



Efekat površinskog i potpovršinskog navodnjavanja kapanjem na prinos i evapotranspiraciju kukuruza

Borivoj Pejić^a, Ksenija Mačkić^{a*}, Stanko Milić^b, Livija Maksimović^b, Ivana Bajić^b,
Milena Jančić-Tovjanin^a

^aUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija

^bInstitut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija

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

SAŽETAK

Ogled sa navodnjavanjem kukuruza izveden je 2018. godine na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada u Odeljenju za alternativne biljne kulture u Bačkom Petrovcu, na zemljištu tipa karbonatni černoziem. Kukuruz je navodnjavan sistemom kap po kap sa postavljenim lateralima u svakom redu, sa razmakom kapljača od 33 cm i protokom $2,0 \text{ l h}^{-1}$ pri pritisku od 100 kPa. U ogledu su bile zastupljene dve varijante navodnjavanja, sa lateralima postavljenim na površini zemljišta (DI) i ukopanih ispod površine zemljišta na dubini 5-6 cm (shallow subsurface drip irrigation SSDI). Takođe, bila je zastupljena i kontrolna varijanta bez navodnjavanja. Vreme zalivanja je određivano metodom vodnog bilansa primenom koeficijenta kulture (k_c) i referentne evapotranspiracije (ET_o). Obračun ET_o je rađen Hargreaves metodom. Za obračun dnevnog utroška vode na evapotranspiraciju korišćeni su koeficijenti kulture (maj 0,3-0,5, jun 0,7-0,85, jul 1,05-1,2, avgust 0,8-0,9, septembar 0,5-0,6). U ogledu je bio zastupljen hibrid NS 6030. Navodnjavanjem je dodato 55 mm vode. Prinos kukuruza na SSDI varijanti navodnjavanja ($14,311 \text{ t ha}^{-1}$) bio je signifikantno veći u odnosu na kontrolnu, nenavodnjavanu varijantu ($12,846 \text{ t ha}^{-1}$). Nisu utvrđene statistički značajne razlike u prinosu između DI ($13,833 \text{ t ha}^{-1}$) i kontrolne, nenavodnjavane varijante, a takođe ni između SSDI i DI varijante navodnjavanja. U uslovima navodnjavanja utrošak vode na evapotranspiraciju (ET_m) iznosio je 502 mm, a na kontrolnoj varijanti bez navodnjavanja (ET_a) 352 mm. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrednostima iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem (I_{wue}) između SSDI varijante ($2,66 \text{ kg m}^{-3}$) i DI varijante navodnjavanja ($1,80 \text{ kg m}^{-3}$). Veći prinosi kukuruza i veće I_{wue} vrednosti na SSDI varijanti navodnjavanja u odnosu na DI varijantu, bez obzira na činjenicu da razlike nisu bile statistički značajne, ukazuju na potrebu daljih istraživanja imajući u vidu brojne prednosti navodnjavanja sa lateralima postavljenim neposredno ispod površine zemljišta (SSDI).

KLJUČNE REČI: kukuruz, površinsko i potpovršinsko navodnjavanje kapanjem, prinos, evapotranspiracija, efikasnost iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem

Uvod

Kukuruz (*Zea mays* L.) jedna je od najznačajnijih ratarskih biljaka u svetu. U periodu 2007-2017 kukuruz se u svetu gaji na 177-185 mil. ha, odnosno približno 24% oraničnih površina, sa učešćem oko 30% u proizvodnji zrna (872 mil. tona) i prosečnim prinosom od $4,9 \text{ t ha}^{-1}$. Po proizvodnji zrna bio je na prvom mestu ispred pirinča i pšenice (FAOSTAT, 2017). Još veći značaj kukuruz ima za našu zemlju, jer se u istom periodu u Srbiji gaji na oko 38% oraničnih površina (1,12 mil. ha) sa ukupnom proizvodnjom od 6,03 mil. t i prosečnim prinosom $5,4 \text{ t ha}^{-1}$. U Vojvodini učešće kukuruza u strukturi setve je oko 41%, drugim rečima, prosečne površine za dugi niz godina iznose oko 650.000 ha. Prosečan prinos u periodu od 2007-2017 god. bio je $5,4 \text{ t ha}^{-1}$, a varirao je u širokom rasponu od $2,94-6,44 \text{ t ha}^{-1}$ (Stat. god. Srbije, 2017) i bio je u korelaciji, pre svega, sa količinom i rasporedom padavina.

Klimatsko područje Vojvodine odlikuje se promenljivošću meteoroloških uslova u pojedinim godinama. To se posebno odnosi na padavine koje po godinama variraju kako po količini tako i po rasporedu. Ako sušu definišemo kao nedovoljno snabdevanje biljaka vodom, kada je potencijalna evapotranspiracija veća od stvarne, bez obzira na uzroke tog pojavi, onda je očigledno da je suša u našim klimatskim uslovima redovna pojava, javlja se svake godine i ostavlja manje ili veće posledice na prinose gajenih biljaka. Bošnjak i sar. (2005) ukazuju na prosečno povećanje prinosa kukuruza u uslovima navodnjavanja od 28,7%, a da u ekstremno sušnim godinama efekat navodnjavanja može biti i preko 150%.

Racionalno navodnjavanje, pored obezbeđenja biljaka potrebnim količinama vode u periodu vegetacije, posebno u kritičnim fazama razvika, podrazumeva i pravilan odabir načina navodnjavanja. U biljnoj proizvodnji primenjuju se četiri osnovna načina navodnjavanja. Površinski načini navodnjavanja zauzimaju najveće površine, zatim sledi kišenje, lokalno navodnjavanje i subirigacija. Navodnjavanje kapanjem ispod površine zemljišta (subsurface drip irrigation, SDI) je relativno novo

tehničko rešenje. U SAD kao ideja se pojavljuje 60-tih godina prošlog veka, a istraživački rad se intenzivira od 1980 godine. SDI obezbeđuje precizno dodavanje vode direktno u zonu korena biljaka uz neznatno vlaženje površine zemljišta i minimalne gubitke vode na evaporaciju (Bartolo, 2005). Ayers et al. (1999) ističu znatnu uštedu vode primenom ovog načina navodnjavanja, a Singh et al. (2006) napominju da su prinosi jednaki ili veći u odnosu na navodnjavanje kapanjem sa lateralima na površini zemljišta (DI). Pitanje dubine na koju se laterali postavljaju je u fokusu istraživača poslednjih godina (Camp, 1998; Lamm and Trooien, 2005; Pablo et al., 2007). Pablo et al. (2007) ukazuju da na glinovitim zemljištima laterali mogu biti postavljeni na većoj dubini u odnosu na peskovita zemljišta na kojima se preporučuje postavljanje laterala u plićim slojevima. Lamm et al. (1995), Lamm and Trooien (2005) ističu da su dubina postavljenih laterala 40-45 cm i razmak 1,5 m najprihvatljiviji u proizvodnji kukuruza na glinovito ilovastim zemljištima za područje Kanzasa u SAD. Istraživanja u Kini (Shufang et al., 2018) ukazuju na prednosti pliće postavljenih laterala (shallow subsurface drip irrigation SSDI) 5-10 cm u odnosu na laterale postavljene na dubini 20 cm u proizvodnji lucerke u aridnim klimatskim uslovima. U literaturi skoro da i nema informacija koje se tiču potpovršinskog navodnjavanja sa lateralima postavljenim neposredno ispod površine zemljišta, koji se na kraju vegetacije pre žetve ili berbe odnose sa parcele i koriste naredne godine. SSDI se postavlja istovremeno sa setvom što omogućuje, pre svega, pravovremeno i ujednačeno nicanje biljaka, zatim zaštitu od vetra i oštećenja od životinja. Charlesworth and Muirhead (2003) ukazuju da ako se potpovršinskim navodnjavanjem kapanjem želi uticati na nicanje biljaka laterali moraju biti postavljeni ne dublje od 20 cm. Pablo et al. (2007) zaključuju da u klimatskim uslovima New Mexico, SAD na zemljištu peskovita ilovača laterale treba postavljati na dubinu 15-20 cm ispod površine zemljišta jer laterali na dubini 20 cm imaju najduži vek trajanja i mogu obezbediti postizanje visokih prinosa gajenih biljaka. Bui and Osgood (1990) ističu oštećenje laterala na dubini od 10 cm pri košenju lucerke. Iskustva u našoj zemlji sa SSDI postoje što ukazuje na potrebu da se ovo tehničko rešenje detaljno ispita sa svim prednostima i nedostacima koji ga prate. Naša saznanja ukazuju da setva soje mora biti prilagođena postavljanju laterala neposredno ispod površine zemljišta, odnosno setva se obavlja sa dva reda soje na razmaku od 14 cm i razmakom između dva dvoreda od 60 cm. Laterali se postavljaju po sredini između dva reda soje, na dubinu 4-5 cm. Tretiranje herbicidima se obavlja sa ciljem da se neutrališu korovi između redova soje, a površina između dva dvoreda se može nesmetano kultivirati sa ciljem dodatne kontrole korovske flore, razbijanja pokorice i poboljšanja aeracije zemljišta.

U literaturi se sreću različite vrednosti utroška vode na evapotranspiraciju (ETP) kukuruza u zavisnosti od pedoklimatskih uslova reiona (375 mm u Minesoti, SAD, Morey et al., 1980; 762 mm u klimatskim uslovima severozapadnog dela Turske, Cakir, 2004; 620-630 mm Nebraska, SAD, Djaman et al., 2013; 500 mm u aridnim uslovima severozapadne Kine, Lianglei, et al., 2017). ETP kukuruza u agroekološkim uslovima Vojvodine iznosi 470-540 mm (Bošnjak, 1982; Pejić, 2000).

Jasna ocena efekta navodnjavanja i sprovedenog zalivnog režima na prinos kukuruza može se dobiti obračunom koeficijenta iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem (I_{wue}). Ukoliko zalivni režim nije usklađen sa potrebama biljaka za vodom i vodnofizičkim osobinama zemljišta, efekat navodnjavanja može izostati. Howell (2001) ukazuje na činjenicu da vrednosti I_{wue} rastu sa smanjenjem količine vode dodate navodnjavanjem uz uslov da se deficit lakopristupačne vode ne javi ni u jednom potperiodu vegetacije gajene biljne vrste. Howell et al. (1995) je za Texas, SAD utvrdio vrednosti I_{wue} za kukuruz u intervalu od 1,73-2,41 kg m⁻³, a Mengu and Ozgurel (2008) ističu slične vrednosti, 1,78-2,13 kg m⁻³, za uslove zapadne Turske. Pejić et al. (2011) su utvrdili da I_{wue} vrednosti za kukuruz u klimatskim uslovima Vojvodine variraju u intervalu od 0,47-3,0 kg m⁻³.

Zadatak ovih istraživanja je bio da se utvrdi efekat površinskog (DI) i potpovršinskog navodnjavanja (SSDI) kapanjem na prinos, evapotranspiraciju kukuruza i efikasnost iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem. Dobijeni rezultati biće iskorišćeni, pre svega, da se stručnoj javnosti saopšte korisne informacije o mogućnostima ovog tehničkog rešenja u navodnjavanju ratarskih biljaka i daju preporuke za racionalno navodnjavanje, koje podrazumeva visoke i stabilne prinose.

Material i metod rada

Ogled sa navodnjavanjem kukuruza izveden je 2018. godine na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada u Odeljenju za alternativne biljne kulture u Bačkom Petrovcu, na zemljištu tipa karbonatni černozem. Predusev kukuruza bila je lubenica. Osnovna obrada zemljišta obavljena je 14. XI 2017. godine. Predsetvena priprema izvedena je neposredno pre setve kukuruza koja je obavljena 18. IV 2018 godine. U ogledu je bio zastupljen hibrid NS 6030 novosadskog Instituta za ratarstvo i povrtarstvo. Kukuruz je nikao 27. IV 2018. godine. Korekcija korova je obavljena ručno okopavanjem i međurednom kultivacijom. Prihrana kukuruza je urađena 25. V 2018. godine sa amonijum sulfatom (NH₄)₂SO₄ koji sadrži 21% azota i 24% sumpora. Kukuruz je navodnjavao

sistemom kap po kap sa postavljenim lateralima u svakom redu, sa razmakom kapljača od 33 cm i protokom 2,0 l h⁻¹. U ogledu su bile zastupljene dve varijante navodnjavanja, sa lateralima postavljenim na površini zemljišta (DI) i ukopanih ispod površine zemljišta na dubini 5-6 cm (shallow subsurface drip irrigation SSDI). Takođe, bila je zastupljena i kontrolna varijanta bez navodnjavanja.

Vreme zalivanja je određivano metodom vodnog bilansa primenom koeficijenta kulture (k_c) i referentne evapotranspiracije (ET_o). Svakodnevno je bilansiran sadržaj lakopristupačne vode u sloju zemljišta do 40 cm. Kada su rezerve lakopristupačne vode svedene na minimum pristupalo se zalivanju. Količine padavina su dobijene sa meteorološke stanice Bački Petrovac koja se nalazi u neposrednoj blizini ogledne parcele. U slučaju padavina većih od kapaciteta zemljišta za lakopristupačnu vodu u sloju do 40 cm, obračunata je procedena voda u dublje slojeve zemljišta.

Obračun referentne evapotranspiracije (ET_o) je rađen Hargreaves metodom (Hargreaves et al., 1985). Dnevne vrednosti ET_o su preuzimane sa sajta Hidrometeorološkog zavoda Srbije (http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/agro_evapotranspiracija.php).

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

ET_o – referentna evapotranspiracija (mm dan⁻¹),
 T_m – srednja dnevna temperatura vazduha (°C),
 T_{max} – maksimalna dnevna temperatura vazduha (°C),
 T_{min} – minimalna dnevna temperatura vazduha (°C),
 R_a - ekstraterestrialna radijacija (MJ m⁻² dan⁻¹).

Za obračun dnevnog utroška vode na evapotranspiraciju korišćeni su koeficijenti kulture (k_c) za maj 0,3-0,5, jun 0,7-0,85, jul 1,05-1,2, avgust 0,8-0,9 i septembar 0,5-0,6. Sabiranjem dnevnih vrednosti utroška vode (ETP_d) dobijene su vrednosti evapotranspiracije kukuruza za period vegetacije (ET_c).

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

ETP_d – dnevni utrošak vode na potencijalnu evapotranspiraciju (mm dan⁻¹)
 k_c – koeficijent kulture

Efikasnost iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem (Irrigation water use efficiency I_{wue}) je obračunata postupkom Bos-a (Bos, 1985).

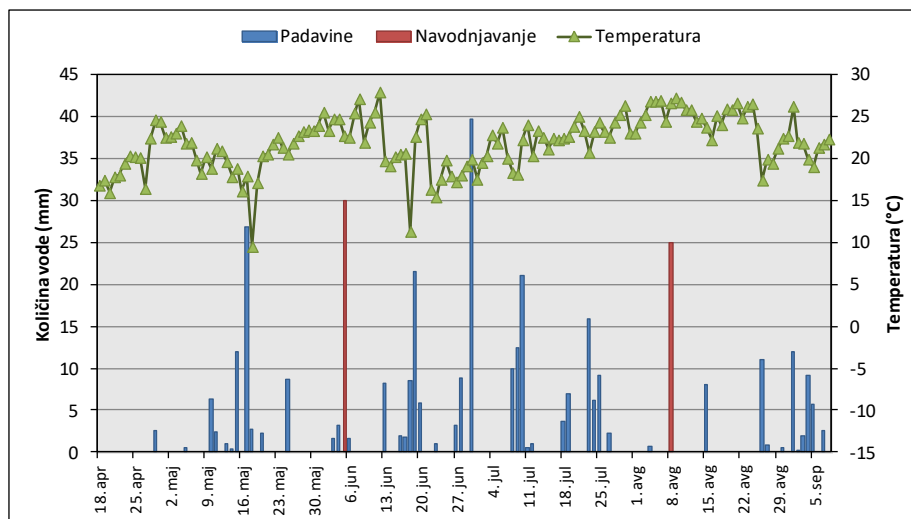
$$I_{wue} = \frac{Y_m - Y_a}{I} \quad (3)$$

Y_m – prinos zrna u uslovima navodnjavanja (kg ha⁻¹)
 Y_a – prinos zrna u uslovima bez navodnjavanja (kg ha⁻¹)
 I – količina vode dodate navodnjavanjem (m³ ha⁻¹)

Nakon berbe registrovan je prinos kukuruza na osnovnoj parceli od 30 m² i preračunat u t ha⁻¹ u odnosu na vlažnost zrna od 14%. Vlažnost zrna je utvrđena terenskim vlagomerom. Statistička obrada podataka obavljena je programom STATISTICA for Windows version 13 (StatSoft, 2013). Podaci su obrađeni metodom analize varijanse, a testiranje rezultata obavljeno je LSD testom, na nivou značajnosti 0,05. Značajnost razlika analiziranih parametara prikazana je slovnom oznakama (različita slova označavaju postojanje razlika između varijanti).

Rezultati i diskusija

U periodu vegetacije kukuruza, u intervalu od maja do avgusta, palo je 287,1 mm kiše (Tab. 1, Graf.1), odnosno na nivou višegodišnjeg proseka Vojvodine (293,4 mm) (Tab. 1). Međutim, prosečna temperatura vazduha (Tab. 1) u istom periodu (22,1 °C) je bila viša za 1,0 °C u odnosu na višegodišnji prosek (20,1 °C) što je uticalo na potrošnju vode, odnosno evapotranspiraciju biljaka, a takođe i na dužinu vegetacionog perioda kukuruza kako kontrolne varijante tako i varijante sa navodnjavanjem.



Grafikon 1. Padavine, srednja dnevna temperatura vazduha, zalivne norme i raspored zalivanja
Figure 1. Precipitation, mean daily air temperature, irrigation water applied and irrigation schedules

Vremenski uslovi za proizvodnju kukuruza u 2018. godini su bili povoljni. To se posebno odnosi na količinu i raspored padavina. Male količine padavina u prvoj dekadi juna uslovile su potrebu za navodnjavanjem (30 mm). Takođe, obavljeno je navodnjavanje i krajem prve dekade avgusta (25 mm) sa ciljem da se obezbede optimalni uslovi za nalivanje zrna (Graf. 1).

Tabela 1

Suma mesečnih padavina (mm) i srednja mesečna temperatura vazduha (°C) u vegetacionom periodu kukuruza (2018 god.)

Table 1.

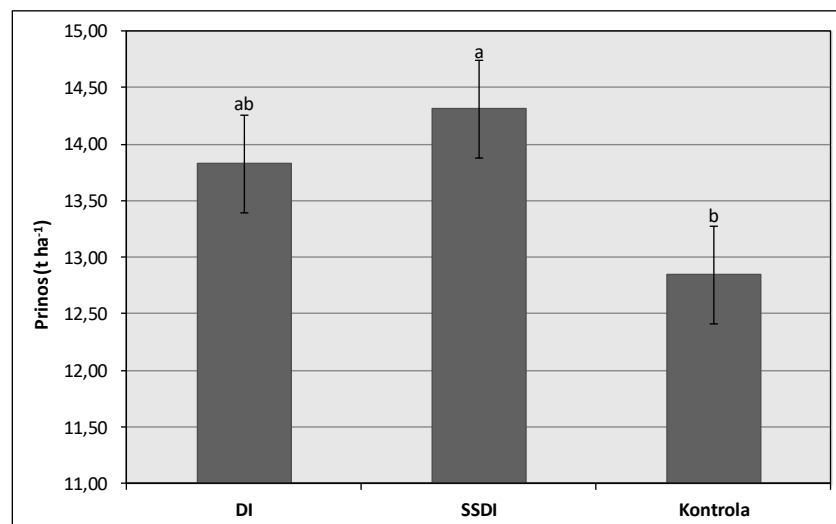
Sum of monthly precipitation (mm) and mean monthly air temperature (°C) in the vegetation period of maize in 2018

Mesec	Suma mesečnih padavina (mm)	Srednja mesečna temperatura vazduha (°C)	Višegodišnji prosek mesečnih padavina za Vojvodinu (mm) (1964-2017)	Višegodišnji prosek mesečnih temperatura vazduha (°C) za Vojvodinu (1964-2017)
April	3,7*	17,3	48,8	11,4
Maj	63,1	20,5	59,6	16,8
Jun	113,7	21,3	85,7	19,9
Jul	89,2	22,3	82,1	22,2
Avgust	21,1	24,2	66,0	21,6
Septembar	29,7*	21,8	39,0	16,8
Ukupno/Prosek	287,1 (320,5)	22,1 (21,2)	293,4 (381,2)	20,1 (18,1)

*Suma padavina (mm) i srednja temperatura vazduha (°C) za april se odnosi na period od 18-30, a za septembar 1-7, zato su za poređenje sa višegodišnjim vrednostima merodavni podaci za period maj-avgust

Prinos kukuruza na SSDI varijanti navodnjavanja (14,311 t ha⁻¹) bio je signifikantno veći u odnosu na kontrolnu, nenavodnjavanu varijantu (12,846 t ha⁻¹). Nisu utvrđene statistički značajne razlike u prinosu između DI i kontrolne, nenavodnjavane varijante, a takođe ni između SSDI i DI varijante navodnjavanja (13,833 t ha⁻¹) (Graf. 2). Povoljan raspored padavina uslovio je da vodni režim zemljišta

i u uslovima prirodne obezbeđenosti biljaka vodom bude zadovoljavajući što je uticalo da se i u uslovima bez navodnjavanja dobiju visoki prinosi kukuruza (Graf. 2). Pomenuta činjenica ukazuje na dopunski karakter navodnjavanja u klimatskim uslovima Vojvodine (Pejić et al., 2011). Veći prinosi kukuruza na SSDI varijanti navodnjavanja u odnosu na DI varijantu, bez obzira na činjenicu da razlike nisu bile statistički značajne, ukazuju na potrebu daljih istraživanja imajući u vidu brojne prednosti navodnjavanja sa lateralima postavljenim neposredno ispod površine zemljišta (SSDI). Douh and Boujelben (2011) takođe ističu prednosti potpovršinskog navodnjavanja kapanjem u proizvodnji kukuruza u odnosu na varijantu sa lateralima postavljenim na površini zemljišta u uslovima mediteranske klime Tunisa.



Grafikon 2. Efekat navodnjavanja na prinos kukuruza
Figure 2. The effect of irrigation on maize yield

Tabela 2

Vodni bilans kukuruza

Table 2

Water balance of maize

Elementi bilansa	Mesec						
	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Vegetacija
ET _o	51	136	138	136	134	26	621
k _c	0,3-0,5*	0,3-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	0,8-0,9	0,5-0,6	-
t	17,3	20,5	21,3	22,3	24,2	21,8	502
ET _m	24	66	109	151	119	33	-
P	4	63	110	89	21	32	319
Δ	-20	-3	+1	-11	0	0	-
r	33**	13	10	11	0	0	-
ET _a	24	66	109	100	21	32	352
d	0	0	0	51	98	1	150
s	0	0	0	0	0	0	0

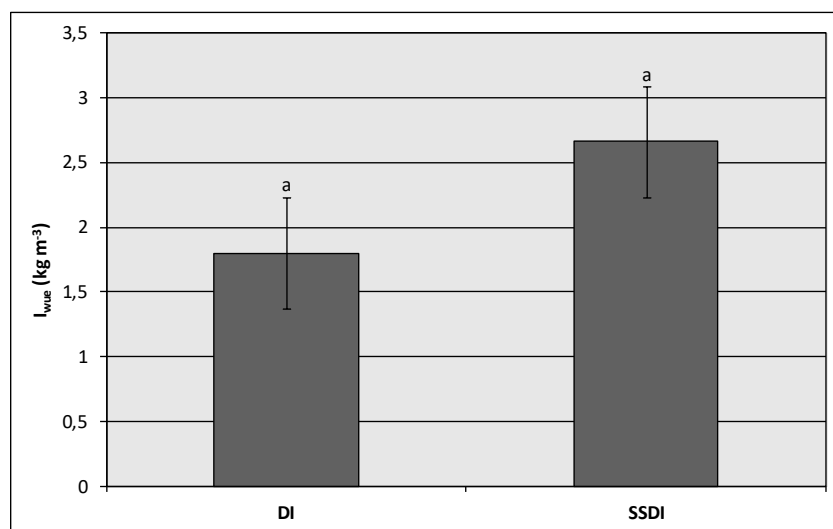
ET_o – Referentna evapotranspiracija (mm), k_c – koeficijent kulture, t – srednja mesečna temperatura vazduha (°C), ET_m – evapotranspiracija u uslovima navodnjavanja (mm), P – mesečna suma padavina (mm), Δ – razlika između ET_m i P (mm), r – rezerva lakopristupačne vode u zemljištu iz predvegetacionog, zimskog perioda (mm), ET_a – evapotranspiracija u uslovima prirodne obezbeđenosti biljaka vodom (mm), d – deficit lakopristupačne vode (mm), s – suficit, proceđena voda u slojeve zemljišta ispod aktivne rizosfere (mm)

* Vrednosti k_c su računane na dnevnom nivou i bile su vezane za srednju dnevnu temperaturu vazduha

** Rezerva lakopristupačne vode na početku vegetacionog perioda određena je na osnovu utvrđene vlažnosti zemljišta nakon setve kukuruza za sloj do 40 cm. Sloj zemljišta do dubine 40 cm se koristi kao osnova za obračun jer se u njemu nalazi najveća masa korena kukuruza i iz njega biljka utroši najviše vode u periodu vegetacije (aktivna rizosfera) (Pejić, 2000, Djaman and Irmak, 2012)

U uslovima navodnjavanja utrošak vode na evapotranspiraciju (ET_m) iznosio je 502 mm, a na kontrolnoj varijanti bez navodnjavanja (ET_a) 352 mm (Tab. 2). Dobijeni rezultati su saglasni sa ranije utvrđenim vrednostima potreba kukuruza za vodom u agroekološkim uslovima Vojvodine u intervalu od 470-540 mm (Bošnjak, 1982, Pejić, 2000).

Nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrednostima iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem (I_{wue}) između SSDI varijante ($2,66 \text{ kg m}^{-3}$) i DI varijante navodnjavanja ($1,80 \text{ kg m}^{-3}$). (Graf. 3). Slične I_{wue} vrednosti $1,73\text{-}2,41 \text{ kg m}^{-3}$ ističu Musick and Dusek (1980) i Howell et al. (1997) za Texas, SAD i Mengu and Ozgurel (2008) u intervalu od $1,78\text{-}2,13 \text{ kg m}^{-3}$ za uslove zapadne Turske. Pejić et al (2011) su u agroekološkim uslovima Vojvodine, za vremenski period 2000-2007, utvrdili prosečnu vrednost I_{wue} od $1,72 \text{ kg m}^{-3}$. Kuscic et al. (2013) ukazuju da na vrednosti I_{wue} utiče potencijal za prinos gajene biljke, zatim način navodnjavanja kao i klimatski uslovi područja, a Pejić et al. (2011) ističu da razlike u vrednostima I_{wue} mogu biti i posledica obračuna.



Grafikon 3. Efikasnost iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem
Figure 3. The effect of irrigation on irrigation water use efficiency

Zaključci

Na osnovu istraživanja efekta navodnjavanja kapanjem sa lateralima na površini i ispod površine zemljišta na prinos i evapotranspiraciju kukuruza može se zaključiti da je prinos kukuruza na SSDI varijanti navodnjavanja ($14,311 \text{ t ha}^{-1}$) bio signifikantno veći u odnosu na kontrolnu, nenavodnjavanu varijantu ($12,846 \text{ t ha}^{-1}$). Nisu utvrđene statistički značajne razlike u prinosu između DI i kontrolne, nenavodnjavane varijante, a takođe ni između SSDI i DI varijante navodnjavanja ($13,833 \text{ t ha}^{-1}$). U uslovima navodnjavanja utrošak vode na evapotranspiraciju (ET_m) iznosio je 502 mm, a na kontrolnoj varijanti bez navodnjavanja (ET_a) 352 mm. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrednostima iskorišćenosti vode dodate navodnjavanjem (I_{wue}) između SSDI varijante ($2,66 \text{ kg m}^{-3}$) i DI varijante navodnjavanja ($1,80 \text{ kg m}^{-3}$). Veći prinosi kukuruza i veće I_{wue} vrednosti na SSDI varijanti navodnjavanja u odnosu na DI varijantu, bez obzira na činjenicu da razlike nisu bile statistički značajne, ukazuju na potrebu daljih istraživanja imajući u vidu brojne prednosti navodnjavanja sa lateralima postavljenim neposredno ispod površine zemljišta (SSDI).

Zahvalnica

Ovo istraživanje je deo projekta Unapređenje proizvodnje krmnog bilja na oranicama i travnjacima (TR31016) koji je finansijski podržalo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

Literatura

- Ayers, J.E., Phene, C.J., Hutmacher, R.B., Davis, K.R., Shoneman, R.A., Vail, S.S., Mead, R.M. 1999. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Laboratory. *Agric Water Manage.* 42 (1):1–27.
- Bartolo, M.E. 2005. Subsurface drip irrigation in Colorado. In: *Central Plains Irrigation Conference and Exposition Proceedings*, Sterling, CO, p.p. 119–122.
- Bos, M.G. 1985. Summary of ICID definitions of irrigation efficiency. *ICID Bull.* 34: 28–31.
- Bošnjak, Dj. 1982. Evaporacija sa slobodne vodene površine kao osnova zalivnog ržima i njen odnos prema ETP kukuruza i soje. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
- Bošnjak, Dj., Pejić, B., Maksimović L. 2005. Irrigation-a condition for high and stable corn production in the Vojvodina Province. *International conference on sustainable agriculture and European integration processes. Savremena poljoprivreda*, 3-4: 82-87, Novi Sad.
- Bui, W., Osgood, V. 1990. Subsurface irrigation trial for alfalfa in Hawaii. In *Proc. of the Third Nat'l. Irrigation Symp.*, 658-660. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Çakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Res.* 89: 1–6.
- Camp, C.R. 1998. Subsurface drip irrigation: A review. *Trans. ASAE*, 41: 1353–1367.
- Charlesworth, P. B., Muirhead W. A. 2003. Crop establishment using subsurface drip irrigation: a comparison of point and area sources. *Irrig. Sci.* 22: 171-176.
- Djaman, K., Irmak, S. 2012. Soil water extraction patterns and crop, irrigation, and evapotranspiration water use efficiency of maize under full and limited irrigation and rainfed settings. *ASABE*, 55(4): 1223–1238.
- Djaman, K., Irmak, S., Rathje, W.R., Martin, D.L., Aisenhauer, D. E. 2013. Maize evapotranspiration, yield production functions, biomass, grain yield, harvest index and yield response factors under full and limited irrigation. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 56 (2): 273-293.
- Douh, B., Boujelben, A. 2011. Effects of surface and subsurface drip irrigation on agronomic parameters of maize (*Zea mays L.*) under Tunisian climatic condition. *Scholar Research Library*, 1 (3): 8-14.
- FAOSTAT (2017) Food and Agriculture Organization of the United Nations, www.fao.org. Pristupljeno 26. novembra 2018.
- Hargreaves, G. L., Hargreaves, G. H., Riley, J.P. 1985. Irrigation water requirement for Senegal River Basin. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 111 (3), 265–275.
- Howell T.A. Yazar A., Schneider, A.D., Dusek, D.A., Copeland, K.S. 1995. Yield and water use efficiency of corn in response to LERA irrigation. *Trans ASAE* 38: 1737-1747.
- Howell TA, Schneider AD, Evett SR 1997. Subsurface and surface microirrigation of corn-Southern High Plains. *Trans ASAE* 40: 635-641
- Howell, A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agron. J.* 93: 281–289.
- Lamm, F.R., Manges, H.L., Stone, L.R. Khan, A.H. Rogers, D.H. 1995. Water requirement of subsurface drip-irrigated corn in northwest Kansas. *Trans. ASAE.* 38(2): 441–448.
- Lamm, F.R., Trolien, T.P. 2005. Dripline depth effects on corn production when crop establishment is nonlimiting. *Applied Engineering Agriculture*, 21 (5): 835-840.
- Lianglei, G., Zeyong, H., Genhou, S. 2017. Actual and reference evapotranspiration in a cornfield in the Zhangye Oasis, Northwestern China. *Water*, 9: 499-515.
- Mengu, G.P., Ozgürel M. 2008. An evaluation water-yield relations in maize (*Zea mays L.*) in Turkey. *Pakistan J. Bio. Sci.* 11(4): 517–524.
- Morey, R.V., Gilley, J.R., Bergsrud, F.G., Dirkzwager, L.R. 1980. Yield response of corn related to soil moisture. *Trans. ASAE*, 23: 1165-1170.
- Musick, J.T., Dusek, D.A. 1980. Irrigated corn yield response to water. *Trans. ASAE*, 23: 92-98.
- Kuscu, H., Karasu, A., Oz, M., Demir, A.O., Turgut, I., 2013. Effect of irrigation amounts applied with drip irrigation on maize evapotranspiration, yield and net return in a sub-humid climate. *Turkish Journal of Field Crops*, 18 (1): 13-19.
- Pablo, R. G., O'Neill, M. K., McCaslin, B. D., Remmenga, M. D., Keenan, J. G., Onken, B. M. 2007. Evaluation of corn grain yield and water use efficiency using subsurface drip irrigation. *Journal of Sustainable Agriculture*, 30 (1): 153-172.
- Pejić, B. 2000. Evapotranspiracija i morfološke karakteristike kukuruza u zavisnosti od dubine navlaženog zemljišta i njihov odnos prema prinosu. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
- Pejić, B., Maheshwari, B.L., Šeremešić, S., Stričević, R., Pacureanu-Joita, M., Rajić, M., Čupina, B. 2011. Water-yield relations of maize (*Zea mays L.*) in temperate climatic conditions. *Maydica* 56 (4): 315–323.
- Shufang, W., Xiyun, J., Weihua, G., Jian, L., Yungang, B., Liping, W. 2018. Adaptability of shallow subsurface drip irrigation of alfalfa in an arid desert area of northern Xinjiang. *PLoS ONE*, 13(4): 1-13.
- Singh, D.K., Rajput, T.B.S., Sikarwar, H.S., Sahoo, R.N., Ahmed, T. 2006. Simulation of soil wetting pattern with subsurface drip irrigation from line source. *Agric Water Manage.* 83:130–134.
- Statistički godišnjak Srbije (2017) Republički zavod za statistiku, <http://www.stat.gov.rs/>. Pristupljeno 26. novembra 2018.

Effect of surface and subsurface drip irrigation on yield and evapotranspiration of maize

Borivoj Pejić^a, Ksenija Mačkić^{a*}, Stanko Milić^b, Livija Maksimović^b, Ivana Bajić^b,
Milena Jančić-Tovjanin^a

^aUniversity of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Serbia

^bInstitute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: ksenija@polj.uns.ac.rs

ABSTRACT

The experiment with irrigated maize was conducted at Bački Petrovac experimental field (N 45°19', E 19°50') of Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad on the calcareous chernozem soil on the loess terrace in 2018. The plants were drip irrigated with a lateral row per plant row (0.7 m) with drippers spaced every 0.33 m. The drippers had an average flow of 2.0 l h⁻¹ under a pressure of 100 kPa. The experiment included two irrigation variants, with lateral placed on the soil surface (DI) and buried under the surface of soil at a depth of 5-6 cm (SSDI). The trial also included the non-irrigated (rainfed) control variant. Irrigation was scheduled on the basis of water balance method using reference evapotranspiration (ET_o) and crop coefficients (k_c). ET_o was calculated by Hargreaves equation. Daily evapotranspiration (ET_d) was computed using the reference evapotranspiration (ET_o) and crop coefficient (k_c) of 0.3-0.5, 0.7-0.85, 1.05-1.2, 0.8-0.9, and 0.5-0.6 for April-May, June, July August and September respectively. Maize hybrid NS 6030 were used for the trials. Water applied by irrigation was 55 mm. In the study, the yield of maize was statistically higher in SSDI irrigated variant (14,311 t ha⁻¹) than in non-irrigated, control variant (12,846 t ha⁻¹). The statistical differences were not detected between DI (13,833 t ha⁻¹) and control variant and SSDI and DI variant of irrigation. Evapotranspiration rate in irrigation conditions (ET_m) and in rainfed control variant (ET_a) were 502 mm and 352 mm respectively. The values of irrigation water use efficiency (I_{wue}) obtained on SSDI (2.66 kg m⁻³) and DI (1.80 kg m⁻³) variant were not statistically different. Higher yields and I_{wue} values of maize obtained in SSDI irrigation variant compared to DI variant, regardless the fact that the differences were not statistically significant, indicate the need for further research because of the numerous advantages that irrigation with laterals placed shallow below the surface area have.

KEY WORDS: maize, yield, surface and subsurface drip irrigation, evapotranspiration, irrigation water use efficiency

Primljen: 05.12. 2018.

Prihvaćen: 18.12. 2018.