyer, J.S., Morgan, P.W. 1991. Stem infusion of liquid culture medium prevents reproductive failure of maize at low water potential. *Crop Science* 31, 1246-1252.
- Bradford, K.J., Hsiao, T.C. 1982. Physiological responses to moderate stress. In: *Physiological Plant Ecology II. Water relations and carbon assimilation*. (O.L. Lange., P.S. Nobel., C.B. Osmond, H. Ziegler, eds.), pp. 264-312. Springer Verlag, New York.
- Buta, J.G., Spaulding, D.W. 1997. Endogenous levels of the phenolics in tomato fruit and maturation. *J. Plant Growth Regul.* 16, 43-46.
- Carrari, F., Fernie A.R. 2006. Metabolic regulation underlying tomato fruit development. *Journal of Experimental Botany* 57, 1883-1897.
- Chaves, M.M. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. *Journal of Experimental Botany* 42, 1-16.

- Chaves, M.M., Pereira, J.S., Maroco, J.P., Rodrigues, M.L., Ricardo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalho, I., Faria, C., Pinheiro, C. 2002. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89, 1-10.
- Cheng, W.H., Endo, A., Zhou, L. 2002. A unique short-chain dehydrogenase/reductase in *Arabidopsis* glucose signaling and abscisic acid biosynthesis and functions. *The Plant Cell* 14, 2732-2743.
- Clarkson, D.T., Carvajal, M., Henzler, T., Waterhouse, R.N., Smyth, A.M., Cooke, D.T., Steudle, E. 2000. Root hydraulic conductance: diurnal aquaporin expression and the effects on nutrient stress. *Journal of Experimental Botany* 51, 61-70.
- Collins, J.M. 2006. Physiological responses of field grown Shiraz grapevines to partial root drying and deficit irrigation. PhD thesis, Faculty of Land and Food Resources, Melbourne, Australia.
- Cramer, G.R., Alberico, G.J., Schmidt, C. 1994. Leaf expansion limits dry matter accumulation of salt-stressed maize. *Australian Journal of Plant Physiology* 21, 663-674.
- Cramer, G.R., Jones, R.L. 1996. Osmotic stress and abscisic acid reduce cytosolic calcium activity in roots *Arabidopsis thaliana*. *Plant, Cell and Environment* 19, 1291-1298.
- Cramer, G.R., Quarrie, S.A. 2002. Abscisic acid is correlated with the leaf growth inhibition of four genotypes of maize differing in their response to salinity. *Functional plant Biology* 29, 111-115.
- Crocker, J.L., Williard, T.W., Auge, R. 1998. Stomatal sensitivity of six temperate, deciduous tree species to non-hydraulic root-to-shoot signalling of partial soil drying. *Journal of Experimental Botany* 49, 761-774.
- Damjanović, M., Zdravković, J., Stevanović, D., Marković, Ž., Zdravković, M. 2001. Proizvodnja povrća u plastenicima. Izd. Present, Požarevac.
- Davies, W.J., Metcalfe, J., Lodge, T.A., Kosta, A.R. 1986. Plant growth substances and the regulation of plant growth under drought. *Australian Journal of Plant Physiology* 13, 105-125.
- Davies, W.J., Thompson, D.S., Taylor, J.E. 1998. Manipulation of growth of horticultural crops under environmental stress. In: Genetic and Environmental Manipulation of

- Horticultural Crops. (K.E. Cockshull., D. Gray., G.B. Seymour., B.Thomas, eds.), pp. 157-174. CAB INTERNATIONAL, London.
- Davies, W.J., Bacon, M.A., Thompson, D.S., Sobeigh, W., Rodriguez, L.G. 2000. Regulation of leaf and fruit growth in plants in drying soil: exploitation of the plant's chemical signalling system and hydraulic architecture to increase the efficiency of water use in agriculture. *Journal of Experimental Botany* 51, 1617-162.
- Davies, W.J, Wilkinson, S., Loveys, B.R. 2002. Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. *New Phytol.* 153, 449-460.
- Davies, W.J., Hartung, W., 2004. Has extrapolation from biochemistry to crop functioning worked to sustain plant production under water scarcity? In: Proceeding of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sep.-1 Oct. 2004, at Brisbane, Australia.
- Davies, W.J., Kudoyarova, G., Hartung, W. 2005. Long distance ABA signaling and its relations to other signaling pathways in the detection of soil drying and the mediation of the plant's response to drought. *Journal of Plant Growth Regulation* 24, 285-295.
- de Koning, A.N.M. 1994. Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach. PhD thesis, Wageningen Agriculture University, The Netherlands.
- Delgado, E., Medrano, H. 1991. Field performance and leaf characteristics of *Nicotiana tabacum* L. genotypes selected by low CO₂ survival. *Photosynthetica* 25, 313-322.
- de Souza, C.R., Maroco, J.P., dos Santos, T.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Pereira, J.S., Chaves, M.M. 2003. Partial rootzone drying: regulation of stomatal aperture and assimilation in field-grown grapevines (*Vitis vinifera* cv. Moscatel). *Functional Plant Biology* 30, 653-662.
- de Souza, C.R., Maroco, J.P., dos Santos, T.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Pereira, J.S. 2005a. Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars. *Agricultur. Ecosys. Environ.* 106, 261-274.
- de Souza, C.R., Maroco, J.P., dos Santos, T.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Pereira, J.S. 2005b. Impact of deficit irrigation and carbon isotope composition ($\delta^{13}\text{C}$) of field-grown grapevines under Mediterranean climate. *Journal of Exhperimental Botany* 56, 2136-2172.

- Dodd, I.S., Stikić, R., Davies, W.J. 1996. Chemical regulation of gas exchange and growth of plants in drying soil in the field. *Journal of Experimental Botany* 47, 1475-1490.
- Dodd, I.C., Theobald, J.C., Bacon, M.A., Davies, W.J. 2006. Alternation of wet and dry sides during partial rootzone drying irrigation alters root-to-shoot signalling of abscisic acid. *Functional Plant Biology* 33, 1081-1089.
- Dodig, D., Quarrie, S.A., Stanković, S., Milijić, S., Denčić, S. 2002. Characterising wheat genetic resources for responses to drought stress. In: *Proceedings of ICID International Conference on Drought Mitigation and Prevention of Land Desertification*, Bled, Slovenia, ch 38.
- dos Santos, T.R., Lopes, C.M., Rodrigues M.L., de Souza, C.R., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Silva, J.R., Chaves, M.M. 2003. Partial root zone drying: effects on growth and fruit quality of field-grown grape vines (*Vitis vinifera*). *Functional Plant Biology* 30, 663-671.
- Dragović, 1999. Drought effects on agriculture in Yugoslavia. In: Quarrie, S.A., Pekić, S. eds. *Balkan Drought Workshop Proceedings*, Zaječar, Yugoslavia, September 1998. Agricultural Research Institute SERBIA, 171-181.
- Dry, P.R., Loveys, B.R., Botting, D., During, H. 1996. Effects of partial root-zone drying on grapevine vigour, yield, composition of fruit and use of water. *Proceedings of the 9th Australian Wine Industry Technical Conference*, 126-131.
- Dry, P.R., Loveys, B.R. 1998. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial root drying. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 4, 140-148.
- Dry, P.R., Loveys, B.R., During, H. 2000. Partial drying of rootzone of grape. I. Transient changes in shoot growth and gas exchange. *Vitis* 39, 3-7.
- Đaković, T., Jovanović, Z. 2003. The role of cell wall peroxidase in the inhibition of leaf and fruit growth. *Bulg. J. of Plant Physiology, Special Issue*, 264-272.
- Đurovka, M., Marković, V. 1992. *Praktikum, Povrtarstvo*. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- Džamić, M. 1989. *Praktikum iz biohemije*. Izdavačko informativni centar studenata (ICS), Beograd.

- Džamić, R., Stikić, R., Nikolić, M., Jovanović, Z. 1999. Praktikum, Fiziologija biljaka. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Ehret, D.L., Ho, L.C. 1986. Effects of osmotic potential in nutrient solution on diurnal growth in tomato fruit. *Journal of Experimental Botany* 37, 1294-1302.
- English, M.J., Raja, S.N. 1996. Perspectives on deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 32, 1-14.
- Evans, J.R., Poorter, H. 2001. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant, Cell and Environment* 24, 755-765.
- FAO. 1995. Production Year Book 48, Rome, Italy.
- FAO. 2002. Deficit Irrigation Practices. Water Reports 22, Rome, Italy.
- Fereres, E., Soriano, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany* 58, 147-159.
- Fernández, J.E., Díaz-Espejo, A., Infante, J.M., Durán, P., Palomo, M.J., Chamorro, V., Girón, I.F., Villagarcía, L. 2006. Water relations and gas exchange in olive trees under regulated deficit irrigation and partial rootzone drying. *Plant and Soil* 284, 273-291.
- Frary, A., Nesbitt, T.C., Frary, A., Grandillo, S., Van der Knapp, E., Cong, B., Meller, J., Elber, R., Alpert, K.A. 2000. fw2.2: a quantitative trait locus key to the evolution of tomato fruit size. *Science* 289, 85-88.
- Fry, S.C. 1986. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. *Ann. Rev. Plant Physiology* 37, 165-186.
- Fujita, K., Okada, M., Lei, K., Ohkura, K., Adu-Gyamfi, J.J., Mohapatra, P.K. 2003. Effect of P-deficiency on photoassimilate partitioning and rhythmic changes in fruit and stem diameter of tomato (*Lycopersicon esculentum*) during fruit growth. *Journal of Experimental Botany* 54, 2519-2528.
- Gajić, B. 2006. Fizika zemljišta. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Garnier, E. 1992. Growth analysis of congeneric annual and perennial grass species. *J. Ecol.* 80, 665-675.

- Gavrić, M., Mihajlov, A. 2002. Report on the state of the environment in 2000, and priorities in 2001 for Serbia. Republic of Serbia Ministry for Protection of Natural Resources and Environment, pp. 94.
- Gazzani, G., Papetti, A., Daglia, M., Berte, F., Gregotti, C. 1998. Protective activity of water soluble components of some common diet vegetables on rat liver micosome and the effect of thermal treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46, 4123-4127.
- Gillaspy, G., Ben-David, H., Gruissem, W. 1993. Fruits: A development perspective. *The Plant Cell* 6, 1439-1451.
- Giovanelli, G., Lavelli, V., Peri, C., Nobili, S. 1999. Variation in antioxidant components of tomato during vine and post-harvest ripening. *J. Sci. Food Agric.* 20, 37-43.
- Giovannucci, E. 1999. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer-review of the epidemiologic literature. *J. Natl. Cancer Inst.* 91, 317-331.
- Giuseppe L.R., Nazareno, A., Emidio, S., Giuseppe, M., Roberto, L.S., Andrea, M., Barbara, M., Tiziana, P., Jassica, S., Bruno, M., Angelo, S. 2005. Open field trial of genetically modified parthenocarpic tomato: seedlessness and fruit quality. *BMC Biotechnology* 5:32, doi: 10.1186/1472-6750-5-32.
- Grange, R.I., Andrews, J. 1994. Expansion rate of young tomato fruit growing on plants at positive water potential. *Plant, Cell and Environment* 17, 181-187.
- Greco, S.A., Cavagnaro, J.B. 2005. Growth characteristics associated with biomass production in three varieties of *Trichloris cinita* (Poaceae), a forage grass native to the arid regions of Argentina. *The Rangeland Journal* 27, 135-142.
- Green, S.R., Clothier, B.E., 1995. Root water uptake by kiwifruit vines following partial wetting of the root zone. *Plant Soil* 173, 317-328.
- Grime, J.P., Mackey, J.M.L. 2002. The role of plasticity in resource capture by plants. *Evolutionary Ecology* 16, 299-307.
- Hartung, W., Slovik, S. 1991. Tansley Review No.35. Physiochemical properties of plant growth regulators and plant tissues determine their distribution and redistribution: stomatal regulation by abscisic acid in leaves. *New Phytol.* 119, 361-382.

- Hartung, W., Peuke, A.d., Davies, W.J. 1999. Abscisic acid-a hormonal long distance stress signal in plants under drought and salt stress. In: Handbook of Crop Stress (ed. M. Pessarakali) 2nd edn, pp. 731-747. Marcel Dekker, New York.
- Hatfield, R.D., Ralph, J., Grabber, J.H. 1999. Cell wall cross-linking by ferulates and diferulates in. *Journal of Science Food and Agriculture* 79, 403-407.
- Haupt-Herting, S., Fock, H.P. 2000. Exchange of oxygen and its role in energy dissipation during drought stress in tomato plant. *Plant Physiology* 110, 489-495.
- Ho, L.C, Grange, R.I, Picken, A.J. 1987. An analysis of the accumulation of water and dry matter in tomato fruit. *Journal of Experimental Botany* 10, 157-162.
- Ho, L.C. 1992. Fruit growth and sink strength. In: *Fruit and Seed Production. Aspects of Development, Environmental Physiology and Ecology* (eds. Marshall C., Grace J.) Society of Experimental Biology Seminar Series 47, Cambridge University Press, Cambridge, 101-124.
- Ho, L.C. 1996. The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato. *Journal of Experimental Botany* 47, 1239-1243.
- Holbrook, M.N., Shashidar, V.R., James R.A., Munns, R. 2002. Stomatal control in tomato with ABA-deficient roots: response of grafted plants to soil drying. *Journal of Experimental Botany* 53, 1503-1514.
- Hose, E., Sauter, A., Hartung, W. 2002. Abscisic acid in roots- biochemistry and physiology. In: Waisel, Z., Eshel, A., Kafkafi, U. (ed): *plant Roots. The Hidden Half.* 3rd Ed. pp. 435-448. Marcel Dekker, New York-Basel.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiology* 24, 519-570.
- Hunt, R. 1982. *Plant growth curves. The functional approach to growth analysis.* Edward Arnold, London, UK.
- Hunt, R., Cornelissen, J.H.C. 1997. Components of relative growth rate and their interrelations in 59 plant species. *New Phytologist* 135, 395-417.
- Hussain, A., Mulholland, B.J., Black, C.R., Taylor, I.B., Roberts, J.A. 1999a. Novel approaches for examining the effects of differential soil compaction on xylem sap

- ABA concentration, stomatal conductance and growth in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant, Cell and Environment* 22, 1377-1388.
- Jensen, C.R., Svendsen, H., Andersen, M.N., Losch, R., 1993. Use of the root contact concept, an empirical leaf conductance model and pressure-volume curves in simulating crop water relations. *Plant and Soil* 149, 1-26.
- Jiang, F., Hartung, W. 2007. Long-distance signaling of abscisic acid (ABA): the factors regulating the intensity of the ABA signal. *Journal Experimental Botany, Special Issue, June*, 1-7.
- Johnson, R.W., Dixon, M.A., Lee, D.R. 1992. Water relations of the tomato during fruit growth. *Plant, Cell and Environment* 15, 947-953.
- Jones, H.G. 1980. Interaction and integration of adaptive responses to water stress: the implication of an unpredictable environment. In: *Adaptation of plants to water and high temperature stress.* (N.C. Turner., P.J. Kramer, eds.), pp. 353-365. Wiley, New York.
- Jones, H.G. 2004. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal Experimental Botany* 55, 2427-2436.
- Jones, R.A., Scott, S.J. 1984. Genetic potential to improve tomato flavor in commercial F₁ hybrids. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 109, 318-321.
- Jovanović, Z. 2001. Investigation of mechanism of leaf growth inhibition in maize. *Journal of Agricultural Sciences*, Vol. 46, No 1, 1-16, Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- Jovanović, Z., Djaković, T., Stikić, R., Prokić, Lj., Hadži-Tašković Šukalović, V. 2004. Effect of N deficiency on leaf growth and cell wall peroxidase activity in contrasting maize genotypes. *Plant and Soil* 265, 201-221.
- Kaiser, G., Wiler, E.W., Hartung, W. 1985. The intracellular distribution of abscisic acid in mesophyll cells: the role of the vacuole. *Plant Physiology* 119, 227-235.
- Kang, S., Liang, Z., Hu, W., Zhang, J. 1998. Water use efficiency of controlled root-division alternate irrigation on maize plants. *Agricultural Water Management* 38, 69-76.

- Kang, S.Z., Zhang, L., Xiaotao, H., Li, Z., Jerie, P. 2001. An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots. *Scientia Horticulturae* 89, 257-267.
- Kang, S.Z., Hu, X.T., Goodwin, I., Jerie, P., Zhang, J. 2002a. Soil water distribution, water use and yield response to partial rootzone drying under flood-irrigation condition in a pear orchard. *Scientia Horticulturae* 92, 277-291.
- Kang, S.Z., Zhang, L., Liang, Y., Cai, H.J. 2002b. Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency on winter wheat in the Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management* 55, 203-216.
- Kang, S.Z., Zhang, J.H. 2004. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal Experimental Botany* 55, 2437-2446.
- Kastori, R. 1998. *Fiziologija biljaka*. Feljton, Novi Sad.
- Kequan, Z., Liangli, Y. 2006. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. *LWT, Food Science and Technology* 39, 1155-1162.
- Kirda, C., Derici, M.R., Schepers, J.S. 2001. Yield response and N-fertiliser recovery of reinfed wheat growing in the Mediterranean region. *Fieds Crops Res.* 71, 113-122.
- Kirda, C., Cetin, M., Dasgan, Y., Topcu, S., Kaman, H., Ekici, B., Derici, M.R., Ozguven, A.I. 2004. Yield response of greenhouse - grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 69, 191-201.
- Kojima, K., Kuraishi, S., Sakurai, N., Fusao, K., 1993. Distribution of abscisic acid in different parts of the reproductive organs of tomato. *Scientia Horticulturae* 56, 23-30.
- Kramer, P.J. 1974. Fifty years of progress in water relations research. *Plant Physiology* 54, 463-471.
- Krug, H. 1997. Environmental influences on development, growth and yield. In: *The Physiology of Vegetable crops*. (H.C.Vein, eds.), pp. 101-180. CAB International.
- Kudoyarova, G.R., Vysotskaya, L.B., Cherkozyanova, A., Dodd, I.C. 2006. Effects of partial root drying on the concentration of zeatin-type cytokinins in tomato (*Solanum*

- Lycopersicum* L.) xylem sap and leaves. Journal of Experimental Botany 58, 161-168.
- Kushad, M.M., Brown, F.A., Kurilich, C.A., Juvik, A.J., Klein, P.B., Wallig, A.M. 1999. Variatio of glucosinolates in vegetable crops of *Brassica oleracea*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47, 1541-1548.
- Kuti, J.O., Konuru, B.H. 2005. Effects of genotype and cultivation environment on lycopene content in red-ripe tomatoes. J. Sci. Food Agric. 85, 2021-2026.
- Laing, J., Zhang, J., Wong, MH. 1996. Effects of air-filled porosity and aeration on the initiation and growth of secondary roots of maize (*Zea mays*). Plant and Soil 186, 245-254.
- Lambers, H., Poorter, H. 1992. Inherent variations in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. Adv. Ecol. Res. 22, 187-261.
- Lamers, J.P.A., Khamzina, A., Worbes, M. 2006. The analysis of physiological and morphological attributes of 10 tree species for early determination of their suitability to afforest degraded landscapes in the Aral Sea Basin of Uzbekistan. Forest Ecology and Management 221, 249-259.
- Larcher, W. 1995. Physiological Plant Ecology, Ed. Springer, Berlin, 148-164.
- Lee, D.R. 1989. Vasculature of the abscission zone of tomato fruit-implication for transport. Canadian Journal of Botany 67, 1898-1902.
- Lee, T.M., Lin, Y.H. 1996. Peroxidase-activity in ethylene-treated, ABA treated or meja-treated rice (*Oryza sativa*) roots. Botanical Bulletin of Academia Sinica 37, 201-207.
- Leon, P., Sheen, J. 2003. Sugar and hormone connections. Trends Plant Sci. 8, 110-116.
- Leonardi, C., Ambrosino, P., Esposito, F., Fogliano, F. 2000. Antioxidant activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. J. Agric. Food Chem. 48, 4723-4727.
- Leske, M.C., Chylock, C.T., He, Q., Wu, S.Y., Schoenfeld, E., Frient, J. 1998. Antioxidant vitamins and nuclear opacities: The longitudinal study of cataract. Ophthalmology 105, 831-836.

- Lin, C.L., Kao, H.K. 2001. Abscisic acid changes in cell wall peroxidase and hydrogen peroxide level in roots of rice seedlings. *Plant Science* 160, 323-329.
- Liu, F., Jensen, C.R., Andersen, M.N. 2003a. Hydraulic and chemical signals in the control of leaf expansion and stomatal conductance in soybean exposed to drought stress. *Functional Plant Biology* 30, 65-73.
- Liu, F., Jensen, C.R., Shahnazari, A., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E. 2005. ABA regulated stomatal control and photosynthetic Water use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.) during progressive soil drying. *Plant Science* 168, 831-836.
- Liu, F., Shahnazari, A., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R. 2006a. Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. *Scientia Horticulturae* 109, 113-117.
- Liu, F., Shahnazari, A., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R. 2006b. Physiological responses of potato (*Solanum tuberosum* L.) to partial root-zone drying: ABA signalling, leaf gas exchange, and water use efficiency. *Journal of Experimental Botany* 57, 3727-3735.
- Liu, F., Savić, S., Jensen, C.R., Shahnazari, A., Jacobsen, S.E., Stikić, R., Andersen, M. N. 2007. Effects of deficit irrigation and partial root-zone drying on berry yield, yield components and irrigation water use efficiency in field grown strawberry. *Scientia Horticulturae* 111, 128-132.
- Lockhart, J.A. 1965. An analysis of irreversible plant cell elongation. *J. Theor. Biol.* 8, 264-275.
- Loveys, B.R. 1991. Water use is knowledge of ABA physiology for crop improvement. In: *Abscisic acid*, Oxford: Bios Scientific Publishers (W.J. Davies., H.G. Jones, eds.), pp. 245-259.
- Loveys, B.R., Dry, P.R., Stoll, M., McCarthy, M.G. 2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. *Acta Horticulturae* 537, 187-199.
- MacAdam, J.W., Sharp, R.E., Nelson, C.J. 1992a. Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue. I. Spatial distribution of apoplastic peroxidase activity in genotypes differing in length of the elongation zone. *Plant Physiology* 99, 872-878.

- Mansfield, T.A., Hetherington, A.H., Atkinson, C.J. 1990. Some current aspects of stomatal physiology. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 41, 55-75.
- Marković, Ž. 1997. Gajenje povrća. Izd. Institut za istraživanja u poljoprivredi SRBIJA, Beograd.
- Martre, P., Morillon, R., Barrieu, F., North, G.B., Nobel, P.S., Chrispeels, M.J. 2002. Plasma membrane aquaporins play a significant role during recovery from water deficit. *Plant Physiology* 130, 2101-2110.
- Masle, J., Passioura, J.B. 1987. The effect of soil strength on the growth of young wheat plants. *Austrian Journal of Plant Physiology* 14, 643-656.
- Maurel, C., Chrispeels, M.J. 2001. A molecular entry into plant water relations. *Plant Physiology* 125, 135-138.
- McQueen-Mason, S.J., Cosgrove, D.J. 1995. Expansin mode of action on cell walls: analysis of wall hydrolysis, stress relaxation and binding. *Plant Physiology* 107, 87-100.
- Meziane, D., Shipley, B. 1999. Interacting components on interspecific relative growth rate: constancy and change under differing conditions of light and nutrient supply, *Functional Ecology* 13, 611-622.
- Mikkelsen, R.L. 2005. Tomato flavor and plant nutrition: A brief review. *Better Crops* 89, 14-15.
- Miller, N.J., Sampson, J., Candeias, L.P., Bramley, P.M., Rice-Evans, C.A. 1996. Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. *FEBS Letters* 384, 240-242.
- Mingo, D.M., Bacon, M.A., Davies, W.J. 2003. Non-hydraulic regulation of fruit growth in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* cv. Solairo) growing in drying soil. *Journal of Experimental Botany* 54, 1205-1212.
- Mingo, D.M. 2003. Regulation of vegetative and reproductive growth in plants exposed to partial-root zone drying. PhD thesis, University of Lancaster, UK.
- Mingo, D.M., Theobald, J.C., Bacon, M.A., Davies, W.J., Dodd, I.C. 2004. Biomass allocation in tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants grown under partial rootzone drying: enhancement of root growth. *Functional Plant Biology* 31, 971-978.

- Mitchell, J.P., Shennan, C., Grattan, S.R. 1991a. Developmental changes in tomato fruit composition in response to water deficit and salinity. *Physiologia Plantarum* 83, 177-185.
- Mitchell, J.P., Shennan, C., Grattan, S.R., May, D.M. 1991b. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 16, 215-221.
- Monselise, S.P., Varga A., Bruinsma. 1978. Growth analysis of the tomato fruit *Lycopersicon esculentum* Mill. *Annals of Botany* 42, 1245-1247.
- Monteith, J.L., Elston, J. 1983. Performance and productivity on foliage in the field. In: *The Growth and functioning of leaves.* (J. Dale and F. Milthorpe, eds.), pp. 499-518. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Monti, L.M., Perceddu, E. eds, *Agriculture, 1987. Drought Resistance in Plants. Physiological and Genetik Aspects*, Commission of the European Communities, Luxemburg, 1-8.
- Mulholland, B.J., Black, C.R., Taylor, I.B., Roberts, J.A., Lenton, J.R. 1996a. Effect of soil compaction on barley (*Hordeum vulgare* L.) growth I. Possible role for ABA as a root-sourced chemical signal. *Journal of Experimental Botany* 47, 539-549.
- Munns, R., Cramer, G.R. 1996. Is shoot-root ratio mediated by abscisic acid? *Opinion. Plant and Soil* 185, 33-49.
- Nahar, K., Gretzmacher, R. 2002. Effect of water stress and nutrient uptake, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) under subtropical conditions. *Bodenkultur* 53, 45-51.
- Noctor, G., Foyer, C., 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Ann. Rev. Plant Physiol. Mol. Bio.* 49, 249-279.
- Nogués, S., Baker, N.R. 2000. Effect of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. *Journal of Experimental Botany* 51, 1309-1317.
- Palmer, S.J., Davies, W.J. 1996. An analysis of relative elemental growth rate, epidermal cell size and XET activity through the growing zone of aging maize leaves. *Journal of Experimental Botany* 47, 1-9.

- Passardi, F., Penel, C., Dunand, C. 2004. Performing the paradoxical: how plant peroxidases modify the cell wall. *Trends in Plant Science* 11, 534-540.
- Poorter, H. 1989. Interseptic variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. In: Lambers, H. (Ed.), *Causes and Consequences of Variation in Growth Rate and Productivity in Higher Plants*. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands, pp. 45-68.
- Poorter, H., Remkes, C. 1990. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Oecologia* 83, 553-559.
- Poorter, H., Lambers, H., 1991. Is interspecific variation in relative growth rate positively correlated with biomass allocation to the leaves? *American Naturalist* 138, 1264-1268.
- Poorter, H., Nagel, O. 2000. The role of biomass allocation in the growth responses of plant to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology* 27, 595-607.
- Poorter, H. 2002. Plant Growth and Carbon Economy. *Encyclopaedia of Life Sciences*. Macmillian Publishers Lpt./Nature Publishing Group, pp. 1-6.
- Poorter, L. 1999. Growth responses of 15 rainforest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. *Functional Ecology* 13, 396-410.
- Possioura, J. 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 58, No 2, 113-117.
- Pulupol, L.U., Behboudian, M.H., Fisher, K.J. 1996. Growth, yield and post harvest attributes of glasshouse tomatoes produced under deficit irrigation. *Hort. Science* 31, 926-929.
- Quarrie, S.A., Jones, H.G. 1977. Effects of abscisic acid and water stress on development and morphology of wheat. *Journal of Experimental Botany* 28, 192-203.
- Quarrie, S.A., Whitford, P.N., Appleford, N.E., Wang, T.L., Cook, S.K., Henson, I.E., Loveys, B.R. 1988. A monoclonal antibody to (S)-abscisic acid: its characterization and use in a radioimmunoassay for measuring abscisic acid in crude extracts cereal and lupin leaves. *Planta* 173, 330-339.

- Radford, P.J. 1967. growth analysis formulae-their use and abuse. *Crop Sci.* 7, 171-175.
- Raich, P.B. 1998. Variation among plant species in leaf turnover rates and associated traits: implication for growth at all life stages. In: „Inherent variatio in plant growth. Physiological mechanism ecological consequences.“ (Eds H. Lambers, H. Poorter, M.M.I. Van Vuren.) pp. 476-487. (Backhuys: Leiden).
- Rančić, D., Pekić, Quarrie S., Stikić, R. 2007. Comparsion of light and fluorescent microscopy for analysis of the tomato vascular system during fruit development. 3rd Serbian Congress for Microscopy, Belgrade. Book of abstracts, 247-248.
- Rose, J.K.C., Lee, H.H., Bennett, A.B. 1997. Expression of a divergent expansin gene is fruit-specific and ripening-regulated. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 94, 5955-5960.
- Saab, I.N., Sharp, R.E. 1989. Non-hydraulic signals from maize roots in drying soil: inhibition of leaf elongation but not stomatal conductance. *Planta* 179, 466-474.
- Saab, I.N., Sharp, R.E., Pritchard, J., Voetberg, G.S. 1990. Increased endogenous abscisic acid maintains primary root growth and inhibits shoot growth of maize seedlings at low water potentials. *Plant Physiology* 93, 1329-1336.
- Samarah, H.N. 2005. Effect o drought stress on growth and yield of barley. *Agron. Sustain. Dev.* 25, 145-149.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradsteel, E.P., Hemmingsen, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148, 339-346.
- Schuppler, U., He, P.H., John, P.C.L., Munns, R. 1998. Effects of water stress on cell division and cell-division-cycle-2-like cell-cycle kinase activity in wheat leaves. *plant Physiology* 117, 667-678.
- Seddon, J.M., Ajani, V.A., Sperduto, R.D., Hiller, R., Blair, N., Burton, T.C. 1994. Dietary carotenoides, vitamins A, C, and E, and advanced age-related mavular degeneration. Eye Disease Case-Control Study Group. *The Journal of American Medical Association* 272, 1413-1420.
- Shahnazari, A., Ahmadi, S.H., Laerke, P.E., Liu, F., Plauborg, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., Andersen, M.N. 2008. Nitrogen dynamics in the soil-plant system under deficit and partial root-zone drying irrigation strategies in potatoes. *European Journal of Agronomy* 28, 65-73.

- Sharp, R.E., Davies, W.J. 1989. Regulation of growth and development of plants growing with a restricted supply of water. In *Plants Under Stress* (eds H.G. Jones, T.L. Flowers and M.B. Jones), pp. 71-93. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Sharp, R.E., Silk, W.K., Hsiao, T.C. 1998. Growth of the maize primary root at low water potentials. I. Spatial distribution of expansive growth. *Plant Physiology* 87, 50-57.
- Sharp, R.E., LeNoble, M.E., Else, M.A., Thorne, E.T., Gherardi, F. 2000. Endogenous ABA maintains shoot growth in tomato independently of effects on plant water balance: evidence for an interaction with ethylene. *Journal of Experimental Botany* 51, 1575-1584.
- Sharp, R.E., Poroyko, V., Hejlek, J.G., Spollen, W.G., Springler, G.K., Bohnert, H.J., Nguyen, H. 2004. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. *Journal of Experimental Botany* 55, 2343-2352.
- Shilpi, M., Narendra, T. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An Overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 444, 139-158.
- Shiplay, B. 2002. Trade-offs between net assimilation rate and specific leaf area in determining relative growth rate: relationship with daily irradiance. *Functional Ecology* 16, 682-689.
- Sies, H., Stahl, W. 1998. Lycopene: antioxidant and biological effects and its bioavailability in the human. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 218, 121-124.
- Smirnoff, H. 1993. The role of active oxygen in the response to water deficit and desiccation. *New Phytol.* 125, 27-58.
- Sobeih, W.Y., Dodd, I.C., Bacon, M.A., Grierson, D., Davies, W.J. 2004. Long-distance signals regulating stomatal conductance and leaf growth in tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants subjected to partial root-zone drying. *Journal of Experimental Botany* 55, 2353-2363.
- Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C., Masia, A. 2004. Effect of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. *Plant Sci.* 166, 293-302.
- Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C., Masia, A. 2005. Antioxidant defence in olive trees during drought stress: changes in activity of some antioxidant enzymes. *Functional Plant Biology* 32, 45-53.

- Spasova, D., Popović, T., Jovanović, O. 1997. Occurrence of semi-arid areas in the territory of FR Yugoslavia as a possible consequence of global climate changes. In: Proceedings of International Symposium Drought and Plant Production. (S. Jevtić., S. Pekić, eds.), 2, 111-116.
- Stevens, C.J., Dise, N.B., Mountford, J.O., Gowing, D.J.G. 2004. Impact of nitrogen deposition on the species Of grasslands. *Science* 303, 1876-1879.
- Stevens, M.A. 1972. Relationships between components contributing to quality variation among tomato lines. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 97, 70-73.
- Stikić, R., Popović, S., Srdić, M., Savić, D., Jovanović, Z., Prokić, Lj., Zdravković, J. 2003. Partial root drying (PRD): a new technique for growing plants that saves water and improves the quality of fruit. *Bulg. J. of Plant Physiology, Special Issue*, 164-171.
- Stillwell, W., Brengle, B., Hester, P., Wassall, S.R. 1989. Interaction of abscisic acid with phospholipid membranes. *Biochemistry* 28, 2798-2804.
- Stoll, M., Loveys, B., Dry, P. 2000. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany* 51, 1627-1634.
- Sugiyama, M., Komamine, A. 1990. Transdifferentiation of quiescent parenchymatous cells into tracheary elements. *Cell Differentiation and Development* 31, 77-87.
- Tahi, H., Wahbi, S., Wakrim, R., Aganchich, B., Serraj, R., Centritto, M. 2007. Water relations, photosynthesis, growth and water use efficiency in tomato plants subjected to partial rootzone drying and regulated deficit irrigation. *Plant Biosystems* 141, 265-274.
- Takač, A. 2004. Savremena proizvodnja paradajza. *Povrtarski glasnik* 16.
- Thompson, D.S., Davies, W.J., Ho, L.C. 1998. Tomato fruit growth regulation by epidermal cell wall enzymes. *Plant, Cell and Environment* 21, 589-599.
- Thompson, D.S., Smith, P.W., Davies, W.J., Ho, L.C. 1999. Interactions between environment, fruit water relations and fruit growth. *Acta Horticulturae* 487, 65-70.
- Thompson, D.S. 2001. Extensometer determination of the rheological properties of the epidermis of growing tomato fruit. *Journal of Experimental Botany* 52, 1291-1303.

- Topcu, S., Kirda, C., Dasgan, Y., Kaman, H., Cetin, M., Yazici, A., Bacon, M.A. 2006. Yield response and N-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation. *Europ. J. Agron.* 26, 64-70.
- Trouverie, J., Thevenot, C., Rocher, J.P., Sotta, B., Prioul, J.L. 2003. The role of abscisic acid in the response of a specific vacuolar invertase to water stress in the adult maize leaf. *Journal of Experimental Botany* 54, 2177-2186.
- Tyerman, S.D., Niemetz, C.M., Bramley, H. 2002. Plant aquaporins: multifunctional water and solute channels with expanding roles. *Plant Cell and Environment* 25, 173-194.
- Van der Werf, A., Geerts, R. H. E. M., Jacobs, F. H. H., Korevaar, H., Oomes, M.J.M., De Visser, W. 1998. The importance of relative growth rate and associated traits for competition between species during vegetational succession. In *Inherent variation in plant growth* (Lambers, H. Poorter, H., Van Vuuren, M.M. L., eds. Leiden: Backhuys Publishers, pp. 489-502.
- Van Ieperen, W., Volkov, V.S., Van Meeteren, U. 2003. Distribution of xylem hydraulic resistance in fruiting truss of tomato influenced by water stress. *Journal of Experimental Botany* 54, 317-324.
- Van Volkenburgh, E., Davies, W.J. 1983. Inhibition of light-stimulated leaf expansion by abscisic acid. *Journal of Experimental Botany* 34, 835-845.
- Veit-Kohler, U., Krumbein, K., Kosegarten, H. 1999. effect of different water supply on plant growth and fruit quality of *Lycopersicon esculentum*. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162, 538-588.
- Vicente, A.R., Saladié, M., Rose, J.K.C., Labavitch, J.M. 2007. The linkage between cell wall metabolism and fruit softening: looking to the future. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, 1435-1448.
- Wakabayashi, K., Sakurai, H., Kuraishi, S. 1991. Effects of abscisic acid on the synthesis of cell-wall polysaccharides in segments of etiolated squash hypocotyl. II. Levels of UDP-neutral sugars. *Plant and Cell Physiology* 32, 427-432.
- Wheeler, T., Hadley, P., Morison, J.I.L., Ellis, R.H. 1993. Effects of temperature on the growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and the implication for assessing the impacts of potential climate change. *European Journal of Agronomy* 2, 305-311.

- Wilkinson, S., Davies, W.J. 1997. Xylem sap pH increase: A drought signal received at the apoplastic face of the guard cell which involves saturable ABA uptake by the epidermal symplast. *Plant Physiology* 117, 703-710.
- Wilkinson, S., Corlett, J.E., Oger, L., Davies, W.J. 1998. Effect of xylem pH on transpiration from wild-type and *flacca* tomato leaves: a vital role for abscisic acid in preventing excessive water loss even from well-watered plants. *Plant Physiology* 117, 703-709.
- Wilkinson, S. 1999. pH as a stress signal. *Journal of Plant Growth Regulation* 29, 87-99.
- Wilson, J.W. 1981. Analysis of growth, photosynthesis and interception for single plants and stands. *Ann. Bot.* 48, 507-512.
- Wolf, O., Jeschke, W.D., Hartung, W. 1991. Long distance transport of abscisic acid in NaCl-treated intact plants of *Lupinus albus*. *Journal of Experimental Botany* 41, 593-600.
- Wilkinson, S., Davies, W.J. 2002. ABA-based chemical signaling: the co-ordination of responses to stress in plants. *Plant Cell and Environment* 25, 195-210.
- Yao, C., Moreschet, S., Alon, B., 2001. Water relations and hydraulic control of stomatal behaviour in bell pepper plant in partial soil drying. *Plant Cell and Environment* 24, 227-235.
- Zhang, J., Davies, W.J. 1989. Abscisic acid produced in dehydrating roots may enable the plant to measure the water status in the soil. *Plant, Cell and Environment* 12, 73-81.
- Zegbe-Domínguez, J.A., Behboudian, M.H., Lang, A., Clothier, B.E. 2003. Deficit irrigation and partial rootzone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in "Petopride" processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Scientia Horticulturae* 98, 505-510.
- Zegbe-Domínguez, J.A., Behboudian, M.H., Clothier, B.E. 2004. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigation processing tomatoes. *Agricultural Water Management*, Vol. 68, Issue 3, 195-206.
- Zegbe-Domínguez, J.A., Behboudian, M.H., Clothier, B.E. 2006. Responses of "Petopride" processing tomato to partial rootzone drying at different phenological stages. *Irrig. Sci.* 24, 203-210.

Zobel, R.W., Roberts, L.W. 1978. Effects of low concentrations of ethylene on cell division and cytodifferentiation in lettuce pith explants. *Canadian Journal of Botany* 56, 987-990.