

## Evaporacija i referentna evapotranspiracija kao osnove obračuna utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza

### Calculation of maize evapotranspiration using evaporation and reference evapotranspiration methods

Borivoj Pejić<sup>1\*</sup>, Ksenija Mačkić<sup>1</sup>, Ivana Bajić<sup>2</sup>, Vladimir Sikora<sup>2</sup>, Dejan Simić<sup>3</sup>, Milena Jančić-Tovjanin<sup>1</sup>,  
Boško Gajić<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Novi Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Srbija

<sup>2</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija

<sup>3</sup>Poljoprivredni institut Republike Srpske, Knjaz Miloša 17, 78000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina

<sup>4</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Srbija

\*Corresponding author: pejic@polj.uns.ac.rs, +381 21 4853229

#### Izvod

#### Abstract

Analiza rasporeda navodnjavanja kukuruza rađena je korišćenjem evaporacije sa slobodne vodene površine ( $E_o$ ) uz korišćenje korekcionih koeficijenata ( $k$ ) i referentne evapotranspiracije ( $ET_o$ ) uz primenu koeficijenata kulture ( $kc$ ). Terenski ogled je rađen 2018. godine na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada u Odeljenju za alternativne biljne kulture u Bačkom Petrovcu. U ogledu je korišćen hibrid kukuruza NS-6030. Biljke su navodnjavan sistemom kap po kap sa lateralima u svakom redu, razmaknutih kapaljki na svakih 0,33 m. Prosečna brzina protok kapaljki bila je  $2,0 \text{ l h}^{-1}$  i pod pritiskom od 70 kPa. Nisu utvrđene statistički značajne razlike uticaja navodnjavanja na prinos kukuruza u odnosu na varijantu prirodne obezbeđenosti biljaka vodom jer je godina bila povoljna za proizvodnju kukuruza. Takođe, nije bilo razlike između različitih varijanti obračuna utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza. Vrednosti utroška vode na evapotranspiraciju u periodu vegetacije kukuruza ( $ET_m$ ) izračunate su metodom bilansa primenom  $ET_o$  i  $kc$  bile su 502 mm, a primenom  $E_o$  i  $k$  429 mm. Mesečne vrednosti  $ET_m$  u periodu vegetacije bile su ujednačene bez obzira na postupak izračunavanja, osim u julu. Vrednosti u julu od 151 mm, odnosno 107 mm izračunate postupkom  $ET_o$  i  $kc$ , odnosno  $E_o$  i  $k$ , kao i dnevne vrednosti koje su u korelaciji sa mesečnim treba proveriti u realizaciji zalivnog režima kukuruza u narednom istraživačkom periodu. Ukoliko se utvrdi statistička značajnost u ostvarenom prinosu kukuruza između različitih metoda izračunavanja, postupak sa većim prinosom treba prihvatiti u obračunu utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza u klimatskim uslovima Vojvodine. U suprotnom, ako se ne utvrde statistički značajne razlike u prinosu, biće preporučen metoda izračunavanja pomoću  $E_o$  uz korišćenje  $k$ , zbog toga što se niže dnevne vrednosti utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza mogu smatrati realnijim.

*Ključne reči:* kukuruz, evaporacija, referentna evapotranspiracija

#### Uvod

#### Introduction

Poznavanje pravih vrednosti potreba biljaka za vodom su osnova za pravilno projektovanje, a kasnije i za racionalno korišćenje zalivnih sistema. Mesečne vrednosti utroška vode na evapotranspiraciju su osnova za obračun vodnog bilansa za period vegetacije gajenih biljaka, da se utvrdi deficit ili suficit padavina, ili bolje rečeno vode, u toku vegetacije (Vučić, 1976). Takođe, da se analizira pojava suše, njeno trajanje i intenzitet, odnosno njen uticaj na ostvarene prinose u uslovima bez navodnjavanja (Bošnjak i sar., 2012). Dnevne vrednosti evapotranspiracije ( $ET_d$ ) su od posebne važnosti za određivanje vremena zalivanja gajenih biljaka metodom vodnog bilansa (Vučić, 1973; Bošnjak i sar., 1991; Pejić, 1993). Među postupcima koji se koriste za obračun  $ET_d$  najčešće se primenjuju referentna evapotranspiracija ( $ET_o$ ) i koeficijenti kulture ( $k_c$ ) i evaporacija sa slobodne vodene površine ( $E_o$ ) i korekcionni koeficijenti ( $k$ ).

Ideja da se potrebe biljaka za vodom povežu sa isparavanjem vode sa slobodne vodene površine stara je preko 200 godina. Osnovu tog koncepta daje činjenica da transpiracija pri optimalnom snabdevanju biljaka vodom, kao i isparavanje sa zemljišta i slobodne vodene površine podležu fizičkim zakonima isparavanja. Transpiracija je složen biofizički proces, koji zavisi kako od uslova spoljašnje sredine, tako i od osobina biljke, zbog čega ukupnu potrebu biljaka za vodom (transpiracija + isparavanje) treba smatrati samo približno jednakom isparavanju sa slobodne vodene površine. Ranija istraživanja su pokazala da su ukupne potrebe biljaka za vodom najčešće manje od isparavanja sa slobodne površine, što je uslovalo korekciju vrednosti upotrebom korekcionog koeficijenta. Evaporacija sa slobodne vodene površine ( $E_o$ ) se meri u evaporimetrima različitih konstrukcionih karakteristika, koji mogu biti napravljeni od različitih materijala i postavljeni na različitim mestima. Najčešće se koristi evaporimetar Klase A instaliran na meteorološkim stanicama. Bošnjak (1982) je utvrdio vrednosti  $k$  za kukuruz za evaporimetar klase A lociran na meteorološkoj stanici Rimski Šančevi.

Krajem 70-ih godina prošlog veka Food Agriculture Organization (FAO) predlaže da se potrebe biljaka za vodom odrede indirektnim putem, preko referentne evapotranspiracije ( $ET_o$ ) koju definiše potrošnja vode od strane zelene travne površine koja kompletno pokriva zemljište, aktivno raste, uniformne je visine od 8-15 cm i razvija se u uslovima optimalne obezbeđenosti vodom. Predložene su četiri metode za obračun  $ET_o$ : FAO-24-Penman, FAO-24-Blaney-Criddle, FAO-24-Radijaciona, FAO-24-Pan (Doorenbos and Pruitt, 1977). Početkom 90-ih uviđena je neophodnost revizije proračuna  $ET_o$  i izmena definicije referentne kulture. Realna "živa" referentna kultura je zamenjena hipotetičkom kulturom, tako da je izmenjena i definicija  $ET_o$  koja predstavlja evapotranspiraciju sa hipotetičke referentne kulture pretpostavljene visine 0,12 m, stalnog površinskog otpora  $70 \text{ s m}^{-1}$  i sa albedom od 0,23 koja je bliska evapotranspiraciji sa velike površine pokriveno zelenom travom u fenofazi aktivnog rasta u uslovima bez nedostatka lakopristupačne vode. Brojni radovi pokazuju da je Penman-Monteith metoda (Allen et al., 1998) u skladu sa novom definicijom referentne kulture, da je pouzdana u svim klimatskim uslovima i za sve vremenske periode proračuna i zato je predložena od strane FAO organizacije kao

standardna za obračun  $ET_o$ . Treba imati na umu da se evapotranspiracija određenog useva ( $ET_c$ ) razlikuje od  $ET_o$  u onoj meri u kojoj se pokrivenost zemljišta, površinski i aerodinamički otpori te biljne vrste razlikuju u odnosu na hipotetičku referentnu kulturu. Uticaj karakteristika koje izdvajaju poljoprivredne kulture od hipotetičke referentne kulture integrisani su u koeficijent kulture ( $k_c$ ). Klimatski faktori ograničeno utiču na  $k_c$  što je omogućilo primenljivost ovog pristupa za različite lokacije i klimatske uslove.

Cilj istraživanja je da se uporede vrednosti utrošene vode na evapotranspiraciju kukuruza za period vegetacije, dnevnom i mesečnom nivou obračunate množenjem izmerene  $E_o$  i  $k$  sa vrednostima dobijenim korišćenjem  $ET_o$  i  $k_c$ . Ostvareni prinosi na varijantama sa različitim obračunom dnevnog utroška vode, korišćenim u realizaciji zalivnog režima kukuruza, definišaće postupak kome treba dati prednost u praksi navodnjavanja sa ciljem da se dobiju visoki prinosi kukuruza koji opravdavaju sredstva uložena u sisteme za navodnjavanje.

## Materijal i Metod Rada

### Materials and Methods

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 lesne terase. Predusev kukuruza bila je konoplja. Osnovna obrada zemljišta obavljena je na jesen 2017. godine. Predsetvena priprema izvedena je neposredno pre setve kukuruza koja je obavljena 17. IV 2018. godine. U ogledu je bio zastupljen hibrid NS-6030 Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada. Setva je obavljena mašinski sa razmakom u redu 24 cm na dubinu 4-5 cm. Kukuruz je navodnjavao sistemom kap po kap sa lateralima u svakom redu, razmakom kapljača od 0,33 m i protokom kapljača 2,0 l h<sup>-1</sup> i radnom pritisku 70 kPa. U ogledu je bila zastupljena i kontrolna, nenavodnjavana varijanta. Nicanje kukuruza bilo je 4. maja, metličenje 22. juna, a fiziološka zrelost 8. septembra. Berba kukuruza obavljena je ručno 1. oktobra 2018. godine.

Vreme zalivanja je određivano metodom vodnog bilansa pri čemu je obračun dnevnog utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza ( $ET_d$ ) izračunavan na dva načina. Prvi način podrazumeva primenu  $k$  (Bošnjak, 1982, Tabela 1) i  $E_o$  izmerene evaporimetrom klase A postavljenim na meteorološkoj stanici Rimski Šančevi, dok drugi način podrazumeva korišćenje  $k_c$  (Tabela 1) i  $ET_o$  računane Hargreaves metodom (5) (Hargreaves and Allen, 2003). Vrednosti  $ET_o$  su preuzimane iz baze podataka Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZ) (<http://www.hidmet.gov.rs>). Dnevne ( $ET_d$ ) i mesečne vrednosti ( $ET_m$ ) utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza obračunavane su formulama 1, 2, 3 i 4.

$$ET_d = E_o \times k \text{ (mm) (1)}$$

$$ET_d = ET_o \times kc \text{ (mm) (2)}$$

$$ET_m = E_o \times k \times n \text{ (3)}$$

$$ET_m = ET_o \times kc \times n \text{ (4)}$$

$ET_m$  = evapotranspiracija u uslovima navodnjavanja (mm)

$n$  = broj dana u mesecu ili u obračunskom periodu (april 18. – 30, septembar 1. – 8.)

$$ET_o = 0.0023 \times (T_m + 17.8) (\sqrt{T_{max} - T_{min}}) \times R_a \text{ (5) gde je:}$$

$ET_o$  – referentna evapotranspiracija (mm dan<sup>-1</sup>),

$T_m$  – srednja dnevna temperatura vazduha (°C),

$T_{max}$  – maksimalna dnevna temperatura vazduha (°C),

$T_{min}$  – minimalna dnevna temperatura vazduha (°C),

$R_a$  – extraterrestrialna radijacija (MJ m<sup>-2</sup> dan<sup>-1</sup>).

**Tabela 1.** Korekcionni koeficijenti i koeficijenti kulture  
**Table 1.** Correction coefficients and crop coefficients

Mesec	k	kc
April/Maj	0,42	<15,1°C-0,3
		15,1°C-18,3°C-0,4
		>18,3°C-0,5
Jun	0,75	<18,4°C-0,7
		18,4°C-21°C-0,8
		>21°C- 0,85
Jul	0,70	<20,1°C-1,05
		20,1°C-22,7°C-1,1
		>22,7°C-1,2
Avgust	0,67	<19,2°C-0,8
		19,2°C-22,4°C-0,85
		>22,4°C-0,9
Septembar	0,53	<15,4°C-0,5
		15,4°C-18,3°C-0,55
		>18,3°C-0,6

Nakon berbe registrovan je prinos kukuruza na osnovnoj parceli od 30 m<sup>2</sup> i preračunat u t ha<sup>-1</sup> 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 slovniim oznakama (različita slova označavaju postojanje razlika između varijanti).

## Rezultati i diskusija

### Results and Discussions

U periodu vegetacije kukuruza tokom 2018. godine palo je 320,5 mm kiše (Tabela 2). Ako se analiziraju padavine samo za period maj-avgust u 2018. godini je palo za 6,3 mm manje kiše u odnosu na vešegodišnji prosek Vojvodine od 293,4 mm (Tabela 2). Raspored padavina je bio relativno povoljan za proizvodnju kukuruza, zbog čega su obavljena samo dva zalivanja 5. juna sa zalivnom normom od 30 mm i 8. avgusta sa 25 mm (Grafikon 1), odnosno norma navodnjavanja je bila 55 mm.

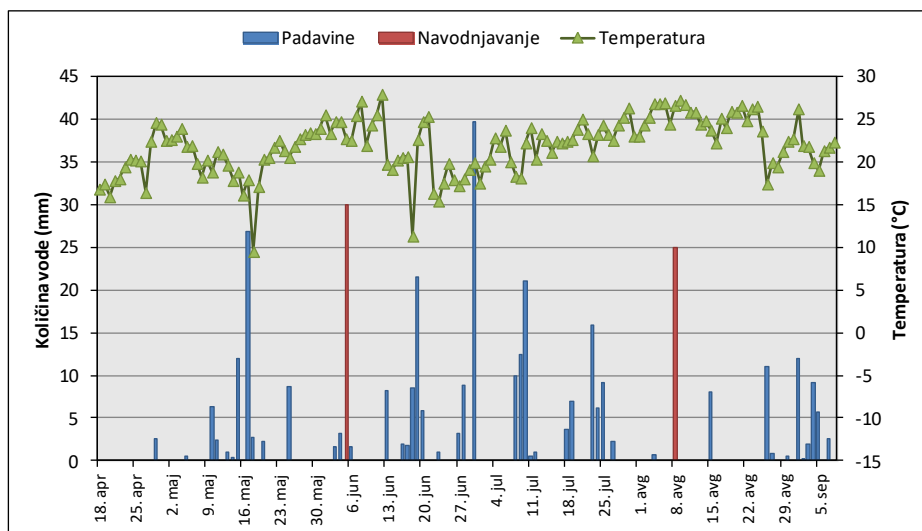
Prosečna temperatura vazduha u periodu vegetacije je bila 21,2 °C (Tabela 2). Ako se analiziraju temperature samo za period maj - avgust prosečna temperatura vazduha (22,1 °C) je bila viša za 2,0 °C u odnosu na višegodišnji prosek 20,1 °C (Tabela 2) što je uticalo na potrošnju vode i na dužinu vegetacionog perioda kukuruza kako kontrolne nenavodnjavane varijante tako i varijante sa navodnjavanjem.

**Tabela 2.** Suma mesečnih padavina (mm) i srednje mesečne temperature vazduha (°C) u vegetacionom periodu kukuruza za 2018. godinu

**Table 2.** Sum of monthly precipitation (mm) and average monthly air temperatures for vegetation period in 2018

Mesec	Suma mesečnih padavina u vegetacionom periodu (mm)	Srednje 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 <sup>†</sup>	17,3 <sup>†</sup>	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 <sup>†</sup>	21,8 <sup>†</sup>	39,0	16,8
Ukupno/Prosek	287,1 <sup>‡</sup> (320,5) <sup>§</sup>	22,1 <sup>‡</sup> (21,2) <sup>§</sup>	293,4 <sup>‡</sup> (381,2) <sup>§</sup>	20,1 <sup>‡</sup> (18,1) <sup>§</sup>

<sup>†</sup> Vrednosti sume padavina i srednje dnevne temperature vazduha se odnose na period od 18-30. aprila, odnosno 1-8. septembra. <sup>‡</sup> Za poređenje sa višegodišnjim vrednostima merodavni su podaci za period maj-avgust. <sup>§</sup> Vrednosti za period april-septembar (Tabela 2 je preuzeta iz Pejić i sar., 2018).



**Grafikon 1.** Padavine, srednja dnevna temperatura vazduha, zalivne norme i vreme zalivanja (Grafikon 1 je preuzet iz Pejić i sar., 2018).

**Figure 1.** Precipitation, average monthly air temperature, irrigation water applied and irrigation schedules (Figure 1 has been downloaded from Pejić i sar., 2018)

Vrednosti utroška vode na evapotranspiraciju u periodu vegetacije kukuruza obračunate metodom bilansa primenom  $ET_o$  i kc bila je 502 mm (Tabela 3), a primenom  $E_o$  i k 429 mm (Tabela 4).

**Tabela 3.** Vodni bilans kukuruza ( $ET_o$  x kc)

**Table 3.** Water balance of maize ( $ET_o$  x kc)

Elementi bilansa	Mesec						
	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Vegetacija
$ET_o$	51	136	138	136	134	26	621
kc	0,3-0,5 <sup>†</sup>	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	21,2
$ET_m$	24	66	109	151	119	33	502
P	4	63	110	89	21	32	319
$\Delta$	-20	-3	+1	-11	0	0	-
r	33 <sup>‡</sup>	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), kc – koeficijent kulture, t – srednje mesečna temperatura vazduha (°C),  $ET_m$  – evapotranspiracija u uslovima navodnjavanja (mm), P – mesečna suma padavina (mm),  $\Delta$  – razlika između  $ET_m$  i P (mm), r – rezerve 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)

<sup>†</sup> Vrednosti kc su računane na dnevnom nivou i bile su vezane za srednju dnevnu temperaturu vazduha

<sup>‡</sup> Rezerva na početku vegetacionog perioda određena je na osnovu utvrđene vlažnosti zemljišta nakon setve kukuruza za sloj do 40 cm (Pejić, 2000; Djaman and Irmak, 2012)

**Tabela 4.** Vodni bilans kukuruza ( $E_o \times k$ )  
**Table 4.** Water balance of maize ( $E_o \times k$ )

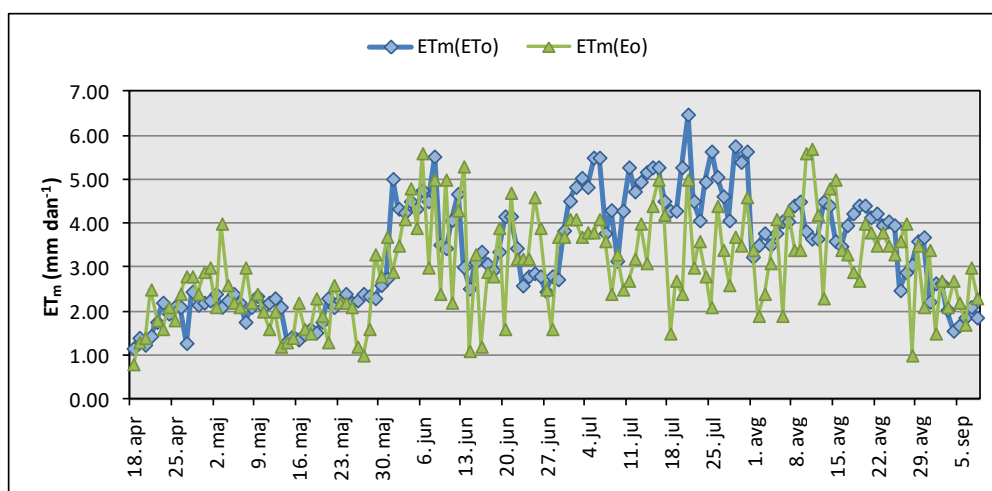
Elementi bilansa	Mesec						
	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Vegetacija
$E_o$	72	160	137	155	161	34	719
k	0,42 <sup>†</sup>	0,42	0,75	0,70	0,67	0,53	-
t	17,3	20,5	21,3	22,3	24,2	21,8	21,2
$ET_m$	27	67	103	107	107	18	429
P	4	63	110	89	21	32	319
$\Delta$	-23	-4	+7	-13	0	+14	-
r	33 <sup>‡</sup>		6	13	0	0	-
$ET_a$	27	67	103	102	21	18	338
d	0	0	0	5	86	0	91
s	0	0	0	0	0	0	0

$E_o$  – referentna evapotranspiracija (mm), k – korekzioni koeficijent, t – srednje mesečna temperatura vazduha (°C),  $ET_m$  – evapotranspiracija u uslovima navodnjavanja (mm), P – mesečna suma padavina (mm),  $\Delta$  – 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)

<sup>†</sup> Vrednosti k su računane na dnevnom nivou

<sup>‡</sup> Rezerva na početku vegetacionog perioda određena je na osnovu utvrđene vlažnosti zemljišta nakon setve kukuruza za sloj do 40 cm (Pejić, 2000; Djaman and Irmak, 2012)

Maksimalne vrednosti srednje dnevne temperature vazduha utvrđene su 8. juna 27,1 °C i 12. juna 27,9 °C (Grafikon 1) što je direktno uticalo na maksimalni dnevni utrošak vode na evapotranspiraciju kukuruza. Maksimalne dnevne vrednosti utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza ( $ET_d$ ) na obe varijante obračuna bile su u intervalu od 5,7-6,5 mm (Grafikon 2). Dobijeni rezultati su saglasni sa ranijim rezultatima  $ET_d$  kukuruza od 6,2 mm koji je utvrđen za klimatske uslove Vojvodine (Bošnjak, 1982).

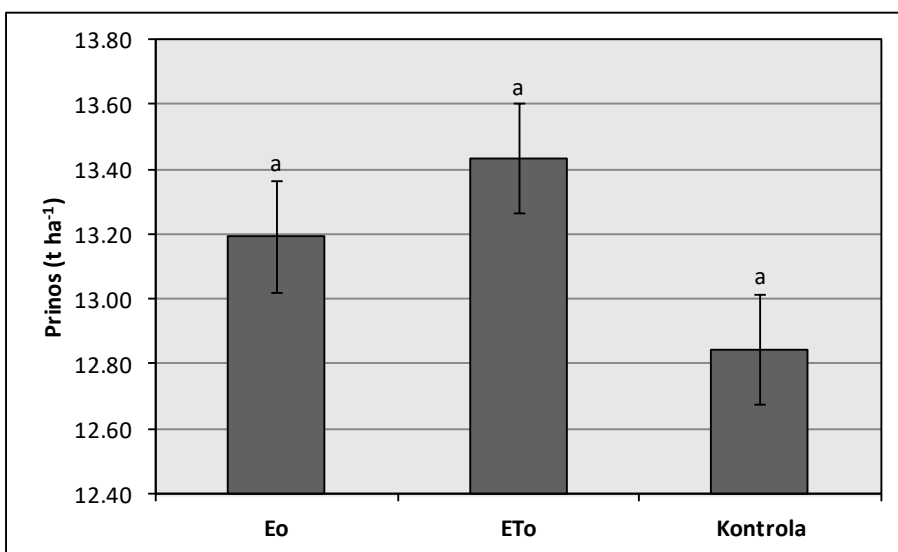


**Grafikon 2.** Vrednosti dnevne evapotranspiracije  
**Figure 2.** Daily values of evapotranspiration

Imajući u vidu značaj koji podatak o potencijalnoj evapotranspiraciji ima u realizaciji zalivnog režima gajenih biljaka kao i činjenica da kukuruz zauzima najveće površine u strukturi setve u Srbiji, posebno u Vojvodini, godinama u nazad sprovedena su detaljna istraživanja o potrebama kukuruza za vodom (Bošnjak, 1982; Vasić, 1984; Pejić, 2000). Bošnjak (1982) je primenom različite predzalivne vlažnosti zemljišta utvrdio da su potrebe kukuruza u za vodom u Vojvodini u intervalu od 460-520 mm. Slične rezultate ističe i Vasić (1984) koji je bilansiranjem utroška vode iz zemljišta do 100 cm dubine, padavina u toku vegetacije i norme navodnjavanja za uslove Zemun Polja utvrdio da su potrebe kukuruza za vodom u intervalu od 451-526 mm. Pejić (2000) je metodom bilansa vode, bioklimatskim postupkom primenom hidrofitotermičkog indeksa za kukuruz 0,15, u uslovima različite dubine prokvašavanja zemljišta, utvrdio potrebe kukuruza za vodom u klimatskim uslovima Vojvodine u intervalu 514-536 mm.

Utvrđena vrednost  $ET_m$  za period vegetacije kukuruza od 502 mm obračunata postupkom  $ET_o$  i kc je na nivou ranije utvrđenih (Bošnjak, 1982; Vasić, 1984).  $ET_m$  od 429 mm obračunata primenom  $E_o$  i kc je saglasna sa rezultatima Vučića (1971) koji je utvrdio da idealne količine vode za kukuruz u Vojvodini iznose 425 mm uz napomenu da se one menjaju u zavisnosti od promene uslova od kojih zavisi evapotranspiracija. Razlike između varijanti obračuna su rezultat visoke vrednosti  $ET_m$  u julu koja je na varijanti  $ET_o$  i kc bila 151 mm (Tabela 3) a na varijanti  $E_o$  i kc 107 mm (Tabela 4).

Nisu utvrđene statistički značajne razlike uticaja navodnjavanja na prinos kukuruza u odnosu na varijantu prirodne obezbeđenosti biljaka vodom, a takođe ni između varijanti različitog obračuna utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza (Grafikon 3).



**Grafikon 3.** Efekat navodnjavanja na prinos kukuruza u zavisnosti od načina obračuna utroška vode na evapotranspiraciju

**Figure 3.** Effect of irrigation on maize yield depending on calculation method of evapotranspiration



Padavine po količini i rasporedu su obezbedile povoljan vodni režim zemljišta i na varijanti bez navodnjavanja što je uticalo da se i na ovoj varijanti ostvare visoki prinosi kukuruza. Pejić i sar. (2011) takođe ukazuju da u klimatskim uslovima Vojvodine efekat navodnjavanja u kišnim godinama može biti mali ili potpuno izostaje.

Ogledima u poljskim uslovima nije moguće utvrditi, osim u izrazito sušnim godinama sa malom količinom padavina u letnjim mesecima, koje su realne vrednosti  $ET_m$ , da li obračunate postupkom  $ET_o$  i  $k_c$  ili  $E_o$  i  $k_c$ , s obzirom na dopunski karakter navodnjavanja u našim klimatskim uslovima, odnosno da neposredno po obavljenom zalivanju može pasti obilnija kiša koja može usloviti prevlaživanje na jednoj odnosno odložiti zalivanje na drugoj varijanti. Prave i merodavne vrednosti bi se jedino mogle dobiti ogledima u poljskim uslovima kontrolisanjem uticaja padavina na vodni režim zemljišta. Postavljanjem zaštitne konstrukcije iznad biljaka eliminisao bi se uticaj padavina, a snabdevanje biljaka vodom bilo bi isključivo navodnjavanjem. Na varijanti  $ET_o$  i  $k_c$  obavilo bi se najmanje jedno zalivanje više u odnosu na varijantu  $E_o$  i  $k_c$ . Na kraju vegetacije utvrđen prinos kukuruza dao bi odgovor na postavljeno pitanje. Ako razlike u prinosu kukuruza između ispitivanih varijanti ne budu statistički značajne zaključak će biti da treba prihvatiti postupak obračuna primenom  $E_o$  i  $k_c$ . U suprotnom, ako prinos kukuruza bude statistički značajno veći na varijanti obračuna  $ET_o$  i  $k_c$  ovaj postupak treba prihvatiti u obračunu utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza u klimatskim uslovima Vojvodine.

## **Zaključak**

### **Conclusion**

Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja analize zalivnog režima kukuruza obračunom utroška vode na evapotranspiraciju primenom  $E_o$  uz korišćenje  $k_c$  sa jedne strane i  $ET_o$  i  $k_c$  sa druge, može se zaključiti da u 2018. godini povoljnoj za proizvodnju kukuruza sa količinom padavina u periodu vegetacije na nivou proseka Vojvodine nisu utvrđene statistički značajne razlike između navodnjavane i varijante bez navodnjavanja, a takođe ni između varijanti različitog obračuna utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza.

Vrednosti utroška vode na evapotranspiraciju u periodu vegetacije kukuruza obračunate metodom bilansa primenom  $ET_o$  i  $k_c$  bila je 502 mm, a primenom  $E_o$  i  $k_c$  429 mm. Vrednosti  $ET_m$  u julu od 151 mm, odnosno 107 mm obračunate postupkom  $ET_o$  i  $k_c$  i  $E_o$  i  $k_c$  treba proveriti pod kontrolisanim uslovima, ostavljanjem zaštitne konstrukcije iznad biljaka, u narednom istraživačkom periodu. Ako razlike u prinosu kukuruza između ispitivanih varijanti ne budu statistički značajne zaključak će biti da treba prihvatiti postupak obračuna primenom  $E_o$  i  $k_c$ . U suprotnom, ako prinos kukuruza bude statistički značajno veći na varijanti obračuna  $ET_o$  i  $k_c$  ovaj postupak treba prihvatiti u obračunu utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza u klimatskim uslovima Vojvodine.

## Zahvalnica Acknowledgment

Sredstva za realizaciju rezultata istraživanja obezbeđena su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja RS, na osnovu ugovora o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada u 2020.godini.

## Literatura References

- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. 1998: Crop evapotranspiration. Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy: United Nations FAO.
- 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, Panić Ž, Maksimović L. 1991: Vodni bilans realan pristup zalivnog režima soje. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* 19:107-117.
- Bošnjak Đ, Pejić B, Mačkić K. 2012: Navodnjavanje poljoprivrednih useva. Praktikum. Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
- 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. *Transactions of the ASABE* 55(4):1223-1238.
- Doorenbos J, Pruitt WO. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 24. 2<sup>nd</sup> ed. Rome, Italy: United Nations FAO.
- Hargreaves GH, Allen RG. 2003: History and Evaluation of Hargreaves Evapotranspiration Equation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 129(1):53.
- Pejić B. 1993: Usporedno ispitivanje zalivnog režima soje prema vlažnosti zemljišta i po vodnom bilansu. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* 21:145-157.
- Pejić B. 2000: Evapotranspiracija i morfološke karakteristike kukuruza u zavisnosti u dubine navlaženog zemljišta i njihov odnos prema prinosu. *Doktorska disertacija*, Poljoprivredni fakultet Novi Sad
- Pejić B, Maheshwari BL, 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.
- Pejić B, Mačkić K, Milić S, Maksimović L, Bajić I, Jancić Tovjanin M. 2018: Efekat površinskog i potpovršinskog navodnjavanja kapanjem na prinos i evapotranspiraciju kukuruza. *Letopis naučnih radova/Annals of Agronomy* 42(1):1-8.
- Vasić G. 1984: Uticaj navodnjavanja na vodni režim Zemunskog polja i prinos kukuruza. *Arhiv za poljoprivredne nauke* 45(157):65-96.

Vučić N. 1973: Vodni bilans kao osnova za zalivni režim. *Vodoprivreda* 6-8:463-467.

Vučić N. 1976. Navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Poljoprivredni fakultet Novi Sad.

## Calculation of maize evapotranspiration using evaporation and reference evapotranspiration methods

Borivoj Pejić<sup>1\*</sup>, Ksenija Mačkić<sup>1</sup>, Ivana Bajić<sup>2</sup>, Vladimir Sikora<sup>2</sup>, Dejan Simić<sup>3</sup>, Milena Jančić-Tovjanin<sup>1</sup>,  
Boško Gajić<sup>4</sup>

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Serbia <sup>2</sup>Institute of Field and Vegetable Crops Novi Sad, National Institute of the Republic of Serbia, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia

<sup>3</sup>Agricultural Institute of Republic of Srpska, Knjaz Miloša 17, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

<sup>4</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Belgrade, Serbia

\*Corresponding author: pejic@polj.uns.ac.rs, +381 21 4853229

### Abstract

Analysis of irrigation scheduling of maize was done by using evaporation from the free water surface ( $E_o$ ) and correction coefficients ( $k$ ) and reference evapotranspiration ( $ET_o$ ) and crop coefficients ( $k_c$ ). The field experiment was carried out in 2018 on the Experimental field of the Institute of field and vegetable crops in the Department of alternative crops in Bački Petrovac. Maize hybrid NS 6030 was used for the trials. The plants were irrigated by a drip system with a lateral in each row with drippers spaced every 0.33 m. The drippers had an average flow rate of  $2.0 \text{ l h}^{-1}$  under the pressure of 70 kPa. The differences in yield of maize in the irrigation conditions were not statistically significant compared to the variant without irrigation because the year was favorable for maize production. As well there was no difference among variants used for the calculation of maize evapotranspiration. Maize evapotranspiration in the growing season ( $ET_m$ ) were 502 mm and 429 mm by using  $ET_o$  and  $k_c$  and  $E_o$  and  $k$ . Monthly values of  $ET_m$  during the growing season were consistent regardless of the calculation methods, except in July. Values of  $ET_m$  in July of 151 mm and 107 mm calculated by using  $ET_o$  and  $k_c$  and  $E_o$  and  $k$  methods as well the daily values which are correlated with the monthly have to be checked in irrigation scheduling of maize in the following investigation period. If statistical significance in maize yield between different methods of calculation is determined, the procedure with a higher yield has to be accepted in the calculation of  $ET_m$  in the climatic conditions of the Vojvodina region. Otherwise, if the differences in maize yield are not statistical significance a method of calculation by using  $E_o$  and  $k$  will be recommended, because the value of the lower daily water used on maize evapotranspiration may be considered more realistic.

*Keywords:* maize, evaporation, reference evapotranspiration