

Histološka analiza peteljke ploda paradajza u toku ontogeneze kao doprinos razumevanju uticaja suše na razvoj i karakteristike ploda

- Originalan naučni rad -

Dragana RANČIĆ, Slađana SAVIĆ, Radmila Stikić i Sofija PEKIĆ QUARRIE
Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd-Zemun

Izvod: Regulisani deficit navodnjavanja (*regulated deficit irrigation* - RDI) i delimično sušenje korena (*partial root drying* - PRD) su tehnike navodnjavanja koje se primenjuju u cilju uštede vode u poljoprivredi. Cilj ovog rada bio je da se ispita uticaj RDI i PRD na prinos plodova i anatomiju provodnog sistema u peteljci ploda na osnovu merenja površine ksilema i floema kao parametara od kojih zavisi hidraulična propustljivost i transport asimilata u toku rasteanja i razvića ploda. Dobijeni rezultati ukazuju da je RDI značajno snizio prinos (veličinu i broj plodova), što je posledica redukovane površine ksilema i floema. Redukcija ksilema kod PRD biljaka postoji samo u ranim fazama razvoja plodova, što može dovesti do hidraulične i hemijske izolacije plodova, što se može smatrati adaptivnim odgovorom. Veća površina floema kod PRD biljaka je verovatno uticala na održanje prinosa.

Ključne reči: paradajz, peteljka ploda, provodni sistem, suša

Uvod

Suša je jedan od najčešćih stresnih faktora koji značajno snižava prinos u poljoprivrednoj proizvodnji. Mnoge povrtarske biljke, uključujući i paradajz, imaju visoke zahteve za vodom tako da je primena navodnjavanja neophodna za uspešnu proizvodnju, *Fereres i Soriano*, 2007. Poslednjih godina razvijene su nove tehnike navodnjavanja, nazvane regulisani deficit navodnjavanja (RDI) i delimično sušenje korena (PRD), u cilju uštede vode u poljoprivredi. Obe tehnike se temelje na poznavanju mehanizama regulacije rasta i razvića biljaka u uslovima suše, a posebno uloge hemijskih signala na relaciji koren-izanak, *Davies i sar.*, 2000. Transport hemijskih signala od korena ka izdanku i plodovima, kao i transport vode i asimilata,

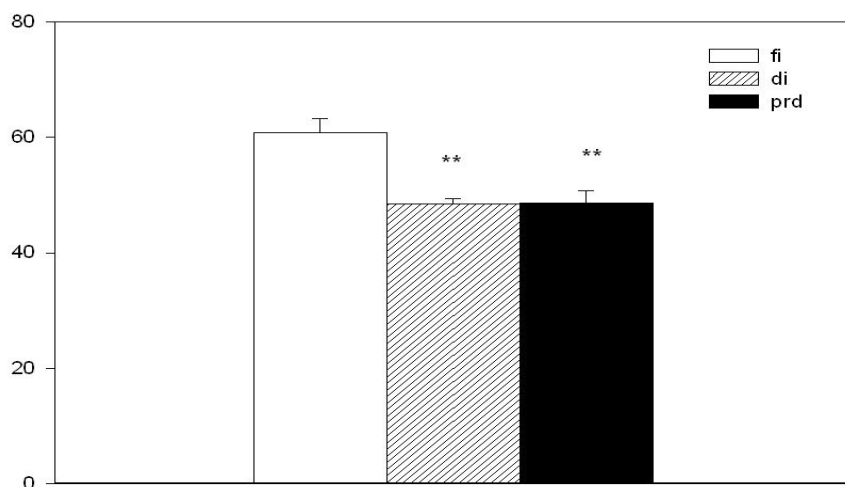
zavisi pre svega od karakteristika vaskularnih elemenata ksilema i floema, **Lovisolo i Schubert**, 1998. Poznavanje hidrauličnih veza između stabla i plodova je značajno za razumevanje rasta ploda. Cilj ovog istraživanja je bio da se istraži uticaj RDI i PRD tehnika na anatomsku svojstva peteljke ploda koja mogu imati hidraulične implikacije na transport vode i asimilata u plodu u različitim stadijumima razvića.

Material i metode

Komercijalni genotip paradajza (*Lycopersicum esculentum* Mill., hibrid Sunpak) gajen je stakleniku, u uslovima fotoperioda od 14h, intenziteta osvetljenja od $300 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, temperature $25/18^\circ\text{C}$ i relativne vlažnosti vazduha 70% u kompostu (Potground H, Klasmann-Deilmann, Germany). Nakon pojave petog lista, korenov sistem biljaka je podeljen u dva hidraulički izolovana dela. Biljke su zalivane svakodnevno količinom vode određenom na osnovu sadržaja vode u zemljištu merenog teta probom ML2X (Delta - T Device, Ltd, UK). Primenjena su tri tretmana: 1) optimalno zalivanje (FI) u kome je ceo korenov sistem zalivan do sadržaja vode u zemljištu blizu zemljišnog kapaciteta od 35%; 2) regulisani deficit navodnjavanja (RDI) u kome je sa 50% vode od FI zalivan ceo korenov sistem i 3) delimično sušenje korena (PRD) gde je sa 50% vode od FI zalivana samo jedna polovina korena. Strane su menjane kad sadržaj vode u zemljištu nezalivane strane padne između 15%-20%. U toku razvoja plodova uzorci drški su sakupljeni u 4 različita razvojna stadijuma ploda, **Gillaspy i sar.**, 1993: faza I - faza cvetanja (razvoj plodnika, oplodjenje i formiranje ploda); faza II - prečnik ploda 3-5mm (deoba ćelija, formiranje semena i rani razvoj embriona), faza III - prečnik ploda 1-2cm (rast ćelija i sazrevanje embriona) i faza IV - zeleni plodovi sa završenim rastom na početku zrenja. Svaka drška je sečena 5 mm ispod, 5 mm iznad i u zoni apcisijske. Preseci su posmatrani svetlosnim mikroskopom LEICA DMLS, slikani digitalnom kamerom LEICA DC 300, a merenje ukupne površine ksilema i floema je urađeno pomoću softvera za analizu slike (LEICA IM 1000). Na kraju eksperimenta, izmerena je veličina svih plodova (prečnik), sveža masa, kao i suva masa. Statistička obrada podataka je urađena u programu Sigma Plot 6.0 for Windows - SPW 6.0, Jandel Scientific, Erckhart, Germany.

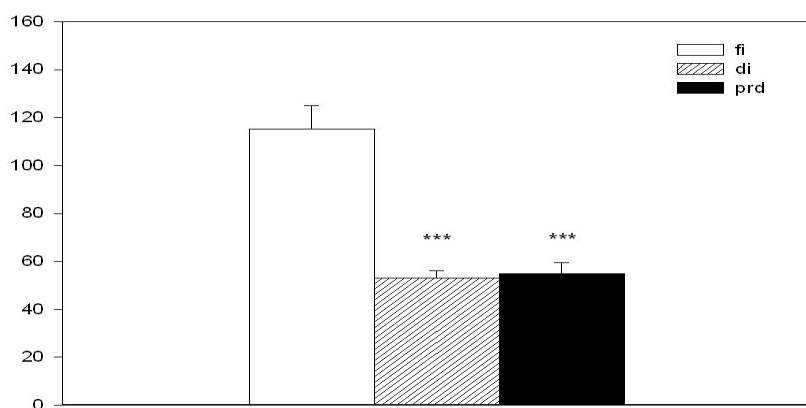
Rezultati i diskusija

Rezultati prikazani na grafikonima pokazuju da je RDI tretman redukovao veličinu (Grafikoni 1 i 2), kao i broj plodova po biljci (Grafikon 3) u odnosu na kontrolne biljke, slično drugim objavljenim rezultatima, **Kirda i sar.**, 2004. PRD tretman je takođe redukovao veličinu (Grafikoni 1 i 2), ali broj plodova je bio veći (Grafikon 3) tako da je ukupan prinos bio sličan kontrolnim biljkama (Grafikon 4) što je u skladu sa rezultatima drugih autora, **Davies i sar.**, 2000, **Topcu i sar.**, 2006. Manji efekat PRD tretmana na rast plodova može biti rezultat hidraulične izolovanosti



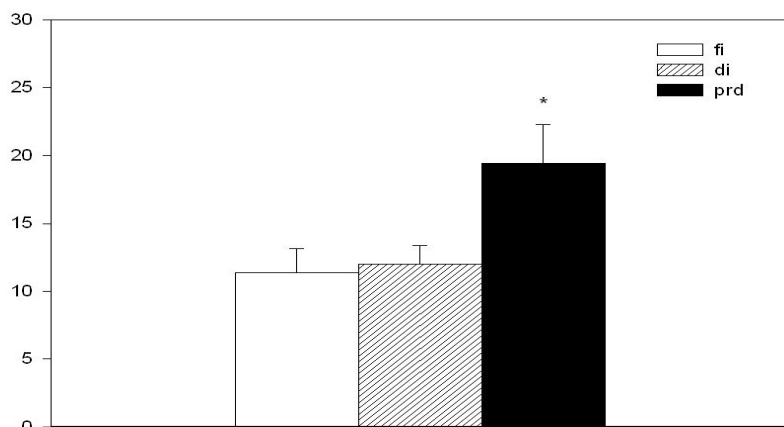
Grafikon 1. Prečnik ploda (mm) - Fruit diameter (mm)

(podaci označeni sa * značajno se razlikuju od vrednosti u kontroli za $p \leq 0,05$)
 (data marked with * significantly differ from control value at $p \leq 0,05$)

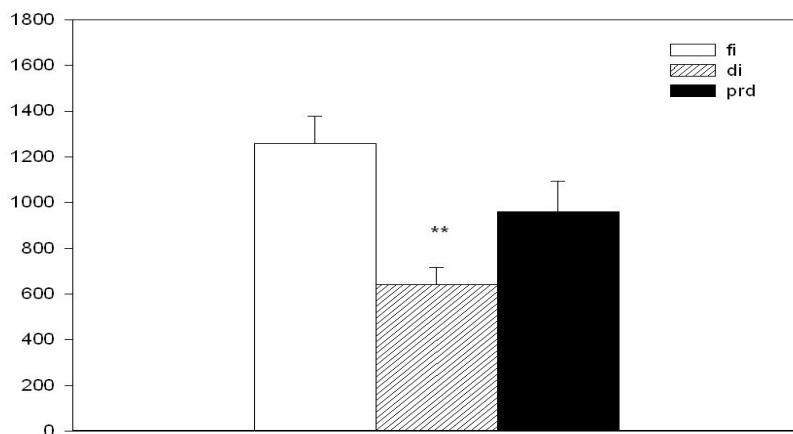


Grafikom 2. Masa ploda (g) - Fruit weight (g)

(podaci označeni sa * značajno se razlikuju od vrednosti u kontroli za $p \leq 0,05$)
 (data marked with * significantly differ from control value at $p \leq 0,05$)



Grafikon 3. Broj plodova po biljci - Number of fruits per plant
 (podaci označeni sa * značajno se razlikuju od vrednosti u kontroli za $p \leq 0,05$)
 (data marked with * significantly differ from control value at $p \leq 0.05$)



Grafikon 4. Prinos plodova (g) - Fruit yield (g)
 (podaci označeni sa * značajno se razlikuju od vrednosti u kontroli za $p \leq 0,05$)
 (data marked with * significantly differ from control value at $p \leq 0.05$)

plodova PRD biljaka od vegetativnih delova. Po hipotezi *Davies i sar.*, 2000, hidraulična izolovanost plodova (redukcija ksilema) do koje dolazi dejstvom PRD tretmana je verovatno prepreka za ulazak apscisinske kiseline (ABA) iz stabla u plod. Rezultati nekih istraživača, *Van Ieperen i sar.*, 2003, koji su došli do zaključka da dolazi do redukcije ksilema u dršci ploda, kao i redukcije hidraulične provodljivosti između stabla i ploda u zoni apscisije, tako da 90% ksilemskih elemenata završava u neposrednoj blizini zone apscisije, mogli bi ići u prilog ovoj hipotezi. Međutim, istraživanja drugih autora ukazuju da je prepreka hidrauličnoj provodljivosti između stabla i ploda dominantnija u perikarpu ploda nego u zoni apscisije, *Malone i Andrews*, 2001. Poznato je da hidraulična provodljivost zavisi od broja i prečnika provodnih sudova, a suša u toku ontogeneze može dovesti do razvoja ksilemskih sudova manjeg prečnika, *Lovisolo i Schubert*, 1998. U ovom eksperimentu su korišćeni RDI i PRD tretmani za testiranje anatomskih osnova hidraulične hipoteze. Anatomski analiza poprečnih preseka drški je pokazala da je građa drške ploda paradajza u zonama pre i posle zone apscisije tipična za građu stabla biljaka iz familije *Solanaceae*. U dršci cveta zastupljena je primarna građa sa bikolateralnim provodnim snopićima, dok u toku razvoja ploda dolazi do sekundarnog debljanja i ksilema u dršci ploda, pre i posle zone apscisije, formira prsten sa brojnim trahejama, sa spoljašnjim i unutrašnjim floemom sa obe strane prstena. Dobijeni podaci pokazuju da je površina ksilema manja u zoni apscisije cveta i plodova nego u zonama peteljke uz stablo i uz plod, što je u skladu sa rezultatima koje su publikovali

Tabela 1. Površina ksilema na poprečnom preseku drške paradajza u mm²
(Boldirane vrednosti se značajno razlikuju od vrednosti u kontroli za $p \leq 0,05$)
Xylem Area in Cross Sections of Tomato Pedicels in mm²
(Bolded data significantly differ from control value at $p \leq 0,05$)

Tretman Treatment	Zona Zone	Faza I Stage I	Faza II Stage II	Faza III Stage III	Faza IV Stage IV
Kontrola Control	Uz stablo Near the stem	0,056±0,013	0,262±0,057	0,568±0,181	4,142±0,502
	Apscisija Abscission zone	0,028±0,009	0,065±0,020	0,067±0,021	0,416±0,110
	Uz plod Near the fruit	0,052±0,010	0,055±0,015	0,097±0,040	2,947±1,397
RDI	Uz stablo Near the stem	0,048±0,016	0,197±0,100	0,529±0,175	4,964±2,689
	Apscisija Abscission zone	0,028±0,006	0,033±0,010	0,045±0,018	0,272±0,038
	Uz plod Near the fruit	0,049±0,012	0,055±0,014	0,084±0,021	3,136±0,690
PRD	Uz stablo Near the stem	0,044±0,007	0,482±0,237	0,651±0,454	5,547±3,118
	Apscisija Abscission zone	0,021±0,005	0,040±0,016	0,047±0,007	0,550±0,078
	Uz plod Near the fruit	0,043±0,006	0,113±0,018	0,128±0,034	3,761±,903

Lovisolo i Schubert, 1998. U zoni apscisije, u poređenju sa drugim zonama, ksilema je slabije razvijen u svim razvojnim fazama i nikad ne formira prsten, tj. zadržavaskoro primarnu građu, **Rančić i sar.**, 2007. U drškama cvetova površina ksilema je uz stablo i uz plod otprilike dva puta veća nego u zoni apscisije, dok je u drškama plodova u završnoj fazi razvoja površina ksilema u zonama uz stablo i uz plod kod kontrolnih biljaka 7-10 puta veća nego u zoni apscisije (Tabela 1). Za razliku od ksilema, floem je mnogo razvijeniji u zoni apscisije u poređenju sa drugim delovima drške. U dršci cveta površina floema je oko 2,5 veća u zoni apscisije u odnosu na zone uz stablo i uz plod, dok je u dršci ploda u završnoj fazi razvoja kod kontrolnih biljaka površina floema 3-5 puta veća u zoni apscisije u odnosu na druge dve zone (Tabela 2). Poređenje uticaja različitih tretmana na anatomiju drške pokazuju da je RDI redukovao površinu ksilema u svim zonama i u svim fazama razvoja ploda za 30-50%. (Tabela 1). **Lovisolo i Schubert**, 1998, su pokazali da suša smanjuje hidrauličnu provodljivost ksilema indukujući razvoj traheja užeg lumena. Pod uticajem PRD tretmana došlo je do redukcije ksilema u zoni apscisije samo u toku cvetanja i ranim fazama razvoja ploda, što može uticati na transport hemijskih signala. Floem značajno doprinosi sadržaju vode u plodovima. Oko 90% ukupne količine vode u plod se transportuje floemom, **Ho i sar.**, 1987. Povećanje površine floema u toku razvoja plodova je u vezi sa efikasnijim transportom organskih jedinjenja iz izdanka u plod kako bi se omogućili neophodni metabolički procesi vezani za razvoj semena i zrenje ploda, **Gillaspy i sar.**, 1993. Dobijeni rezultati

Tabela 2. Površina floema na poprečnom preseku drške paradajza u 10^4 mm^2
(*Boldirane vrednosti se značajno razlikuju od vrednosti u kontroli za $p \leq 0,05$*)
Phloem Area in Cross Sections of Tomato Pedicels in 10^4 mm^2
(*Bolded data significantly differ from control value at $p \leq 0,05$*)

Tretman Treatment	Zona Zone	Faza I Stage I	Faza II Stage II	Faza III Stage III	Faza IV Stage IV
Kontrola Control	Uz stablo Near the stem	0,736±0,152	1,340±0,177	1,501±0,323	3,866±0,906
	Apscisija Abscission zone	1,681±0,937	2,591±0,554	4,731±1,850	20,51±10,10
	Uz plod Near the fruit	0,794±0,150	1,219±0,289	2,553±0,738	5,825±2,484
RDI	Uz stablo Near the stem	0,573±0,175	1,079±0,187	1,412±0,269	3,147±1,556
	Apscisija Abscission zone	1,871±0,504	2,444±0,690	5,530±1,958	24,09±15,76
	Uz plod Near the fruit	0,672±0,167	1,305±0,226	2,091±0,714	3,814±1,464
PRD	Uz stablo Near the stem	0,511±0,060	1,786±0,367	2,450±0,564	3,856±1,591
	Apscisija Abscission zone	1,465±0,629	4,093±0,992	6,605±1,517	51,78±17,94
	Uz plod Near the fruit	0,511±0,081	2,220±0,242	3,838±0,838	9,804±2,302

(Tabela 2) su pokazali da je u svim zonama u toku razvoja plodova floem slabije razvijen kod RDI biljaka za 7-35 % u većini faza razvoja ploda. PRD tretman jedoveo do povećanja površine floema u svim zonama peteljke u toku svih faza razvoja ploda, naročito u zoni uz plod kao i u zoni apscisije plodova u kasnijim fazama razvoja plodova (preko 150%), što za posledicu ima veći transport organskih jedinjenja u toku razvoja plodova, održanje prinosa, a najverovatnije i bolji kvalitet plodova, *Stikić i sar.*, 2003. Sa druge strane slabiji razvoj kako ksilema, tako i floema mogu objasniti manju veličinu i manju masu plodova RDI biljaka.

Zaključak

Dobijeni rezultati pokazuju da je RDI tretman modifikovao provodljivost drške ploda i kao posledica toga javila se redukcija prinosa. PRD tretman je redukovao površinu ksilema u zoni apscisije i to samo u ranim fazama razvoja cveta i ploda. Povećanje površine floema pod uticajem PRD tretmana, imalo je za posledicu veći transport asimilata u plodove usled čega nije došlo do sniženja prinosa. Dalja istraživanja funkcionalnosti vaskularnog sistema drški plodova, kao i hemijska analiza kvaliteta plodova, mogla bi pomoći u razumevanju mehanizama regulacije rasteanja ploda u uslovima suše.

Zahvalnica

Ova istraživanja su potpomognuta finansijskom podrškom Nacionalnog projekta Ministarstva (broj 331002), kao i dva evropska projekta: WATERWEB (FP6 EU, INCO-CT-2004-509163) i CROPWAT (FP6-2005-INCO-WBC/SSA-043526). Na stručnoj pomoći zahvaljujemo saradnicima Maji Terzić i Radenu Radoševiću sa Katedre za Agrobotaniku.

Literatura

- Davies, W.J., M.A. Bacon, D.S. Thompson, W. Sobeigh and L.G. Rodriguez* (2000): Regulation of leaf and fruit growth in plants growing in drying soil: exploitation of the plants' chemical signalling system and hydraulic architecture to increase the efficiency of water use in agriculture. *J. Exp. Bot.* **51** (350): 1617-1626.
- Fereres, E. and M.A. Soriano* (2007): Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Exp. Bot.* **58** (2): 147-159.
- Gillaspy G., H. Ben-David and W. Gruissem* (1993): Fruits: A development perspective. *Plant Cell* **5** (10): 1439-1451.
- Ho L.C., R.I. Grange and A. Picken* (1987): An analysis of the accumulation of water and dry matter in tomato fruit. *Plant Cell Environ.* **10** (2): 157-162.

- Kirda C., M. Cetin, Y. Dasgan, S. Topcu, H. Kaman, B. Ekici, M.R. Derici and A.I. Ozguven** (2004): Yield response of greenhouse - grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management* **69** (3): 191-201.
- Lovisolo, C. and A. Schubert** (1998): Effects of water stress on vessel size and xylem hydraulic conductivity in *Vitis vinifera* L. *J. Exp. Bot.* **49** (321): 693-700.
- Malone, M. and J. Andrews** (2001): The distribution of xylem hydraulic resistance in the fruiting truss of tomato. *Plant, Cell and Environment* **24** (5):565-570.
- Rančić D., S. Pekić Quarrie and R. Stikić** (2007): Comparison of light and fluorescent microscopy for analysis of the tomato vascular system during fruit development. Book of Abstracts of the 3rd Serbian Congress for Microscopy, September 25-28, 2007, Belgrade, Serbia.
- Stikić, R., S. Popović, M. Srdić M, D. Savić, Z. Jovanović, Lj. Prokić and J. Zdravković** (2003): Partial root drying (PRD): a new technique for growing plants that saves water and improves the quality of fruit. *Bulg. J. Plant Physiol. Special Issue* 2003: 164-171.
- Topcu, S., C. Kirda, Y. Dasgan, H. Kaman, M. Cetin, A. Yazici and M.A. Bacon** (2006): Yield response an N-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation. *Eur. J. Agron.* **26** (1):64-70.
- Van Ieperen W., V.S. Volkov and U. van Meeteren** (2003): Distribution of xylem hydraulic resistance in fruiting truss of tomato influenced by water stress. *J. Exp. Bot.* **54** (381): 317-324.

Primljeno: 03.01.2008.

Odobreno: 01.04.2008.

* *
*

The Histological Analysis of a Tomato Fruit Pedicel during the Ontogenesis as a Contribution to Understanding the Effect of Drought on the Fruit Development and Properties

- Original scientific paper -

Dragana RANČIĆ, Slađana SAVIĆ, Radmila STIKIĆ and
Sofija PEKIĆ QUARRIE

Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Belgrade-Zemun

S u m m a r y

Regulated deficit irrigation (RDI) and partial root drying (PRD) are irrigation techniques used to save water in agriculture. The aim of this study was to investigate the effect of RDI and PRD on fruit biomass and the anatomy of the vasculature system in the fruit pedicel based upon measurements of xylem and phloem areas as parameters determining hydraulic conductivity and assimilate transport during the fruit development. Data obtained point out that RDI significantly reduced yield (size and fruit number), as a consequence of reduced xylem and phloem areas. In PRD treated plants, the xylem was reduced only in the early developmental stages what could result in hydraulic and chemical isolations of the fruit, which can be considered an adaptive response. A larger phloem area in PRD plants most likely influenced yield maintenance.

Received: 03/01/2008

Accepted: 01/04/2008

Adresa autora:

Dragana RANČIĆ

Poljoprivredni fakultet

Nemanjina 6

11080 Beograd-Zemun

Srbija

E-mail: rancicd@agrifaculty.bg.ac.yu