

## Uticaj različitih metoda navodnjavanja na prinos, efikasnost korišćenja vode i kvalitet plodova kod paradajza

- Originalan naučni rad -

Sladana SAVIĆ, Radmila STIKIĆ, Zorica JOVANOVIĆ,  
Biljana VUCELIĆ-RADOVIĆ, Sladana STANOJEVIĆ i  
Milena PAUKOVIĆ  
Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun

**Izvod:** Cilj ovih istraživanja je bio da se prouči uticaj različitih metoda navodnjavanja (regulisani deficit navodnjavanja (RDI), delimično sušenje korenova (PRD) i optimalno navodnjavanje (FI)) na prinos, efikasnost usvajanja vode i kvalitet plodova kod biljaka paradajza. Ispitivanja su obuhvatila merenje parametara prinosa (broj, prečnik, svežu i suhu masu plodova), efikasnost korišćenja vode (WUE), kao i parametre kvaliteta plodova (sadržaj šećera, organskih kiselina i likopena u plodovima). Dobijeni rezultati su pokazali da su metode delimičnog navodnjavanja korenova i regulisanog deficita navodnjavanja uticale na redukcije prinosa za oko 18% u odnosu na kontrolu. Takođe, ove metode navodnjavanja su uticale na povećanje efikasnosti korišćenja vode i redukovale su količinu vode za navodnjavanje za 40%. Delimično sušenje korenova i regulisani deficit navodnjavanja su poboljšali kvalitet plodova (posebno sadržaj šećera i organskih kiselina). 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.

**Ključne reči:** Delimično sušenje korenova (PRD), efikasnost korišćenja vode (WUE), paradajz, regulisani deficit navodnjavanja (RDI).

### Uvod

Suša je u svetu jedan od najčešćih stresnih faktora koji ograničava biljnu proizvodnju jer mnoge poljoprivredne kulture imaju visoke potrebe za vodom.  
*J. Sci. Agric. Research/Arh. poljopr. nauke 69, 246 (2008/2), 71-77* 71

Takođe, suša je značajan problem i u proizvodnji paradajza jer je redukcija rastinja i prinosa jedna od posledica delovanja suše. Za prevazilaženje posledica suše na poljoprivredne kulture danas se uglavnom koriste dva pristupa: stvaranje genotipova gajenih biljaka otpornih na sušu i poboljšanje agrotehničkih mera. 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. U mnogim delovima Srbije, kako rečna tako i podzemna voda je zagađena 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 metoda navodnjavanja, kao što su delimično sušenje korenova (*partial root drying* - PRD) i regulisani deficit navodnjavanja (*regulated deficit irrigation* - RDI) moguće smanjiti potrebe za odom u poljoprivrednoj proizvodnji, a da pri tome ne dođe do značajne redukcije prinosa i pogoršanja kvaliteta plodova, **Davies i sar.**, 2000.

### **Materijal i metode**

Ogled je urađen 2005. godine na hibridu paradajza Abellus F<sub>1</sub> u plasteniku površine 280 m<sup>2</sup>. U toku vegetativnog perioda biljke su gajene tako što su primenjivana tri različita metoda navodnjavanja:

1) Optimalno navodnjavanje (*full irrigation* - FI), supstrat u celoj rizosferi je zalivan do optimalnog vodnog kapaciteta.

2) Delimično sušenje korenovog sistema (*partial root drying* - PRD), supstrat u polovini korenovog sistema je zalivan pomoću 60% vode upotrebljene za zalivanje biljaka tretmana optimalnog navodnjavanja, dok u drugoj polovini nije zalivan dok se sadržaj vode u supstratu nije spustio na unapred određen nivo. 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.

3) Regulisani deficit navodnjavanja (*regulated deficit irrigation* - RDI), supstrat je zalivan istom količinom vode kao i kod PRD biljaka, samo što je zalivan ceo korenov sistem.

Sadržaj vode u zemljištu meren je sa teta probom (ML2X, Delta-T Device, Ltd, UK). Za navodnjavanje je korišćen sistem kap po kap (NETAFIM, Izrael). Kod PRD metoda instalirane su dve linije, jedna sa leve a druga sa desne strane biljke, tako da je bilo omogućeno nesmetano naizmenično navodnjavanje delova korena.

**Merenje sadržaja šećera i organskih kiselina i likopena u plodovima paradajza.** - Ekstrakcija šećera i organskih kiselina vršena je homogenizacijom

plodova 70% alkoholom i inkubacijom na 70°C. Posle hlađenja i filtriranja uzoraka dodavan je aktivan ugalj radi obezbojavanja. Posle ponovne inkubacije na 70°C i filtriranja iz ovako pripremljenog ekstrakta sadržaj šećera je određivan pomoću refraktometra. Za određivanje organskih kiselina otpipetirano je 10ml ekstrakta i uz dodatak fenolftaleina vršena je titracija 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. Ekstrakcija likopena iz plodova vršena je smešom heksan:metanol:acetone (2:1:1) uz dodatak BHT-a. Suspenzija je centrifugirana 15 minuta na 8000 obr/min na temperaturi od 4°C (2-16K, Sigma, Germany). Za analizu je korišćen gornji, heksanski sloj čija je apsorbcija merena na 505 nm (SPECTRO UV-VIS RS,1166, Lambomed, Inc. USA), uz heksan kao slepu probu. Na osnovu apsorbcije, koncentracija likopena je izračunata preko ekstinkcionog koeficijenta od 3.400. Rezultati su izraženi kao sadržaj likopena u mg po kg sveže mase plodova, **Kuti i Konuru**, 2005.

### Rezultati i diskusija

Uticaj RDI, PRD i FI metoda navodnjavanja na parametre prinosa, efikasnost korišćenja vode i parametre kvaliteta plodova prikazan je u Tabelama 1-3.

Kod PRD biljaka broj plodova bio manji za 18,9%, a kod RDI biljaka bio je veći i to za 2,6%, dok je prečnik plodova kod oba tretmana (PRD i RDI) bio manji za 6,1% i 11,5%, kao i sveža masa za 19,5% i 17,1% i suva masa za 16,9% i 7,1% u odnosu na kontrolne biljke (Tabela 1). Naši rezultati su pokazali da je značajno 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. Ono što je evidentno jeste, da je bila veća redukcija sveže mase plodova u odnosu na suhu masu plodova, što nam ukazuje na procentualno veći

*Tabela 1. Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na parametre prinosa (\*, \*\*, \*\*\*, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: P<0,05, P<0,01, P<0,001)  
Effects of Different Irrigation Treatments (RDI, PRD and FI) on Yield Parameters (\*, \*\*, \*\*\*, Designate Differences between FI and PRD/RDI Treatments at the Probablity Levels of P<0.05, P<0.01, P<0.001, respectively)*

Parametri Parameters	Tretmani - Treatments		
	RDI	PRD	FI
Broj plodova po biljci Number of fruits per plant	34,2±0,7	27,0±4,0	33,3±2,4
Prečnik ploda (mm) Fruit diameter (mm)	57,7±2,1*	61,2±2,9	65,2±1,3
Sveža masa plodova po biljci (kg) Fruit fresh weight per plant (kg)	3,4±0,1*	3,3±0,5*	4,1±0,3
Suva masa plodova po biljci (g) Fruit dry weight per plant (g)	199,0±4,3	177,9±26,6	214,1±15,4

**Tabela 2.** *Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na efikasnost korišćenja vode (WUE) (\*, \*\*, \*\*\*, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: P<0,05, P<0,01, P<0,001)*  
*Effects of Different Irrigation Treatments (RDI, PRD and FI) on Water Use Efficiency (\*, \*\*, \*\*\*, Designate Differences between FI and PRD/RDI Treatments at the Probabltly Levels of P<0.05, P<0.01, P<0.001, respectively)*

Parametri Parameters	Tretmani - Treatments		
	RDI	PRD	FI
Utrošena voda po biljci (L) Water consumed per plant (L)	53±0,0***	57±0,0***	90±0,0
Efikasnost korišćenja vode (WUE) Water use efficiency (WUE)	3,8±0,1***	3,5±0,1**	2,4±0,2

sadržaj suve materije, a manji sadržaj vode u plodovima PRD i RDI biljaka u odnosu na kontrolu. Manji sadržaj vode u plodovima paradajza prema **Zegbe-Domínguez 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, **Ho i sar.**, 1987, i/ili promene brzine transporta asimilata prema plodovima, **Jones**, 2004. Literaturni podaci pokazuju da je primena RDI ili PRD navodnjavanja paradajza dala različite rezultate u odnosu na prinos, **Pulupol i sar.**, 1996, **Zegbe-Domínguez i sar.**, 2003, **Kirda i sar.**, 2004, **Tahi i sar.**, 2007.

Količina utrošene vode za navodnjavanje PRD i RDI biljaka bila je redukovana za 41,2% i 36,4%, dok je efikasnost korišćenja vode (WUE) bila povećana za 31,4% i 36,8% u odnosu na kontrolne biljke (Tabela 2). Ono što treba posebno istaći u ovom eksperimentu je efekat PRD i RDI metoda navodnjavanja na povećanje efikasnosti useva u korišćenju vode (WUE), odnosno da se obrazovalo više suve mase po jedinici utrošene vode, a što je u skladu sa velikim brojem literaturnih podataka, **Kirda i sar.**, 2004, **Liu i sar.**, 2007, **Tahi i sar.**, 2007.

Sadržaj šećera u plodovima PRD i RDI biljaka bio je veći za 5,2% i 28,6%, kao i sadržaj organskih kiselina za 9,7% i 15,3%, dok je sadržaj likopena bio manji

**Tabela 3.** *Uticaj različitih tretmana navodnjavanja (RDI, PRD i FI) na parametre kvaliteta (\*, \*\*, \*\*\*, označavaju razlike između FI i PRD/RDI tretmana sa nivoima značajnosti: P<0,05, P<0,01, P<0,001)*  
*Effects of Different Irrigation Treatments (RDI, PRD and FI) on Quality Parameters (\*, \*\*, \*\*\*, Designate Differences between FI and PRD/RDI Treatments at the Probabltly Levels of P<0.05, P<0.01, P<0.001, respectively)*

Parametri Parameters	Tretmani - Treatments		
	RDI	PRD	FI
Šećeri (%) - Sugars (%)	7,7±0,3**	5,8±0,4	5,5±0,3
Organske kiseline (mg/g) - Organic acids (mg g <sup>-1</sup> )	30,5±0,7	28,8±0,7	26,0±0,6
Likopen (mg/kg) - Lycopene (mg kg <sup>-1</sup> )	10,8±2,0*	14,1±1,6	15,4±1,0

za 8,4% i 29,9% u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tabela 3). Rezultati merenja sadržaja šećera, organskih kiselina i likopena su pokazali da se ovi parametri nisu 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. Primena delimičnog sušenja korenova je kao rezultat imala poboljšanje kvaliteta, slično podacima koje su drugi autori dobili za paradajz, *Davies 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, *Nahar i Gretzmacher*, 2002.

### **Zaključak**

Rezultati oglada su pokazali da je kod PRD ili RDI biljaka u proseku došlo do sniženja prinosa za oko 18% ukoliko se obračunava na svežu masu (efekat na suhu masu je mnogo manji), da je upotrebjeno oko 40% manje vode za navodnjavanje, ali da je kvalitet plodova bolji, pre svega zbog povećane količine šećera i organskih kiselina. 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.

### **Zahvalnica**

Ova istraživanja su bila deo EU projekta CROPWAT (FP6-2005-INCOWBC/SSA-043526).

### **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 in drying soil: exploitation of the plant's chemical signalling system and hydraulic architecture to increase the efficiency of water use in agriculture. *J. Exp. Bot.* **51** (350): 1617-1626.
- Džamić, M.* (1989): Praktikum iz biohemije, izd. Izdavačko informativni centar studenata (ICS), Beograd.
- FAO* (2002): Deficit Irrigation Practices. Water Reports 22, Rome, Italy.
- Gavrić, M. and A. Mihajlov* (2002) Report on the State of the Environment in 2000, and Priorities in 2001 for Serbia, ed. Ministry for Protection of Natural Resources and Environment of the Republic of Serbia, pp. 94.

- Ho, L.C, R.I. Grange** and **A.J. Picken** (1987): An analysis of the accumulation of water and dry matter in tomato fruit. *Plant Cell Environ.* **10** (2): 157-162.
- Jones, H.G.** (2004): Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *J. Exp. Bot.* **55** (407): 2427-2436
- Kırda, 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.
- Kuti, J.O.** and **B.H. Konuru** (2005): Effects of genotype and cultivation environment on lycopene content in red-ripe tomatoes. *J. Sci. Food Agric.* **85** (12): 2021-2026.
- Liu, F., S. Savić, C.R. Jensen, A. Shahnazari, S.E. Jacobsen, R. Stikić** and **M.N. Andersen** (2007): Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. *Sci. Hort.* **111** (2): 128-132.
- Nahar, K.** and **R. Gretzmacher** (2002): Effect of water stress and nutrient uptake, yield and quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) under subtropical conditions. *Die Bodenkultur* **53** (1): 45-51.
- Pulupol, L.U., M.H. Behboudian** and **K.J. Fisher** (1996): Growth, yield and post harvest attributes of glasshouse tomatoes produced under deficit irrigation. *HortSci.* **31** (6): 926-929.
- Stikić, R., S. Popović, M. Srdić, 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. of Plant Physiol., Special Issue*: 164-171.
- Tahi, H., S. Wahbi, R. Wakrim, B. Aganchich, R. Serraj** and **M. Centritto** (2007): Water relations, photosynthesis, growth and water use efficiency in tomato plants subjected to partial rootzone drying and regulated deficit irrigation. *Plant Biosystems* **141** (2): 265-274.
- Zegbe-Domínguez, J.A., M.H. Behboudian, A. Lang** and **B.E. Clothier** (2003): Deficit irrigation and partial rootzone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in 'Petopride' processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Sci. Hort.* **98** (4): 505-510.

Primljeno: 04.05.2008.

Odobreno: 06.06.2008.

\* \*  
\*

## **Effects of Different Irrigation Methods on Yield, Water Use Efficiency and Fruit Quality of Tomato**

- Original scientific paper -

Slađana SAVIĆ, Radmila STIKIĆ, Zorica JOVANOVIĆ,  
Biljana VUCELIĆ-RADOVIĆ, Slađana STANOJEVIĆ and  
Milena PAUKOVIĆ  
Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun

### **S u m m a r y**

The aim of the present study was to investigate the effects of different water supply conditions (regulated deficit irrigation - RDI, partial root drying - PRD and full irrigation - FI) on the yield, water use efficiency and fruit quality in tomato plants. Investigations included measurements of yield parameters (number of fruits, a fruit diameter, fruit FW and fruit DW), water use efficiency (WUE) and parameters of fruit quality (sugar, organic acid and lycopene content in fruits). Obtained results showed that partial root drying and regulated deficit irrigation reduced yield by 18% comparing to control plants. Also, these methods of irrigation increased water use efficiency and reduced quantity of water for irrigation by 40%. Partial root drying and regulated deficit irrigation increased quality of fruit (especially sugar and organic acid content). These results showed that it was possible to increase fruit quality and to save water for irrigation without significant reduction of yield.

Received: 04/05/2008

Accepted: 06/06/2008

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Adresa autora:*  
Slađana SAVIĆ  
Poljoprivredni fakultet  
Univerzitet u Beogradu  
Nemanjina 6  
11080 Beograd-Zemun  
Srbija  
E-mail: sbonita@ptt.rs