

## UTICAJ DEFICITARNOG NAVODNJAVANJA NA PRINOS ZRNA I KARAKTERISTIKE KLIPA KUKURUZA

**Branka J. Kresović<sup>1</sup>, Boško A. Gajić<sup>2\*</sup>, Angelina Đ. Tapanarova<sup>2</sup>,  
Borivoj S. Pejić<sup>3</sup>, Zorica P. Tomić<sup>2</sup>,  
Dragan S. Vujović<sup>2</sup> i Ljubomir B. Životić<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institut za kukuruz „Zemun Polje”,  
Slobodana Bajića 1, 11185 Zemun Polje, Srbija

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet,  
Nemanjina 6, 11080 Beograd - Zemun, Srbija

<sup>3</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet,  
Trg Dositeja Obradovića 8, 21 000 Novi Sad, Srbija

**Rezime:** U Vojvodini, suša je važan faktor koji ograničava prinos kukuruza. Ciljevi ovog istraživanja bili su upoređivanje prirodnog i različitih irigacionih vodnih režima u kukuruzu (*cv.* ZP SC 684 – FAO 600), ocena prinosa i osobina klipa. Trogodišnja eksperimentalna istraživanja obavljena su u Zemun Polju (Vojvodini), odnosno u severnom delu Republike Srbije (dvadesetogodišnji prosek padavina u vegetacionom periodu kukuruza je 384 mm). Ispitivan je efekat četiri varijante vodnog režima kukuruza: I<sub>0</sub> – bez navodnjavanja, I<sub>1</sub> – sadržaj vode u zemljištu održavan je na nivou 80–85% poljskog vodnog kapaciteta (PVK) dopunskim navodnjavanjem kišenjem, I<sub>2</sub> – 70–75% PVK i I<sub>3</sub> – 60–65% PVK. Rezultati su pokazali veliku varijabilnost između godina, uglavnom zbog pojave padavina u fenofazi cvetanja, oplodnje i nalivanja zrna. Navodnjavanje je značajno uticalo na prinos zrna, karakteristike klipa i visinu biljaka kukuruza. Takođe, utvrđene su značajne razlike i između navodnjavanih varijanti. Prinos zrna varirao je između 8,73 i 16,33 t ha<sup>-1</sup>. Najveći prinos kukuruza (prosečno 15,08 t ha<sup>-1</sup>) ostvaren je u varijanti I<sub>1</sub>, a najmanji (10,20 t ha<sup>-1</sup>) u nenavodnjavanoj (I<sub>0</sub>) varijanti. Prinos se smanjivao i do 35% sa smanjenjem količine vode za navodnjavanje. Najizraženiji efekat dopunskog navodnjavanja na prinos zrna kukuruza ostvaren je u toplom i veoma sušnom vegetacionom periodu 2008. godine. Kukuruz u Vojvodini može da se gaji sa prihvatljivim prinosima uz uštedu vode za navodnjavanje, što će rezultirati efikasnijim korišćenjem vodnih resursa.

**Ključne reči:** kukuruz, deficitarno navodnjavanje, prinos zrna, karakteristike klipa, masa 1.000 zrna.

---

\*Autor za kontakt: e-mail: [bonna@agrif.bg.ac.rs](mailto:bonna@agrif.bg.ac.rs)

## Uvod

Navodnjavanje je jedna od najznačajnijih agromeliorativnih mera za povećanje prinosa. U Srbiji, koja ima kontinentalne klimatske odlike, dopunsko navodnjavanje je potrebno u periodima kada je količina padavina nedovoljna tokom vegetacionog perioda.

Kontinuirani rast stanovništva i industrijski razvoj doveo je do zagađenja vodnih resursa i napravio ogroman pritisak na korišćenje ograničenih vodnih resursa. Povećanje produktivnosti postojećih vodnih resursa potrebno je za proizvodnju veće količine hrane, za borbu protiv siromaštva, smanjenje konkurencije za vodu i obezbeđenje dovoljne količine vode za prirodu. Racionalnost u korišćenju vode može se povećati deficitarnim navodnjavanjem useva. Na taj način, veće površine će se navodnjavati i, uprkos malim smanjenjima prinosa po jedinici površine, ukupna proizvodnja će biti optimizirana.

Deficitarno navodnjavanje je metoda navodnjavanja gde se navodnjavanjem namerno u potpunosti ne ispunjavaju potrebe useva za vodom, a biljke mogu usvajati zemljišnu vlagu ispod granice lako pristupačne vode u zoni korenovog sistema biljaka. Pod deficitarnim navodnjavanjem, dozvoljeno je da se u usevima namerno održava neki manjak vode koji može dovesti do smanjenja prinosa (Smith et al., 2002; Zhang et al., 2004). Cilj deficitarnog navodnjavanja je povećanje efikasnosti korišćenja vode od strane biljaka smanjenjem količine vode za navodnjavanje ili smanjivanjem broja navodnjavanja (Kirda, 2002).

Region Vojvodine ima veliki poljoprivredni potencijal zbog svojih klimatskih karakteristika i osobina zemljišta (Kresović et al., 2014). U regionu se uglavnom praktikuje ratarska proizvodnja bez navodnjavanja. Količina i raspored padavina za vreme vegetacionog perioda igraju značajnu ulogu u ispoljavanju biljnog potencijala tokom cvetanja i nalivanja zrna kukuruza (Bello et al., 2014). Sadašnji vodni resursi u regionu su nedovoljni za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta. Međutim, investicije u turizam i izgradnja stambenih zgrada i industrijski razvoj unutar regiona, bez preduzimanja bilo kakvih mera predostrožnosti izazvao je smanjenje poljoprivrednih zemljišta i zajedničkih ograničenih vodnih resursa.

Kukuruz je jedan od glavnih useva koji se gaji u Vojvodini. Mnoga istraživanja su sprovedena da bi se utvrdio međusobni odnos potrošnje vode i prinosa kukuruza. Međutim, u literaturi postoje različiti podaci o uticaju nedostatka vode u zemljištu usled deficitarnog navodnjavanja na prinos useva. Tako, na primer, Musick i Dusek (1980) su svojim istraživanjima sprovedenim u SAD utvrdili da je vodni stres uzrokovan deficitarnim navodnjavanjem za vreme metličanja i cvetanja najopasniji, a zatim slede oni u vreme nalivanja zrna i vegetativnih fenofaza. U Turskoj, Çakir (2004) je utvrdio da su svi vegetativni parametri i prinos kukuruza značajno pogođeni nestašicom vode u zemljištu zbog izostavljanja navodnjavanja tokom osetljivih fenofaza metličanja i obrazovanja

klipa. U Nigeriji, Pandey et al. (2000) su utvrdili da je smanjenje prinosa zrna kukuruza skoro proporcionalano trajanju deficitarnog navodnjavanja tokom vegetacione sezone. Utvrdili su i da deficitarno navodnjavanje tokom vegetativnog rasta smanjuje prinos zrna za 6,6% i 11,1% u dve odvojene sezone, a deficitarno navodnjavanje za vreme vegetativnog rasta i u ranim reproduktivnim fazama znatno smanjuje prinos zrna za 22,6% i 26,5% u dve odvojene sezone. Variranja između utvrđenih rezultata o efektu deficitarnog navodnjavanja na useve pokazuju da efekti deficitarnog navodnjavanja za isti usev mogu varirati sa lokacijom. Klima lokacije, od koje zavisi veličina evapotranspiracije useva i tip zemljišta, od kojeg zavisi količina pristupačne vode biljkama, igraju važnu ulogu u ispoljavanju efekata deficitarnog navodnjavanja.

Zbog toga je važno da se pre preporuke i saveta za usvajanje određene metode navodnjavanja na datom području obavi sveobuhvatna procena uticaja deficitarnog navodnjavanja. Pored toga, takva procena može da pomogne da se dobiju rezultati koji mogu da ubede poljoprivrednike i druge donosiocel odluka u vodoprivredi, na prednosti povezane sa režimom navodnjavanja i mogućim ograničenjima koje proizvođači mogu da prihvate u pogledu smanjenja količine vode koja se koristi u biljnoj proizvodnji.

Cilj ovog istraživanja je bio da se utvrde efekti nekoliko nivoa deficitarnog navodnjavanja na prinos zrna i karakteristike klipa kukuruza u severnom delu Srbije (Vojvodina). Istraživanje takođe ima za cilj da pruži uvid u odnos između useva i korišćenja vode, pod nametnutim deficitarnim navodnjavanjem.

### Materijal i metode

Trogodišnja (2006–2008) eksperimentalna istraživanja obavljena su na oglednim površinama Instituta za kukuruz „Zemun Polje” u Zemun Polju (44°52' N; 20°20' E). Ogled je izveden na praškasto glinastom, karbonatnom černozemu obrazovanom na karbonatnom lesu. Najvažnije osobine zemljišta u  $A_h$  horizontu (0–40 cm) bile su: pH (u  $H_2O$ ) 7,8, sadržaj organskih materija 2,5%, sadržaj ukupnog azota 0,22 %, 34 mg  $P_2O_5$  na 100 g zemljišta (AL – amonijum laktat), 22 mg  $K_2O$  na 100 g zemljišta (AL), gustina suvog zemljišta  $1,27 \text{ g cm}^{-3}$ , poljski (kišni) vodni kapacitet ( $-0,03 \text{ MPa}$ )  $0,31 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , vlažnost trajnog uvenuća biljaka ( $-1,5 \text{ MPa}$ )  $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , biljkama pristupačna voda  $173 \text{ mm m}^{-1}$ . Detaljnije informacije o fizičkim, vodnim i hemijskim osobinama zemljišta na kojem su obavljena ova istraživanja saopštila je Tapanarova (2011).

Ogled je postavljen po metodi blok sistema u četiri ponavljanja. Površina svake elementarne parcele bila je  $10 \text{ m}^2$ . Između elementarnih parcela je ostavljen razmak od 2 m sa ciljem da se minimizira uticaj bočnog proceđivanja vode. Za vreme eksperimenta korišćeno je isto polje. Za setvu je u sve tri godine korišćen srednje kasni hibrid kukuruza ZPSC 684 (FAO 600), selekcionisan u Institutu za

kukuruz. Setva je izvođena u optimalnim agrotehničkim rokovima (20–26. aprila), a gustina je bila 55.000 biljaka po hektaru (70 cm x 26 cm). Korišćene su standardne agrotehničke mere u proizvodnji kukuruza na ovom području. Za ishranu biljaka svake godine je u jesen zaoravano po 450 kg ha<sup>-1</sup> NPK mineralnog đubriva (15:15:15) i predsetveno 150 kg ha<sup>-1</sup> UREE. Korovi, bolesti i štetočine su adekvatno kontrolisani. Žetva je obavljana ručno. Glavni detalji eksperimenata prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Eksperimentalni podaci za 3 godine ispitivanja. U zagradi je prikazan redni broj dana u godini.

*Table 1. Experimental data for 3 years of investigation. The days of the year (DOY) are reported in brackets.*

Agronomski radovi <i>Agronomic practices</i>	2006	2007	2008
Datum setve (DOY) <i>Sowing date (DOY)</i>	26. april (116)	20. april (110)	22. april (112)
Gustina biljaka po m <sup>2</sup> <i>Plant population (per m<sup>-2</sup>)</i>	5,5	5,5	5,5
Datum žetve (DOY) <i>Harvest date (DOY)</i>	18. oktobar (291)	12. oktobar (285)	13. oktobar (286)
Dužina vegetacione sezone (dana) <i>Length of growing season (days)</i>	175	175	174
Broj zalivanja po tretmanu (I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> i I <sub>3</sub> ) <i>Irrigation supplies (I<sub>30</sub>, I<sub>50</sub> and I<sub>100</sub>)</i>	0–1–2	2–2–3	3–3–4
Voda dodata navodnjavanjem (mm)/ <i>Seasonal irrigation supply (mm)</i>			
I <sub>0</sub>	0	0	0
I <sub>3</sub>	0	95	145
I <sub>2</sub>	70	115	200
I <sub>1</sub>	100	155	280

Navodnjavanje je sprovedeno u četiri varijante vodnog režima, gde je I<sub>0</sub> bila kontrolna varijanta (prirodni vodni režim černoze). Na I<sub>1</sub> varijanti sadržaj vode u zemljištu održavan je na nivou 80–85% poljskoga vodnoga kapaciteta (PVK) u rizosfernom horizontu do 60 cm dubine zemljišnog profila, na I<sub>2</sub> varijanti sadržaj vode u zemljištu održavan je na nivou 70–75% PVK, dok je na I<sub>3</sub> varijanti sadržaj vode u zemljištu održavan na nivou 60–65% PVK. Navodnjavanje je obavljano kišnim krilima kada se oko 50% biljkama pristupačne vlage potroši u efektivnoj zoni korenovog sistema (do 60 cm). Pristupačna vlaga biljkama predstavlja razliku u zalihama vode u zemljištu između poljskog vodnog kapaciteta i vlažnosti trajnog uvenuća biljaka. Početak navodnjavanja određen je merenjem vlažnosti zemljišta na svakoj elementarnoj parceli u zemljišnom sloju 0–100 cm, po dubinskim zonama od po 10 cm (0–10, 10–20, ..., 90–100 cm), na početku vegetacije, periodično za vreme vegetacije (u intervalima 7–10 dana) i na kraju vegetacije,

korišćenjem termogravimetrijske metode. Na početku svake vegetacione sezone određivana je i gustina suvog zemljišta.

Pre ručne berbe useva merena je visina biljaka od površine zemljišta do vrha metlice. Posle sušenja, prinos zrna je preračunat na 14% vlage. Masa klipa bez komušine, masa zrna po klipu i masa 1.000 zrna određena je na 20 biljaka po elementarnoj parceli. Zapreminska (hektolitarska) masa zrna kukuruza određena je pomoću Šoperove vage („Louis Schopper, Leipzig”, Germany).

Rezultati oglada obrađeni su varijaciono-statistički, analizom varijanse (ANOVA) za jednofaktorijalni ogled za svaku godnu ponaosob i prosečno za sve tri godine. Razlike između pojedinačnih tretmana analizirani su LSD testom na nivou značajnosti 5% i 1%. Na osnovu trogodišnjih rezultata prinosa ostvarenih po varijantama proučavanja, metodom regresione analize projektovan je prinos u zavisnosti od ukupne količine prispele vode (padavine plus voda dodata navodnjavanjem) na površinu zemljišta tokom vegetacionog perioda kukuruza i određena je njihova korelaciona zavisnost.

## Rezultati i diskusija

### Vremenski uslovi u eksperimentalnim godinama

Ukupne sume mesečnih padavina i prosečne temperature vazduha tokom vegetacionog perioda kukuruza prikazane su u tabeli 2. Prosečne temperature u 2006. godini bile su slične višegodišnjim, osim u avgustu. U 2007. i 2008. godini prosečne temperature, izuzev u septembru, bile su veće od prosečnih mesečnih višegodišnjih temperatura. Za vreme trogodišnjih istraživanja, toplotni uslovi su uglavnom bili pogodni za gajenje kukuruza, s dnevnim temperaturama u intervalu 12–25°C. Nešto niže temperature, od prosečnih višegodišnjih temperatura, bile su u junu i avgustu 2006. godine.

Tabela 2. Prosečne mesečne temperature i mesečne sume padavina od 2006. do 2008. godine i za višegodišnji period (1981–2002) za Zemun Polje.

*Table 2. Average monthly air temperature and total monthly precipitation in 2006–2008 and average for long-term period (1981–2002) for Zemun Polje.*

Meseci <i>Months</i>	Temperatura/Temperature (°C)				Padavine/Precipitation (mm)			
	2006	2007	2008	1981–2002	2006	2007	2008	1981–2002
April/ <i>April</i>	12	13	13	12	93	31	27	60
Maj/ <i>May</i>	16	19	18	17	33	42	40	56
Jun/ <i>June</i>	19	23	22	20	144	63	36	95
Jul/ <i>July</i>	23	24	23	22	27	19	46	57
Avgust/ <i>August</i>	20	24	23	22	109	52	20	62
Septembar/ <i>September</i>	19	15	17	18	11	73	55	55
Suma/ <i>Total</i>					417	279	225	384

Suma padavina, u poređenju sa višegodišnjim prosekom (384 mm), bila je manja u godinama istraživanja, izuzev u 2006. Prva eksperimentalna godina sa ukupno 417 mm padavina za vreme vegetacionog perioda bila je veoma kišna. Na osnovu ukupne količine padavina od aprila do septembra (279 mm), 2007. godina je bila umereno sušna, a 2008. godina, ekstremno sušna sa svega 225 mm padavina. Utvrđene vegetacione sume padavina čine 35–65% godišnjih padavina. Kao što se i očekivalo, navedene sume padavina nedovoljne su za ostvarivanje visokih prinosa kukuruza. Takođe, raspored padavina tokom vegetacionog perioda nije bio povoljan. Trogodišnji (2006–2008) prosek padavina pokazuje manjak vlage u junu, julu i avgustu. U Srbiji se to razdoblje poklapa sa cvetanjem kukuruza, oplodnjom i nalivanjem zrna. Deficit vode, tj. vodni stres za vreme cvetanja i oprašivanja odlaže svilanje, smanjuje dužinu svile i sprečava razvoj embriona posle oprašivanja (Kresović et al., 2014). Stoga je optimalna obezbeđenost useva vodom u tim fenofazama presudna za prinos zrna kukuruza.

#### Uticaj vodnog režima na visinu biljaka kukuruza

Irfan et al. (2014) navode da je visina biljaka veoma bitna komponenta za biljnu proizvodnju zbog aktivnosti fotosinteze. Vodni režim zemljišta uticao je značajano na visinu biljaka kukuruza (tabela 3).

Tabela 3. Prosečna visina biljaka kukuruza (cm).

*Table 3. Mean height of maize plants (cm).*

Godina/Year	Varijante/Treatments				Prosek/Average
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>0</sub>	
2006.	280	270	265	260	269
2007.	297	278	260	230	266
2008.	292	270	255	220	259
Prosek/Average	290	273	260	237	265
Analiza varijanse/Analysis of variance					
Izvor varijacije/ Source of variance (C <sub>v</sub> – 2,41)	F value	Prob.	LSD		
Godina/Year (Y)	26,8615	0,0002 **	0,05	0,01	
Varijante/Treatments (I)	147,2929	0,0001 **	5,337	7,207	
Y x I	15,0766	0,0001 **	9,244	12,480	

Najveća prosečna visina utvrđena je u varijanti I<sub>1</sub> – 290 cm. Uslovi spoljne sredine tokom vegetacionog perioda kukuruza uticali su da se, i po godinama proučavanja, ostvare veoma značajne razlike u visini biljaka. Nezavisno od varijanti proučavanja, rastenju kukuruza najviše su pogodovali vremenski uslovi 2006. godine. Te godine je ostvarena najveća, 269 cm, prosečna visina biljaka,

međutim bez statistički značajne razlike u odnosu na vrednosti utvrđene 2007. godine (266 cm). U izrazito sušnoj 2008. godini u odnosu na obe prethodne godine, ostvarene su veoma značajno niže vrednosti visine biljaka (259 cm). Visina biljaka se smanjuje sa smanjenjem norme navodnjavanja zbog njihovog pokušaja da se izbore sa sušom. Sa početnim efektima suše, biljke kukuruza započinju preusmeravanje hranljivih materija iz stabljike i njihovo korišćenje za povećanje rasta korena da bi što bolje apsorbivale vodu iz zemljišta (Ali et al., 2011).

Uticaj interakcije godine i vodnog režima na visinu biljaka kukuruza je bio veoma statistički značajan pa su ostvarene razlike u istoj godini između varijanti navodnjavanja i u istoj varijanti u zavisnosti od godine ispitivanja. Između godina u navodnjavanju, varijanta I<sub>2</sub> nije pokazala značajan uticaj na razlike u visini biljaka, dok je na varijantama I<sub>1</sub> i I<sub>3</sub> bilo značajnih variranja visine biljaka (12–17 cm i 10 cm). U saglasnosti sa podacima iz literature (Soler et al., 2007), trogodišnji rezultati pokazuju značajno variranje visine biljaka, zavisno od meteoroloških uslova tokom vegetacionog perioda i navodnjavanja. U prirodnom vodnom režimu biljake su imale najveću visinu u 2006. godini sa najvećom sumom padavina tokom vegetacionog perioda (417 mm). Utvrđeni rezultati su u skladu sa prethodnim istraživanjima (Ali et al., 2011; Panahyan-e-Kivi et al., 2011).

#### Uticaj vodnog režima na masu klipa kukuruza

Analiza varijanse mase klipa kukuruza pokazuje veoma značajan uticaj faktora vodnog režima, a pojedinačna poređenja da su ostvarene statistički veoma značajne razlike između svih proučavanih varijanti navodnjavanja (tabela 4).

Tabela 4. Prosečna masa klipa kukuruza (g).

*Table 4. Mean mass of ear (g).*

Godina/Year	Varijante/Treatments				Prosek/Average
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>0</sub>	
2006.	384,16	357,59	322,22	320,40	346,09
2007.	424,39	361,55	349,86	275,81	352,90
2008.	358,93	342,18	314,32	204,21	304,91
Prosek/Average	389,16	353,77	328,80	266,81	334,64
Analiza varijanse/Analysis of variance					
Izvor varijacije/ Source of variance (C <sub>v</sub> – 2,76)	F value	Prob.	LSD		
Godina/Year (Y)	210,2135	0,0000 **	0,05	0,01	
Varijante/Treatments (I)	374,7505	0,0000 **	5,729	8,231	
Y x I	35,7417	0,0000 **	7,728	10,440	
			13,390	18,070	

Najveća prosečna vrednost mase klipa utvrđena je na varijanti I<sub>1</sub> – 389,16 g. Masa klipa kukuruza se povećavala sa povećanjem norme navodnjavanja. Veoma značajne razlike u masi klipa kukuruza ostvarene su i po godinama proučavanja. Najveća prosečna vrednost ostvarena je u 2007. godini (352,90 g), ali bez statistički značajne razlike u odnosu na prosek iz 2006. godine (346,09 g). U 2008. godini, u odnosu na obe prethodne godine, ostvarena je veoma značajno niža prosečna masa klipa (304,91 g).

Uticao interakcije godine i vodnog režima na masu klipa kukuruza je bio veoma statistički značajan pa su ostvarene razlike u istoj godini između varijanti navodnjavanja i u istoj varijanti u zavisnosti od godine ispitivanja. U prirodnom vodnom režimu kukuruz je imao najveću masu klipa (320,40 g) u 2006. godini. Na varijanti I<sub>0</sub>, u zavisnosti od uticaja godine, masa klipa je varirala od 44,59 do 116,19 g. U uslovima navodnjavanja ostvareno je manje variranje mase klipa u okviru istraživanih varijanti (3,96–65,46 g). Slično našim rezultatima, Panahyan-e-Kivi et al. (2011) su u svojim istraživanjima obavljenim u Iranu utvrdili za oko 34% veću masu klipova navodnjavanog kukuruza u poređenju sa nenavodnjavanim. Oktem (2008) navodi da je masa klipova kukuruza šećerca u tretmanima sa deficitarnim navodnjavanjem znatno manja u poređenju sa tretmanom bez vodnog deficita. Utvrdio je značajne razlike i u masi klipova između sva tri tretmana sa deficitarnim navodnjavanjem.

#### Uticao vodnog režima na masu zrna po klipu kukuruza

Kao i kod prethodnog pokazatelja, slični rezultati deficitarnog navodnjavanja ispoljavaju se i u pogledu prinosa zrna po klipu (tabela 5).

Tabela 5. Prosečna masa zrna po klipu (g).

Table 5. Mean grain weight per ear (g).

Godina/Year	Varijante/Treatments				Prosek/Average
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>0</sub>	
2006.	313,57	291,39	259,01	258,28	280,56
2007.	350,91	298,10	290,35	227,00	291,59
2008.	296,56	281,64	258,50	168,72	251,36
Prosek/Average	320,35	290,38	269,29	218,00	274,50
Analiza varijanse/Analysis of variance					
Izvor varijacije/ Source of variance (C <sub>v</sub> – 2,76)	F value	Prob.	LSD		
Godina/Year (Y)	126,8107	0,0000 **	0,05	0,01	5,906
Varijante/Treatments (I)	285,6786	0,0000 **	0,05	0,01	7,400
Y x I	25,8185	0,0000 **	0,05	0,01	12,820



Analiza varijanse rezultata trogodišnjih proučavanja pokazuje da je na masu zrna po klipu kukuruza faktor vodnog režima veoma značajno uticao i ostvarene su statistički vrlo značajne razlike između svih proučavanih varijanti. Najveća prosečna masa zrna po klipu, 320,35 g, utvrđena je na varijanti I<sub>1</sub>. Veoma značajne razlike u masi zrna kukuruza ostvarene su i po godinama proučavanja. Masa zrna po klipu se povećava sa povećanjem norme navodnjavanja od 269,29 do 320,35 g.

Uticaj interakcije godine i vodnog režima na masu zrna po klipu kukuruza je bio veoma statistički značajan pa su ostvarene razlike u istoj godini između varijanti navodnjavanja i u istoj varijanti u zavisnosti od godine ispitivanja. U uslovima navodnjavanja utvrđeno je manje variranje mase zrna po klipu kukuruza (0,51–54,35 g) nego u prirodnom vodnom režimu (31,28–89,56 g). Naši rezultati su u saglasnostima sa rezultatima koje su naveli Di Paolo i Rinaldi (2008). Oni su utvrdili veći prinos zrna po klipu u navodnjavanim varijantama kukuruza u poređenju sa nenavodnjavanom u mediteranskim uslovima centralne Italije. Takođe, Kuşçu i Demir (2012) su utvrdili veći prinos zrna po klipu kukuruza u uslovima navodnjavanja u sub-humidnim uslovima Turske.

#### Uticaj vodnog režima na masu 1.000 zrna kukuruza

Rezultati trogodišnjih istraživanja pokazuju da na masu 1.000 zrna značajno utiče vodni režim zemljišta. Ostvarene razlike u masi 1.000 zrna između ispitivanih varijanti navodnjavanja su bile statistički veoma značajne (tabela 6).

Tabela 6. Prosečna masa 1.000 zrna kukuruza (g).

*Table 6. Average thousand grain mass (g).*

Godina/Year	Varijante/Treatments				Prosek/Average
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>0</sub>	
2006.	431,73	420,53	406,59	405,33	416,05
2007.	448,05	441,65	430,75	409,50	432,49
2008.	423,59	411,39	392,68	296,22	380,97
Prosek/Average	434,46	424,52	410,01	370,35	409,84
Analiza varijanse/Analysis of variance					
Izvor varijacije/ Source of variance (C <sub>v</sub> – 1,08)	F value	Prob.	LSD		
Godina/Year (Y)	473,4462	0,0000 **	0,05	0,01	
Varijante/Treatments (I)	484,1303	0,0000 **	3,869	5,558	
Y x I	143,9289	0,0000 **	3,715	5,017	
			6,435	8,690	

Masa 1.000 zrna se povećavala sa povećanjem norme navodnjavanja, pa je najveća prosečna vrednost mase 1.000 zrna (434,46 g) ostvarena na varijanti I<sub>1</sub>. Razlog tome je verovatno što navodnjavanje povećava veličinu zrna (Istanbulluoglu et al., 2002). Po godinama proučavanja ostvarene su, takođe,

veoma značajne razlike. Biljkama kukuruza najviše su pogodovali vremenski uslovi 2007. godine, kada je bila najveća (432,49 g) prosečna vrednost mase 1.000 zrna. Suša, tj. vodni stres smanjuje kapacitet proizvodnje asimilata zbog smanjene zelene površine listova (Mansouri-Far et al., 2010). Prema tome, smanjenje proizvodnje i rezervi ugljenih hidrata tokom reproduktivne i/ili vegetativne fenofaze usled deficita vode ograničilo je masu 1.000 zrna u našem istraživanju.

Interakcija godine ispitivanja i vodnog režima pri primeni navodnjavanja statistički značajno je uticala na razlike u masi 1.000 zrna u istoj godini između varijanti i u istoj varijanti između godina. U varijanti I<sub>0</sub> su utvrđene mase 1.000 zrna 405,33 g u 2006. godini i 409,50 g u 2007. godini između kojih nije bilo statistički značajne razlike dok je u 2008. godini utvrđena značajno niža vrednost mase 1.000 zrna (296,22 g). U uslovima navodnjavanja ostvareno je manje variranje mase 1.000 zrna kukuruza nego u prirodnom vodnom režimu, što je u skladu sa rezultatima do kojih su došli Panahyan-e-Kivi et al. (2011) i Kuşçu i Demir (2012).

#### Uticaj vodnog režima na zapreminsku masu zrna kukuruza

Ova istraživanja pokazuju da su kod zrna kukuruza ostvarene statistički veoma značajne razlike zapreminske mase između svih varijanti istraživanja (tabela 7).

Tabela 7. Prosečna zapreminska masa zrna kukuruza (kg hl<sup>-1</sup>).  
Table 7. Mean hectoliter mass of maize kernels (kg hl<sup>-1</sup>).

Godina/Year	Varijante/Treatments				Prosek/Average
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>0</sub>	
2006.	76,94	76,53	76,33	75,33	76,28
2007.	80,36	80,09	79,61	79,52	79,90
2008.	75,82	74,92	74,03	73,85	74,66
Prosek/Average	77,71	77,18	76,66	76,24	76,95
Analiza varijanse/Analysis of variance					
Izvor varijacije/ Source of variance (C <sub>v</sub> – 0,37)	F value	Prob.	LSD		
Godina/Year (Y)	1699,8815	0,0001 **	0,2086	0,2996	
Varijante/Treatments (I)	60,2189	0,0001 **	0,2384	0,3219	
Y x I	5,5289	0,0008 **	0,4129	0,5576	

Najveća prosečna vrednost zapreminske mase utvrđena je na varijanti I<sub>1</sub> (77,71 kg hl<sup>-1</sup>). Zapreminska masa zrna kukuruza se povećala sa povećanjem norme navodnjavanja, od 76,66 do 77,71 kg hl<sup>-1</sup>. Po godinama proučavanja ostvarene su, takođe, veoma značajne razlike i biljkama kukuruza najviše su pogodovali agroekološki uslovi 2007. godine, kada je utvrđena najveća prosečna zapreminska masa zrna – 79,90 kg hl<sup>-1</sup>.

Uticaj interakcije godine i vodnog režima na zapreminsku masu zrna kukuruza je bio veoma statistički značajan pa su ostvarene razlike u istoj godini između varijanti navodnjavanja i u istoj varijanti u zavisnosti od godine ispitivanja. Interval variranja zapreminske mase zrna kukuruza u uslovima prirodnog vodnog režima ( $1,48-5,67 \text{ kg hl}^{-1}$ ) sličan je intervalu u navodnjavanim varijantama ( $1,12-5,58 \text{ kg hl}^{-1}$ ). Kuşçu i Demir (2012) su utvrdili veće vrednosti zapreminske mase zrna kukuruza (hektolitarske mase) u varijantama sa manjim deficitom navodnjavanja u poređenju sa kontrolnom (nenavodnjavanom) varijantom i varijantama sa većim deficitom navodnjavanja, što je u potpunom skladu sa rezultatima naših istraživanja. Najveće vrednosti ( $77,7 \text{ kg hl}^{-1}$ ) utvrdili su na varijanti u kojoj je navodnjavanjem dodavana celokupna norma zalivanja tokom celog vegetacionog perioda kukuruza.

#### Uticaj vodnog režima na prinos zrna kukuruza

U trogodišnjim istraživanjima, na varijanti  $I_1$  ostvarena je najveća,  $15,08 \text{ t ha}^{-1}$ , prosečna vrednost prinosa zrna kukuruza (tabela 8). Na drugim navodnjavanim varijantama utvrđeni su statistički veoma značajno niži prosečni prinosi. Najmanji prinosi su bili na kontrolnoj ( $I_0$ ) varijanti. Prosečno po godinama i varijantama dopunsko navodnjavanje povećalo je prinos zrna kukuruza za 35%. Apsolutno povećanje prinosa zrna zbog navodnjavanja po tretmanima  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  bilo je 4,9, 3,4 i  $2,3 \text{ t ha}^{-1}$ , a relativno – 48, 33 i 23%.

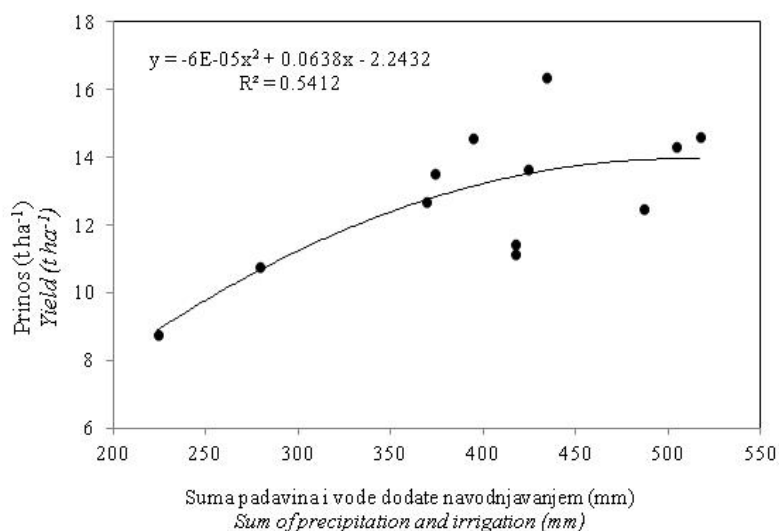
Tabela 8. Prosečni prinosi zrna kukuruza po varijantama proučavanja ( $\text{t ha}^{-1}$ ).  
Table 8. Average grain yield of maize per investigated treatments ( $\text{t ha}^{-1}$ ).

Godina/Year	Varijante/Treatments				Prosek/Average
	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_0$	
2006.	14,59	12,46	11,41	11,14	12,40
2007.	16,33	14,54	13,51	10,74	13,78
2008.	14,31	13,65	12,69	8,73	12,35
Prosek/Average	15,08	13,55	12,54	10,20	12,84
Analiza varijanse/Analysis of variance					
Izvor varijacije/ Source of variance ( $C_v - 1,95$ )	F value	Prob.	LSD		
Godina/Year (Y)	120,9282	0,0000 **	0,2359	0,3389	
Varijante/Treatments (I)	801,9051	0,0000 **	0,2103	0,2839	
Y x I	51,678	0,0000 **	0,3642	0,4917	

Veoma značajne statističke razlike u prinosu ostvarene su i po godinama proučavanja. Najveća prosečna vrednost prinosa kukuruza ostvarena je u 2007. godini –  $13,78 \text{ t ha}^{-1}$  i statistički se veoma značajno razlikovala u poređenju sa prosekom iz 2006. godine –  $12,40 \text{ t ha}^{-1}$  i 2008. godine –  $12,35 \text{ t ha}^{-1}$ . Prosečni

prinosi zrna iz 2006. i 2008. godine se nisu statistički značajno razlikovali. Interakcija godina i proučavane varijante vodnog režima ( $Y \times I$ ) je uticala na statistički veoma značajne razlike u prinosu kukuruza u istoj godini između varijanti navodnjavanja i u istoj varijanti između godina ispitivanja. U prirodnom vodnom režimu ( $I_0$ ) najveći prinos bio je u 2006. godini –  $11,14 \text{ t ha}^{-1}$ , koja je od aprila do septembra imala ukupno 417 mm padavina. U 2007. i 2008. godini, sa znatno manjom sumom padavina (279 mm i 224 mm) ostvareni su i značajno niži prinosi ( $10,74 \text{ t ha}^{-1}$  odnosno  $8,73 \text{ t ha}^{-1}$ ). Ostvareni efekti navodnjavanja u delovanju na prinos kukuruza su veći u poređenju sa prosečnim povećanjem od 28,7% koje je ranije utvrđeno u klimatskim uslovima Vojvodine (Bošnjak et al., 2005). Bošnjak et al. (2005) napominju da prinosi u ekstremno sušnim godinama mogu biti manji za 147–159% u odnosu na prinose ostvarene u uslovima navodnjavanja. U sličnim dvogodišnjim istraživanjima, Di Paolo i Rinaldi (2008) su utvrdili da je navodnjavanje sa 100% i 50% od zahteva useva za potrebnom vodom rezultiralo povećanjem prinosa zrna kukuruza za 257% i 24%.

Objedinjavanjem podataka trogodišnjih istraživanja, utvrđena funkcionalna zavisnost prinosa useva i ukupne količine prispele vode u zemljište (padavine plus voda dodata navodnjavanjem) je paraboličnog oblika, sa koeficijentima  $R^2 = 0,5412$ , koji ukazuju na njihovu srednju pozitivnu korelacionu zavisnost (slika 1). Analiza rezultata proučavanja pokazuje da se na ispitanom černozemu može ostvariti prinos ( $Y$ ) zrna hibrida kukuruza ZP SC 684 od  $13,96 \text{ t ha}^{-1}$ , pri utrošku 508 mm vode (padavine + navodnjavanje) u toku vegetacionog perioda.



Slika 1. Prinos zrna i suma raspoložive vode tokom vegetacionog perioda kukuruza.

*Figure 1. The grain yield ( $Y$ ) and the sum of the available water during the growing season of maize.*

Da bi se ostvarili očekivani prinosi, vlažnost zemljišta pod kukuruzom treba održavati na nivou 75–80% PVK. Za klimatske uslove ispitanog područja Zemun Polja ovo podrazumeva primenu dopunskog navodnjavanja normom od 120 mm.

### Zaključak

Visoki prinosi i stabilna proizvodnja kukuruza u agroklimatskim uslovima Vojvodine mogući su jedino primenom dopunskog navodnjavanja. U uslovima optimalne (80–85 PVK) obezbeđenosti useva vodom kukuruz (ZP SC 684) ostvaruje visoke prinose, veće od 14 t ha<sup>-1</sup>. U sušnoj godini efekat navodnjavanja na prinos zrna mnogo je veći nego u godinama sa povoljnijom količinom i rasporedom padavina. Rezultati ovog istraživanja pokazali su da deficitarno navodnjavanje u vegetacionom periodu kukuruza ne bi bilo korisno ako je cilj proizvođača maksimalan prinos zrna. Međutim, ako je cilj da se proizvodnja obavlja na većim površinama u uslovima navodnjavanja pri ograničenim količinama vode, deficitarno navodnjavanje se može koristiti za proizvodnju kukuruza.

### Zahvalnica

Istraživanja u ovom radu su delovi projekta TR 31037 i III 43009 koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- Ali, Z., Basra, S.M.A., Munir, H., Mahmood, A., Yousaf, S. (2011): Mitigation of drought stress in maize by natural and synthetic growth promoters. *Journal of Agriculture and Social Sciences* 7:56-62.
- Bello, B.O., Olawuyi, J.O, Ige, A.S., Mahamood, J., Afolabi, S.M., Azeez, A.M., Abdulmalik, Y.S. (2014): Agro-nutritional variations of quality protein maize (*Zea Mays* L.) in Nigeria. *Journal of Agricultural Sciences* 59(2):101-116.
- Bošnjak, Đ., Pejić, B., Maksimović, L. (2005): Irrigation – a condition for high and stable corn production in the Vojvodina Province. *Savremena poljoprivreda* 3-4:82-87.
- Çakir, R. (2004): Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89:1-16.
- Di Paolo, E., Rinaldi, M. (2008): Yields response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 105:202-210.
- Irfan, M., Arshad, M., Shakoor, A., Anjum, L. (2014): Impact of irrigation management practices and water quality on maize production and water use efficiency. *Journal of Animal and Plant Sciences* 24(5):1518-1524.
- Istanbulluoglu, A., Kocaman, I., Konukcu, F. (2002): Water use production relationship of maize under Tekirdag conditions in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 5(3):287-291.
- Kirda, C. (2002): Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. In: *Deficit irrigation practice*. Water reports 22. FAO, Rome, pp. 1-3.

- Kresovic, B., Matovic, G., Gregoric, E., Djuricin, S., Bodroza, D. (2014): Irrigation as a climate change impact mitigation measure: An agronomic and economic assessment of maize production in Serbia. *Agricultural Water Management* 139:7-16.
- Kuşçu, H., Demir, A.O. (2012): Responses of maize to full and limited irrigation at different plant growth stages. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University* 26 (2):15-27.
- Mansouri-Far, C., Sanavy, S.A.M.M., Saberli, S.F. (2010): Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. *Agricultural Water Management* 97:12-22.
- Musick, L.T., Dusek, D.A. (1980): Irrigated corn yield response to water. *Transactions of the ASAE / American Society of Agricultural Engineers* 23:92-98.
- Oktem, A. (2008): Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of drip-irrigated sweet corn in sustainable agricultural systems. *Agricultural Water Management* 95:1003-1010.
- Panahyan-e-Kivi, M., Jamaati-e-Somarin, S., Zabihi-e-Mahmoodabad, R. (2011): Investigating of Some Morphological Traits of Maize Cultivars under Irrigation and Non-Irrigation. *Middle-East Journal of Scientific Research* 10(1):82-86.
- Pandey, R.K., Maranville, J.W., Admou, A. (2000): Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a sahelian environment I. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management* 46:1-13.
- Smith, M., Kivumbi, D., Heng, L.K. (2002): Use of the FAO CROPWAT model in deficit irrigation studies. In: *Deficit irrigation practice*. Water reports no. 22. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, pp 17-28.
- Soler, C.M.T., Hoogenboom, G., Sentelhas, P.C., Duarte, A.P. (2007): Impact of water stress on maize grown off-season in a subtropical environment. *Journal of Agronomy and Crop Science* 193:247-261.
- Tapanarova, A. (2011): *Produkcija biomase kukuruza i soje na černozeu u uslovima različite vlažnosti zemljišta*. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet Beograd – Zemun.
- Zhang, Y., Yu, Q., Liu, C., Jiang, J., Zhang, X. (2004): Estimation of winter wheat evapotranspiration under water stress with to semiempirical approach. *Agronomy Journal* 96:159-168.

Primljeno: 30. maja 2015.

Odobreno: 10. jula 2015.

## EFFECTS OF DEFICIT IRRIGATION ON GRAIN YIELD AND EAR CHARACTERISTICS OF MAIZE

**Branka J. Kresović<sup>1</sup>, Boško A. Gajić<sup>2\*</sup>, Angelina Đ. Tapanarova<sup>2</sup>,  
Borivoj Pejić<sup>3</sup>, Zorica P. Tomić<sup>2</sup>,  
Dragan S. Vujović<sup>2</sup> and Ljubomir B. Životić<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Maize Research Institute „Zemun Polje”,  
Slobodana Bajića 1, 11185 Zemun Polje, Serbia

<sup>2</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture,  
Nemanjina 6, 11080 Belgrade - Zemun, Serbia

<sup>3</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture,  
Trg Dositeja Obradovića 8, 21 000 Novi Sad, Serbia

## A b s t r a c t

In the Vojvodina region, drought is an important factor limiting grain yield in maize. The aims of this research were to compare irrigation scheduling in maize (cv. ZP SC 684), and to evaluate grain yield and ear characteristics. A 3-year field experiment was carried out in the Vojvodina region, a northern part of the Republic of Serbia (384 mm of rainfall in the maize-growing period). Maize was subjected to four irrigation levels (rainfed –  $I_0$  and supply at 80–85% –  $I_1$ , 70–75% –  $I_2$  and 60–65% –  $I_3$  of field capacity). The results indicated a large yearly variability, mainly due to a rainfall event at the flowering, fertilization and grain filling stages. A significant irrigation effect was observed for all the variables under study, with significant differences between the three irrigation treatments. The grain yield ranged between 8.73 and 16.33 t ha<sup>-1</sup>. The highest grain yield of maize (average of 15.08 t ha<sup>-1</sup>) was in the  $I_1$  treatment, while the non-irrigated ( $I_0$ ) treatment had the lowest yield (average of 10.20 t ha<sup>-1</sup>), a 35% grain yield reduction. With the decrease of irrigation water, the grain yield of maize decreased. The most distinctive impact the irrigation had on maize yield was during the warm and very dry growth period of the year of 2008. Maize in the Vojvodina region can be cultivated with acceptable yields while saving irrigation water and maximizing resource-use efficiency.

**Key words:** maize, deficit irrigation, grain yield, ear characteristics, 1,000 grain mass.

Received: May 30, 2015

Accepted: July 10, 2015

---

\*Corresponding author: e-mail: bonna@agrif.bg.ac.rs