



## Efekat primene različitih zalivnih režima na prinos paradajza (*Lycopersicon esculentum* Mill.) u uslovima navodnjavanja kapanjem

Borivoj Pejić<sup>a</sup>, Ksenija Mačić<sup>a\*</sup>, Miroslav Koza<sup>a</sup>, Milena Jančić-Tovjanin<sup>a</sup>, Boško Gajić<sup>b</sup>, Miroljub Aksić<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija

<sup>b</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd, Srbija

<sup>c</sup>Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet, Kosovska Mitrovica, Srbija

\*Autor za kontakt: [ksenija@polj.uns.ac.rs](mailto:ksenija@polj.uns.ac.rs)

### SAŽETAK

Ogled sa navodnjavanjem paradajza izveden je 2017. godine na okućnici privatnog poseda u Kisaču na zemljištu tipa karbonatni čemozem. Paradajz je navodnjavan kapanjem sa lateralima postavljenim na površini zemljišta u svakom redu na rastojanju od 0,7 m sa razmakom kapljača na lateralu od 0,1 m i protokom kapljača 8,0 l h<sup>-1</sup>. U ogledu je bila zastupljena i varijanta bez navodnjavanja. Vreme zalivanja je određivano metodom vodnog bilansa primenom koeficijenata kulture (k<sub>c</sub>) i referentne evapotranspiracije (ET<sub>o</sub>) i pomoću tenziometra postavljenim između biljaka u redu na dubini od 0,2 m. Za obračun dnevnog utroška vode na evapotranspiraciju korišćeni su koeficijenti kulture (inicijalna faza 0,6, razvojna faza 0,7, plodonošenje – poslednja berba 1,05). Granična vrednost na tenziometru za određivanje vremena zalivanja bila je 50 kPa. Tenziometarska merenja su praćena dva puta dnevno, u jutarnjim i popodnevrim satima. U istraživanjima je bio zastupljen hibrid Viva na osnovnoj parceli veličine 3,5 m<sup>2</sup>. Navodnjavanje je statistički značajno uticalo na prinos paradajza (91,21-99,85 t ha<sup>-1</sup>) u odnosu na nenavodnjavanu varijantu (23,94 t ha<sup>-1</sup>). U uslovima određivanja vremena zalivanja primenom tenziometra ostvareni su statistički značajno veći prinosi paradajza (99,85 t ha<sup>-1</sup>) u odnosu na varijantu primenom bilansa (91,21 t ha<sup>-1</sup>). Vrednosti koeficijenata iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem (Iwue) bile su statistički signifikantno veće na varijanti sa vodnim bilansom (22,27/30,20 kg m<sup>-3</sup>) u odnosu na varijantu sa primenom tenziometra (17,86/23,49 kg m<sup>-3</sup>). Imajući u vidu ostvarene prinose i obračunate vrednosti koeficijenata iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem na varijantama različitih zalivnih režima praksi navodnjavanja, zbog svoje jednostavnosti, se ravnopravno mogu preporučiti i vodni bilans i tenziometar.

**KLJUČNE REČI:** Paradajz, zalivni režim, vodni bilans, tenziometar

### Uvod

U svetu se paradajz gaji na oko 4,6 miliona ha sa ukupno proizvodnjom od 170,8 miliona tona i prosečnim prinosom 32,8 t ha<sup>-1</sup>. Najveći proizvođači su Kina, Indija, SAD, Turska, Egipat, Iran i Španija (FAOSTAT, 2016). U Srbiji paradajz se gaji na oko 9.000 ha, sa prosečnim prinosom od 13,6 t ha<sup>-1</sup> i ukupnim obimom proizvodnje od oko 150.000 tona, a u Vojvodini na oko 2.300 ha sa prosečnim prinosom od 20,8 t ha<sup>-1</sup> i ukupnom proizvodnjom od 47.000 tona (Statistički godišnjak Srbije, 2017).

Brojni istraživači širom sveta ističu značajno povećanje prinosa paradajza u uslovima navodnjavanja (Tan, 1990; Smajstrala and Locascio; 1990, Robinson and Kolavalli, 2010). Bošnjak i Pejić (1995), Aksić et al. (2011) ističu značajno povećanje prinosa paradajza (73,1-96,8%) u uslovima racionalnog navodnjavanja u klimatskim i zemljišnim uslovima Vojvodine i južne Srbije. Tan (1990) ukazuje da se u promenljivim klimatskim uslovima jugozapadnog Ontarija maksimalni prinosi paradajza mogu dobiti samo u slučaju racionalnog navodnjavanja, bez vodnog stresa u periodu vegetacije.

Jedno od osnovnih pitanja u navodnjavanju je određivanje vremena zalivanja pojedinih biljnih vrsta i utvrđivanje racionalnog zalivnog režima u odnosu na zemljište i klimatske uslove, nivo agrotehnike i biološke karakteristike gajenih biljaka. U praksi se sreće više metoda za određivanje vremena zalivanja, ali treba imati u vidu da je primena bilo kog metoda, počev od onog najjednostavnijeg, gde se ne primenjuje nikakvo merenje niti obračun, bolje od prepuštanja zalivnog režima stihiji i trenutnim odlukama bez određenog kriterijuma. Najčešće korišćeni elementi kao osnova za određivanje vremena zalivanja su stanje vlažnosti zemljišta i obračun svakodnevnog utroška vode na evapotranspiraciju biljaka – metod bilansa vode. Hartz (2009) ističe da se najbolji rezultati postižu kombinacijom pomenutih elemenata, odnosno metoda. Sprovođenje zalivnog režima praćenjem dinamike vlažnosti zemljišta je zahtevan posao jer je vezan za brojna uzorkovanja zemljišta u periodu

navodnjavanja. Pored toga potrebno je poznavati određene vodne konstante zemljišta, odnosno granične vrednosti vlažnosti zemljišta kada treba pristupiti zalivanju različitih biljnih vrsta. Iako tenziometri, nakon kalibracije, mogu da posluže za određivanje stanja vlažnosti zemljišta ipak je njihova primarna primena da na osnovu vrednosti na skali vakuometra ukažu na potrebu navodnjavanja (Shock et al., 2000; Aksić et al., 2011; Wang et al., 2004; Kang et al., 2004; Kang and Wan, 2005). Wang et al., 2004, Aksić et al., 2011 ističu da su najveći prinosi paradajza krupnog ploda namenjenih tržištu postignuti sa graničnim vrednostima na tenziometru od 30 kPa. Na peskovitim zemljištima Floride Smajstrla and Locascio (1996) ukazuju da vrednost 15 kPa na skali tenziometra obezbeđuje visoke i kvalitetne prinose paradajza, a Munoz-Carpena et al. (2003) su utvrdili da se primenom tenziometara sa graničnim vrednostima 15 kPa štedi 73% vode u odnosu na zalivni režim realizovan na farmama na kojima se paradajz proizvodi. Vučić (1976), Bošnjak (1982), Pejić (1993), Bošnjak (1999) ukazuju da je vodni bilans prihvatljivo rešenje u realizaciji zalivnog režima gajenih biljaka u promenljivim klimatskim uslovima Vojvodine imajući u vidu, pre svega, padavine koje direktno utiču na raspored i broj zalivanja. Tan (1990) za klimatske uslove Kanade (jugozapadni Ontario) daje prednost vodnom bilansu u odnosu na tenziometar u realizaciji zalivnog režima paradajza. Suprotno, u aridnim klimatskim uslovima Egipta Sharaf and Azza (2006) daju prednost primeni tenziometara (20-70 kPa) u odnosu na vodni bilans primenom Penman-Monteith metode za obračun referentne evapotranspiracije ( $ET_0$ ) i koeficijenta kulture ( $k_c$ ), kao i evaporimetara sa korekcionim koeficijentima ( $K_p$  – pen coefficient) u realizaciji zalivnog režima paradajza.

Jasna ocena efekta navodnjavanja i sprovedenog zalivnog režima na prinos paradajza može se dobiti obračunom koeficijenta iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem ( $Iwue$ ). Ukoliko zalivni režim nije usklađen sa potrebama biljaka za vodom i vodnofizičkim osobinama zemljišta, efekat navodnjavanja može izostati.

Pejić et al. (2011) ističu da posebnu pažnju treba obratiti pri poređenju rezultata jer obračuni  $Iwue$  mogu biti različiti u zavisnosti da li se biljna proizvodnja obavlja u uslovima dopunskog navodnjavanja ili su u pitanju aridni klimatski uslovi gde proizvodnja nije moguća u uslovima prirodne obezbeđenosti vodom (Viets, 1962; Bos, 1985).

U klimatskim uslovima južne Srbije, u uslovima dopunskog navodnjavanja, Aksić et al. (2011) su utvrdili  $Iwue$  vrednosti u intervalu od 5,3-8,2 kg m<sup>-3</sup> za paradajz navodnjavan kišenjem, a Cetin et al. (2002) su u semiaridnim klimatskim uslovima Turske za paradajz navodnjavan kapanjem utvrdili  $Iwue$  vrednosti u proseku 23,8 kg m<sup>-3</sup>.

Zadatak istraživanja je bio da se utvrdi efekat različitih zalivnih režima na prinos, komponente prinosa i efikasnost iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem u proizvodnji paradajza navodnjavanog kapanjem. Poređenjem zalivnog režima primenom vodnog bilansa u odnosu na primenu tenziometra dobiće se jasna informacija šta preporučiti praksi navodnjavanja sa ciljem dobijanja visokih i kvalitetnih prinosa paradajza.

## Material i metod rada

Ogled sa navodnjavanjem paradajza izveden je 2017. godine na okućnici privatnog poseda u Kisaču (45° 21' 0.6" N, 19° 43' 25.8" E), na zemljištu tipa karbonatni černozem. Predusev paradajzu je bio tritikale. Osnovna obrada zemljišta, oranjem, na dubinu od 30 cm obavljena je 11. novembra 2016. godine, a predsetvena priprema setvospremačem urađena je neposredno pre sadnje. Sadnja je obavljena ručno 2. maja na razmak između redova od 0,7 m i 0,5 m u redu, odnosno 28.572 biljke po hektaru. Pri rasađivanju rasad je bio starosti od 4-6 listova sa jednim cvetnim pupoljkom. Nakon rasađivanja u cilju primanja biljaka obavljena su dva zalivanja (2. maja 9 mm i 4. maja 3 mm). U istraživanjima je bio zastupljen hibrid Viva na osnovnoj parcelici veličine 3,5 m<sup>2</sup> (10 biljaka - 5 m x 0,7 m). Viva je indeterminantni visoko rodni hibrid paradajza otporan na bolesti. Plodovi su izrazito crveni odlične čvrstine, trajnosti i ukusa, mase 240-300 g. Može se gajiti i u zaštićenom prostoru i na otvorenom polju.

Paradajz je navodnjavan kapanjem sa lateralima postavljenim na površini zemljišta u svakom redu na rastojanju od 0,7 m sa razmakom kapljača na lateralu od 0,1 m i protokom kapljača 8,0 l h<sup>-1</sup>. Prečnik kapajuće trake je bio 16 mm, a debljina zida 200 mikrometara. Radni pritisak u sistemu u toku eksploatacije bio je 100 kPa. U ogledu je bila zastupljena i kontrolna, nenavodnjavana varijanta. Postavljanje zaštitne mreže, koja je imala dvostruku ulogu, da štiti biljke od grada i direktnog sunčevog zračenja je obavljeno 17. maja na osnovu od bagremovih stubova koji su postavljeni dva dana ranije.

Vreme zalivanja je određivano metodom vodnog bilansa primenom koeficijenta kulture ( $k_c$ ) i referentne evapotranspiracije ( $ET_0$ ). Obračun referentne evapotranspiracije ( $ET_0$ ) rađen je Hargreaves metodom (Hargreaves and Samani, 1985):

$$ET_o = 0.0023(T_m + 17.8)(T_{max} - T_{min})^{0.5} R_a \quad (1)$$

ET<sub>o</sub> – referentna evapotranspiracija (mm dan<sup>-1</sup>),  
 T<sub>m</sub> – srednja dnevna temperatura vazduha (°C),  
 T<sub>max</sub> – maksimalna dnevna temperatura vazduha (°C),  
 T<sub>min</sub> – minimalna dnevna temperatura vazduha (°C),  
 R<sub>a</sub> – extraterrestrialna radijacija (MJ m<sup>-2</sup> dan<sup>-1</sup>).

Dnevne vrednosti ET<sub>o</sub> su preuzimane sa sajta Hidrometeorološkog zavoda Srbije (2017). Dnevni utrošak vode na evapotranspiraciju paradajza je računat množenjem vrednosti ET<sub>o</sub> sa koeficijentima kulture (k<sub>c</sub>) za pojedine potperiode vegetacije: inicijalna faza 0,6 (od 2. maja do 18. maja), razvojna faza 0,7 (od 19. maja do 23. juna), plodonošenje – poslednja berba 1,05 (od 24. juna do 14., odnosno 18. septembra).

$$ETP_d = ET_o k_c \quad (2)$$

ETP<sub>d</sub> – dnevni utrošak vode na potencijalnu evapotranspiraciju (mm dan<sup>-1</sup>),  
 k<sub>c</sub> – koeficijent kulture.

Svakodnevno je bilansiran sadržaj lakopristupačne vode u sloju zemljišta do 0,3 m. Kada su rezerve lakopristupačne vode svedene na minimum pristupalo se zalivanju. Količine padavina su merene na parceli poljskim kišomerom i u obračunu su registrovane kao priliv vode. U slučaju padavina većih od kapaciteta zemljišta za lakopristupačnu vodu u sloju do 0,3 m, obračunata je i proceđena voda u dublje slojeve zemljišta. Vreme zalivanja je određivano i tenziometrom postavljenim između biljaka u redu na dubini od 0,2 m. Granična vrednost na tenziometru za određivanje vremena zalivanja bila je 50 kPa. Vrednost je preuzeta iz literature (Wang et al., 2007) s obzirom na to da su na području severne Kine (Nort China Plain) sa sličnim klimatskim (prosečna godišnja suma padavina 620 mm, srednja godišnja temperatura 11,2 °C) i zemljišnim uslovima (glinovita ilovača) postignuti najveći prinosi paradajza navodnjavanog kapanjem na varijanti 50 kPa na skali tenziometra. Tenziometarska merenja su praćena dva puta dnevno, u jutarnjim (oko 7 sati) i popodnevnim satima (oko 17 sati).

Efikasnost iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem (Irrigation water use efficiency Iwue) obračunata je postupkom Bos-a (Bos, 1985) i Viets-a (Viets, 1962).

$$Iwue = (Y_m - Y_a)/I \quad (3)$$

$$Iwue = Y_m/I \quad (4)$$

Y<sub>m</sub> – prinos zrna u uslovima navodnjavanja (kg),  
 Y<sub>a</sub> – prinos zrna u uslovima bez navodnjavanja (kg),  
 I – količina vode dodate navodnjavanjem (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

Prinos i komponente prinosa paradajza (masa i broj plodova) su registrovani na osnovnoj parceli od 3,5 m<sup>2</sup>. Prinos plodova sa osnovne parcele je preračunat u t ha<sup>-1</sup>. Sadržaj suve materije u ćelijskom soku ploda određen je terenskim refraktometrom. Primenjena je savremena tehnologija proizvodnje paradajza uključujući i zaštitu biljaka od bolesti i štetočina. Mineralna ishrana je obavljena fertigacijom, odnosno primenom hraniva zajedno sa vodom pri zalivanju. Statistička obrada podataka urađena je analizom varijanse, a testiranje rezultata LSD testom, na nivou značajnosti 0,05. Značajnost razlika analiziranih parametara prikazana je slovima oznakama (različita slova označavaju postojanje razlika između varijanti).

## Rezultati i diskusija

U periodu vegetacije paradajza palo je 108,0 mm kiše, odnosno 185,4 mm manje u odnosu na višegodišnji prosek Vojvodine (Tab. 1. i 2.). Prosečna temperatura vazduha (Tab. 1) u periodu vegetacije (21,2°C) je bila znatno viša u odnosu na višegodišnji prosek (16,1°C) što je uticalo na dužinu perioda vegetacije paradajza, prinos plodova i utrošenu vodu na evapotranspiraciju biljaka. Posebno treba istaći klimatske ekstreme, srednje dnevne temperature vazduha sa vrednostima preko 30°C (Grafikon 1, 2) koje se retko javljaju u klimatskim uslovima Vojvodine. Godinu 2017. možemo okarakterisati kao ekstremno lošu za biljnu proizvodnju u pokrajini, a vrednosti količine vode dodate navodnjavanjem i broj zalivanja jasno potvrđuju navedenu konstataciju. U periodu vegetacije paradajza (2. V- 14. IX, Tab. 2) na varijanti sa zalivnim režimom po vodnom bilansu obavljeno je 12 zalivanja sa normom navodnjavanja 302 mm, a na varijanti sa tenziometrom 16 zalivanja sa 425 mm vode (Graf. 1. i 2., Tab. 2).

**Tabela 1.**

Suma mesečnih padavina i srednje mesečne temperature vazduha u vegetacionom periodu u 2017. godini

**Table 1.**

Sum of monthly precipitation and average monthly air temperatures for vegetation period in 2017.

Mesec	Suma mesečnih	Srednje	Prosek mesečnih	Prosek mesečnih
	padavina u vegetacionom periodu (mm)	mesečna temperatura vazduha (°C)	padavina (mm) za Vojvodinu (1964-2016)	temp. vazduha (°C) za Vojvodinu (1964-2016)
Maj	35,0*	17,0*	59,6	16,8
Jun	8,5	21,2	85,7	19,9
Jul	20,0	23,1	82,1	22,2
Avgust	31,0	23,7	66,0	21,6
Septembar	13,5*	19,1*	39,0	16,8
Suma/prosek	108	21,2	293,4	16,1

\*Vrednosti sume padavina i srednje dnevne temperature vazduha se odnose na period od 2-31. maja, odnosno 1-15. septembra. Za poređenje sa višegodišnjim vrednostima merodavni su podaci za period jun-avgust.

**Tabela 2.**

Norma navodnjavanja, broj zalivanja i dužina trajanja potperioda vegetacije paradajza

**Table 2.**

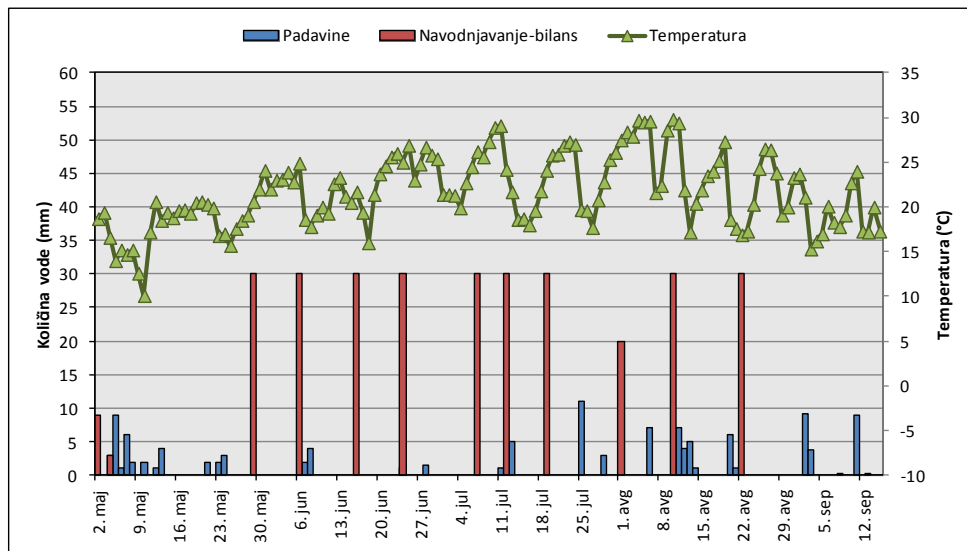
Irrigation rate, number of irrigation events and duration of development phases

Potperiod vegetacije	Dužina trajanja		Padavine (mm)	Voda dodata navodnjavanjem (mm)		Broj zalivanja	
	Datum	Dana		Bilans	Tenzioetar	Bilans	Tenzioetar
Inicijalna faza	2.05.-18.05.	16	28	12	12	2	2
Razvojna faza	19.05.-23.06.	36	14	90	180	3	6
Plodonošenje- poslednja berba	24.06.-14.09.**	80**	66	200	233	7	8
Vegetacioni period	2.05.-14.09.**	132**	108	302	425	12	16
	2.05.-18.09.***	136***					

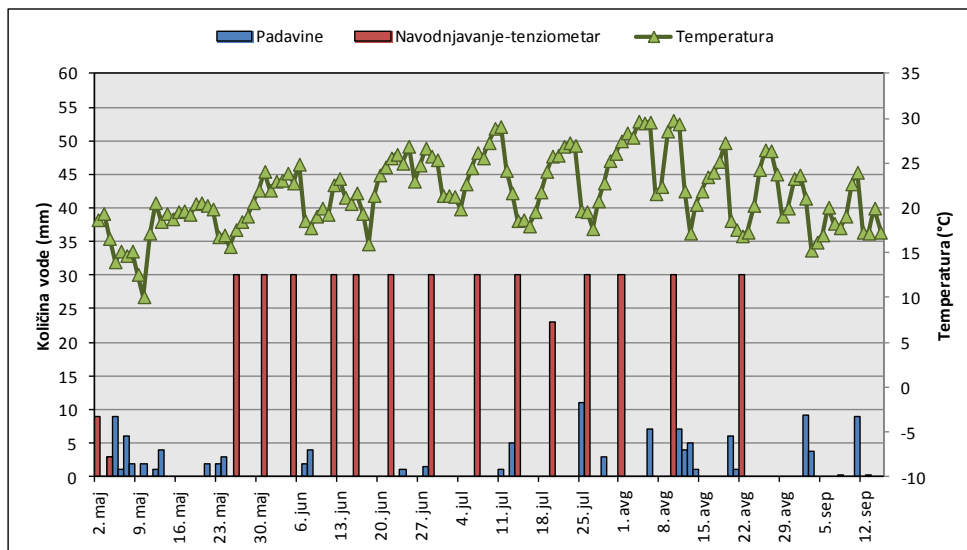
\*Posle rasađivanja obavljena su dva intervetna zalivanja sa količinom vode od 7 mm i 5 mm sa ciljem primanja rasada i ujednačenog početnog porasta biljaka

\*\*Dužina trajanja vegetacionog perioda-varijanta vodni bilans

\*\*\*Dužina trajanja vegetacionog perioda- varijanta tenziometar



**Grafikon 1.** Vreme zalivanja, zalivne norme i meterološki uslovi (vodni bilans)  
**Figure 1.** Irrigation schedules, irrigation water applied and meteorological data (water balance method)



**Grafikon 2.** Vreme zalivanja, zalivne norme i meterološki uslovi (tenziometar)  
**Figure 2.** Irrigation schedules, irrigation water applied and meteorological data (tenziometer)

Navodnjavanje je statistički signifikantno uticalo na prinos paradajza ( $91,21-99,85 \text{ t ha}^{-1}$ ) u odnosu na nenavodnjavanu varijantu ( $23,94 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tab. 3). U uslovima određivanja vremena zalivanja primenom tenziometra ostvareni su statistički značajno veći prinosi paradajza ( $99,85 \text{ t ha}^{-1}$ ) u odnosu na varijantu primenom bilansa ( $91,21 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tab. 3). Rezultati ukazuju da tenziometarska merenja mogu biti pouzdan oslonac u realizaciji racionalnog zalivnog režima paradajza. Dobijeni rezultati su saglasni sa rezultatima brojnih autora koji potvrđuju efikasnost primene tenziometara u realizaciji racionalnog zalivnog režima paradajza (Smajstrla and Locascio, 1996; Muñoz-Carpena et al., 2003; Zheng et al., 2013; Wang et al., 2007). Sharaf and Azza (2006) daju prednost primeni tenziometara ( $50 \text{ kPa}$ ) u odnosu na primenu vodnog bilansa u aridnim klimatskim uslovima Egipta. Suprotno, Tan (1990) za klimatske uslove Kanade (jugozapadni Ontario) daje prednost vodnom bilansu u odnosu na tenziometar u realizaciji zalivnog režima paradajza. Hartz (2009) ističe da se najbolji rezultati u proizvodnji paradajza postižu kombinacijom vodnog bilansa i tenziometarskih merenja.

Očekivano, sadržaj suve materije u plodovima paradajza bio je statistički signifikantno veći na kontrolnoj, nenavodnjavanoj varijanti ( $5,73\%$ ) u odnosu na navodnjavane varijante ( $4,52-4,66\%$ ) (Tab.

3). Sadržaj suve materije zavisi kako od genotipa tako i od uslova gajenja, zemljišnih i klimatskih (Machado et al., 2003).

**Tabela 3.**

Prinos, komponente prinosa i sadržaj suve materije paradajza

**Table 3.**

Yield, yield components and dry matter content of tomato

Varijanta	Ponavljjanje	Prinos (t ha <sup>-1</sup> )	Broj plodova po biljci	Prosečna masa ploda po biljci (kg)	Prosečna masa jednog ploda (g)	Suva materija (%)
Vodni bilans	1	95,14	18,9	3,17	165,57	4,85
	2	87,26	20,0	3,22	161,53	4,69
	3	91,24	20,0	3,19	156,17	4,45
	prosek	91,21 <sup>b</sup>	19,6 <sup>b</sup>	3,19 <sup>b</sup>	161,09 <sup>a</sup>	4,66 <sup>b</sup>
Tenziometar	1	99,20	25,1	3,49	161,48	4,44
	2	97,50	23,9	3,62	163,53	4,48
	3	102,85	25,0	3,37	169,82	4,63
	prosek	99,85 <sup>a</sup>	24,7 <sup>a</sup>	3,49 <sup>a</sup>	164,94 <sup>a</sup>	4,52 <sup>b</sup>
Kontrola	1	23,36	11,9	0,82	69,38	6,00
	2	24,71	11,7	0,86	74,80	5,70
	3	23,75	11,8	0,87	72,09	5,50
	prosek	23,94 <sup>c</sup>	11,8 <sup>c</sup>	0,85 <sup>c</sup>	72,09 <sup>b</sup>	5,73 <sup>a</sup>

Obračunom lwue koeficijenata dobija se jasna slika o efikasnosti iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem. Dobijene vrednosti zavise od osobina genotipa, odnosno njegovog potencijala za rodnost, klimatskih uslova, pre svega količine i rasporeda padavina, osobina zemljišta, načina i tehnike navodnjavanja, ali i od realizovanog režima zalivanja. Howell (2001) ukazuje na veće vrednosti lwue u uslovima manje količine vode dodate navodnjavanjem pod uslovom da deficit vode nije prisutan u bilo kom periodu vegetacije gajene biljke.

**Tabela 4.**

Koeficijenti iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem (lwue)

**Table 4.**

Irrigation water use efficiency coefficients (lwue)

Varijanta	lwue (Ym-Ya)/I (kg m <sup>-3</sup> )	lwue Y/I (kg m <sup>-3</sup> )
Vodni bilans	23,76	31,50
	20,71	28,89
	22,34	30,21
	22,27 <sup>a</sup>	30,20 <sup>a</sup>
Tenziometar	17,84	23,34
	17,13	22,94
	18,61	24,20
	17,86 <sup>b</sup>	23,49 <sup>b</sup>

Pejić et al. (2011) ističu da posebnu pažnju treba obratiti pri poređenju rezultata jer obračuni lwue mogu biti različiti (Viets 1962, Bos 1985). U klimatskim uslovima gde je navodnjavanje dopunskog karaktera obračun lwue se razlikuje (u obračun se uzimaju u obzir i prinosi na varijanti bez navodnjavanja, Bos, 1985) u odnosu na aridne rejone gde se biljna proizvodnja ne može realizovati u uslovima prirodne obezbeđenosti biljaka vodom (lwue vrednosti obračunavaju kao odnos prinosa i vode dodate navodnjavanjem, Viets 1962). Obračunate vrednosti lwue u intervalu 17,86-22,27 kg m<sup>-3</sup> su 2 do 2,5 puta veće u odnosu na vrednosti koje su utvrdili Aksić et al. (2011) za promenljive klimatske uslove jugoistočne Srbije (7,7-8,2 kg m<sup>-3</sup>) sa graničnim vrednostima na tenziometru 30 kPa. Razlike su rezultat sušne i ekstremno tople 2017. godine, odnosno 4 puta većih prinosa paradajza u uslovima navodnjavanja u odnosu na kontrolnu, nenavodnjavanu varijantu. Vrednosti lwue u intervalu 23,49-30,20 kg m<sup>-3</sup> su veće u odnosu na 8,64-9,97 kg m<sup>-3</sup> za paradajz proizveden u aridnim uslovima Saudijske Arabije (Al-Ghobari, 2014) navodnjavan potpovršinskim navodnjavanjem kapanjem za nivo prinosa u intervalu 64,58 t ha<sup>-1</sup> (watermark sensor) – 70,11 t ha<sup>-1</sup> (ET controler). Cetin et al. (2002) su u semiaridnim uslovima Turske, za paradajz navodnjavan kapanjem na glinovitom zemljištu, utvrdili lwue vrednosti, u proseku 23,8 kg m<sup>-3</sup> za nivo prinosa u intervalu 116,6-176,3 t ha<sup>-1</sup>. Dobijeni rezultati istraživanja se mogu porediti sa rezultatima koje navode Wang et al. (2007) za područje severne Kine (Nort China Plain) koju karakterišu slični klimatski i zemljišni uslovi. Vrednosti lwue su se kretale u intervalu 25,9-26,1 kg m<sup>-3</sup> za varijantu 20 kPa i 40,6-62,0 kg m<sup>-3</sup> za varijantu 50 kPa. Razlike u vrednostima su rezultat različitih količina i rasporeda padavina kao i manjeg broja zalivanja na varijanti 50 kPa. Na pomenutim varijantama navodnjavanja ostvareni su prinosi u proseku 42,5-49,4 t ha<sup>-1</sup> sa količinom vode dodate navodnjavanjem 185,0-83,6 mm. Wang et al (2007) takođe daju prednost manjem broju zalivanja i nižim vrednostima predzalivne vlažnosti zemljišta.

## Zaključci

Na osnovu istraživanja efekta navodnjavanja i različitih zalivnih režima na prinos paradajza može se zaključiti da je navodnjavanje statistički signifikantno povećalo prinos u odnosu na kontrolnu varijantu bez navodnjavanja. Na varijanti navodnjavanja sa primenom tenziometra ostvareni su statistički signifikantno veći prinosi (99,85 t ha<sup>-1</sup>) u odnosu na varijantu sa vodnim bilansom kao osnovom za određivanje vremena zalivanja (91,21 t ha<sup>-1</sup>). Vrednosti koeficijenata iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem (lwue) bile su statistički signifikantno veće na varijanti sa vodnim bilansom (22,27/30,20 kg m<sup>-3</sup>) u odnosu na varijantu sa primenom tenziometra (17,86/23,49 kg m<sup>-3</sup>). Imajući u vidu ostvarene prinose i obračunate vrednosti koeficijenata iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem na varijantama različitih zalivnih režima praksi navodnjavanja, zbog svoje jednostavnosti, se ravnopravno mogu preporučiti i vodni bilans i tenziometar.

## Zahvalnica

Ovo istraživanje je deo projekta koji podržava Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekat TR31030 i TR31036).

## Literatura

- Aksić, M., Gudžić, S., Deletić, N., Gudžić, N., Stojković, S. 2011. Tomato fruit yield and evapotranspiration in the conditions of south Serbia. *Bulg J Agric Sci*, 17 (2): 150-157.
- Al-Ghobari, H.M. 2014. The assessment of automatic irrigation scheduling techniques on tomato yield and water productivity under a subsurface irrigation system and hyper arid region. *Sustainable irrigation and drainage*, 185: 55-66.
- Bos, M.G. 1985. Summary of ICID definitions of irrigation efficiency. *ICID Bull* 34: 28-31.
- Bošnjak, Đ. 1982. Evaporacija sa slobodne vodene površine kao osnova zalivnog režima i njen odnos prema ETP kukuruza i soje. (Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Novi Sad).
- Bošnjak, Đ., Pejić, B. 1995. Turnus kao osnova zalivnog režima paradajza. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 23: 369-375.
- Bošnjak, Đ. 1999. Navodnjavanje poljoprivrednih useva. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- Cetin, O., Yildirim, O., Urgan, D., Boyaci, H. 2002. Irrigation scheduling of drip irrigated tomatoes using class A pan evaporation. *Turk J Agric and For*, 26: 171-178.
- FAOSTAT 2016. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Pristupljeno 10. maja 2019.
- Hargreaves, G.H., Samani, Z.A., 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Appl Eng Agric*, 1, 96-99.

- Hartz, T. 2009. Drip Irrigation and Fertigation Management of processing Tomato. Vegetable Research and Information Center, University of California, Davis, 1-11.
- Howell, A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. Agron J, 93, 281–289.
- Kang, Y.H., Wang, F.X., Liu, H.J. 2004. Potato evapotranspiration and yield under different drip irrigation regimes. Irrigation Sci, 23: 133–143.
- Kang, Y.H., Wan, S.Q. 2005. Effect of soil water potential on radish (*Raphanus sativus* L.) growth and water use under drip irrigation. Sci Hort, 106: 275–292.
- Machado, R.M.A., Rosario, M., Oliveira, G., Portas, C.A.M. 2003. Tomato root distribution, yield and fruit quality under subsurface drip irrigation. Plant Soil, 255: 333-341.
- Muñoz-Carpena, R., Bryan, H., Klassen, W., Dukes, M. D. 2003. Automatic soil moisture-based drip irrigation for improving tomato production. Proceeding of the Florida State Horticultural Society, 116:80-85.
- Pejić, B. 1993. Analiza vodnog bilansa i vlažnosti zemljišta kao osnove zalivnog režima soje. (Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet Novi Sad).
- Pejić, B., Gvozdanović-Varga, J., Milić, S., Ignjatović-Ćupina, A., Krstić Đ., Ćupina, B. 2011. Effect of irrigation schedules on yield and water use of onion (*Allium cepa* L.). Afr J Biotechnol, 10, 2644-2652.
- RHMZ (2017) Republički hidrometeorološki zavod Srbije. RHMZ-Republički hidrometeorološki zavod Srbije, <http://www.hidmet.gov.rs/>. Pristupljeno 2. maja 2017.
- Robinson, E.J.Z., Kolavalli, S.L. 2010. The Case of Tomato in Ghana: Productivity. Ghana Strategy Support Program (GSSP). GSSP Working Paper, No. 19.
- Sharaf, G.A., Azza, H. 2006. Water management and irrigation scheduling of tomato by water balance. Misr J Agric Eng, 23(3): 549-570.
- Shock, C.C., Feibert, E.B.G., Saunders, L.D. 2000. Irrigation criteria for drip-irrigated onions. Hort Sci, 35: 63–66.
- Smajstrla, A.G., Locascio, S.J. 1990. Irrigation scheduling of drip-irrigated tomato using tensiometers and pan evaporation. Proceeding of the Florida State Horticultural Society, 103: 88-91.
- Smajstrla, A.G., Locascio, S.J. 1996. Tensiometer-controlled drip irrigation scheduling of tomato. Appl Eng Agric, 12: 315-319.
- Statistički godišnjak Srbije 2017. <http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/>. Pristupljeno 10. maja 2019.
- Tan, C.S. 1990. Irrigation scheduling for tomatoes-water budget approach. Research/Agriculture Canada, Ministry of Agriculture and Rural Affairs.
- Viets, F.G. 1962. Fertilizers and the efficient use of water. Adv Agron, 14: 223-264.
- Vučić, N. 1976. Navodnjavanje poljoprivrednih kulturna. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- Wang, D., Kang, Y., Wan, S. 2007. Effect of soil metric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. Agr Water Manage, 87: 180-186.
- Wang, Q., Klassen, W., Abdul-Baki, A.A., Bryan, H.H., Li, Y.C., Codallo, M. 2004. Influence of summer cover crops and irrigation rates on tomato yields and quality in a subtropical area. Proceeding of the Florida State Horticultural Society, 116: 140–143.
- Zheng, J., Huang, G., Jia, D., Wang, J., Mota, M., Pereira, L.S., Huang, Q., Xu, X., Liu, H. 2013. Responses of drip irrigated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) yield, quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in an arid region of Northwest China. Agr Water Manage, 129: 181-193.





## The effect of different irrigation scheduling regimes on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yield under drip irrigation system

Borivoj Pejić<sup>a</sup>, Ksenija Mačkić<sup>a\*</sup>, Miroslav Koza<sup>a</sup>, Milena Jančić-Tovjanin<sup>a</sup>, Boško Gajić<sup>b</sup>, Miroljub Aksić<sup>c</sup>

<sup>a</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia

<sup>b</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade, Serbia

<sup>c</sup>University of Pristina, Faculty of Agriculture, Kosovska Mitrovica, Serbia

\*Corresponding author: [ksenija@polj.uns.ac.rs](mailto:ksenija@polj.uns.ac.rs)

### ABSTRACT

The study was carried out to investigate the effect of different irrigation scheduling regimes on tomato yield (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. Viva, F1). Tomato plants were grown on the calcareous chernozem soil of the loess terrace on private farm in Kisač near Novi Sad, in 2017. The plants were irrigated with a lateral row per plant row (0.7 m) with drippers spaced every 0.1 m. The drippers had an average flow of 8.0 l h<sup>-1</sup>. The trial also included the non-irrigated (rainfed) control variant. Irrigation was scheduled on the basis of water balance method using reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) and crop coefficients (K<sub>c</sub>) and by tensiometer placed in row between plants at a depth of 0.2 m. Daily evapotranspiration (ET<sub>d</sub>) was computed using the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) and crop coefficient (k<sub>c</sub>) of 0.6, 0.7 and 1.05 for the initial stage, the development stage and from the beginning of fruiting to the last harvest respectively. A soil matric potential threshold of 50 kPa on tensiometer was used to determine the time of irrigation. Measurements on tensiometer were done by two times a day, in the morning and the afternoon. Irrigation had the statistical influence on yield of tomato (91.21-99.85 t ha<sup>-1</sup>) compare to the variant without irrigation (23.94 t ha<sup>-1</sup>). The yield of tomato was statistically higher on variant by applying a tensiometer (99,85 t ha<sup>-1</sup>) in relation to water balance method variant of irrigation (91,21 t ha<sup>-1</sup>). The values of irrigation water use efficiency coefficients (Iwue) were statistically higher on water balance variant (22,27/30,20 kg m<sup>-3</sup>) compared to variant by applying a tensiometer (17,86/23,49 kg m<sup>-3</sup>). The yield and the calculated values of Iwue coefficients suggested that both irrigation scheduling variants can be equally recommended to the farmers.

**KEY WORDS:** Tomato, irrigation scheduling regimes, water balance, tensiometer

Primljen: 13.05.2019.

Prihvaćen: 06.07.2019.