

OSETLJIVOST KUKURUZA (*ZEA MAYS L.*) NA DEFICIT VODE U ZEMLJIŠTU U ODREĐJENIM PODPERIODIMA VEGETACIJE

Pejić, B¹., Bošnjak, D¹., Mačkić Ksenija¹, Stričević Ružica², Simić, D¹., Drvar Ana¹

REZIME

Ekperimentalna istraživanja uticaja deficita lakopristupačne vode u zemljištu u određenim podperiodima vegetacije kukuruza su obavljena na oglednom polju Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada, na Rimskim Šančevima u periodu od 1997-2007. godine. Vrenosti koeficijenta opadanja prinosa (ky) su obračunate iz odnosa relativnog opadanja prinosa ($1-Ya/Ym$) i relativnog deficita evapotranspiracije ($1-ETa/ETm$).

Rezultati istraživanja ukazuju da je kukuruz u klimatskim uslovima Vojvodine najosetljiviji na deficit vode u zemljištu u periodu cvetanje oplodnja (ky 0,49), a manje na početku i kraju vegetacije, u periodu vegetativnog porasta (ky 0,46) i periodu nalivanja zrna i sazrevanja (ky 0,43). Vrednosti koeficijenta opadanja prinosa u periodu vegetacije (ky 0,65) ukazuju da je kukuruz umereno osetljiv na deficit vode u zemljištu u klimatskim uslovima Vojvodine.

Ključne reči: kukuruz, deficit vode u zemljištu, koeficijent opadanja prinosa (ky)

UVOD

Ne samo za našu zemlju, već i šire, kukuruz je jedna od najvažnijih ratarskih kultura. Prema setvenim površinama i količini proizvedenog zrna kukuruz zauzima treće mesto u svetu, posle pšenice i pirinča. U navodnjavanju je zastupljen u visokom procentu i predstavlja važnu okopavinu u plodoredu, odnosno plodosmenama zalivnih sistema. U Vojvodini kukuruz se gaji na najvećim površinama od svih ratarskih biljaka, prosečno na oko 640.000 ha, odnosno na oko 42% oraničnih površina. Prosečan prinos u periodu od 1997-2007. god. bio je 5,0 t ha⁻¹, a varirao je u širokom rasponu od 2,94-6,44 t ha⁻¹ (Statistički godišnjak Srbije, 2007) i bio je u korelaciji, pre svega, sa količinom i rasporedom padavina.

1 Dr Borivoj Pejić, docent, dr Djuro Bošnjak, redovni profesor, Ksenija Mačkić, dipl. ing., Simić Dejan, student, Drvar Ana, student, Poljoprivredni fakultet Novi Sad

2 Dr Ružica Stričević, vanredni profesor, Poljoprivredni fakultet Zemun

Obično se smatra da je kukuruz otporan prema suši i da ekonomično troši vodu. Međutim, pošto stvara veliku vegetativnu masu, daje visoke prinose, ima dug vegetacioni period, kukuruz troši velike ukupne količine vode. U nedostatku vode kukuruz uspešno prebrodi sušu, ali daje niže prinose, jer biljke troše teže pristupačne kategorije i oblike vode iz zemljišta.

Obavljena su brojna istraživanja uticaja stresa usled deficita lakopristupačne vode u zemljištu na prinos zrna i biomase kukuruza (Bošnjak, 1987; Gavloski et al., 1992; Bošnjak i Pejić, 1998; Pejić, 2000; Traore et al., 2000), uticaja vremena pojave stresnih uslova u podperiodima vegetacije kukuruza na prinos, komponente prinosa i morfološke osobine biljaka (Robins and Domingo, 1953; Denmead and Shaw, 1960; Barnes and Woolley, 1969; Downey, 1971; Mussick and Dusek, 1980; Eck, 1984; Bryant et al., 1992; Otegui et al., 1995; Pejić, 2000; Çakir, 2004; Panda et al., 2004).

Bošnjak i Pejić (1994), Bošnjak i sar. (2004) na osnovu rezultata višegodišnjih eksperimentalnih istraživanja u klimatskim uslovima Vojvodine ukazuju na niže prinose kukuruza za 28,7% kao posledica deficita lakopristupačne vode u zemljištu uz napomenu da prinosi u ekstremno sušnim godinama mogu biti manji za 147-159% u odnosu na prinose ostvarene u uslovima navodnjavanja. Cakir (2004) ističe da se u severozapadnom delu Turske u uslovima navodnjavanja postižu prinosi i do 15 t ha⁻¹, a u uslovima prirodne obezbeđenosti biljaka vodom prinosi kukuruza su na nivou 5 t ha⁻¹. Pejić (2000) ukazuje na slabije razvijen koren kukuruza u uslovima deficita lakopristupačne vode u zemljištu (46,5 g) u odnosu na navodnjavanu varijantu (76,7 g). Takođe su postojale razlike i u potrošnji vode iz sloja zemljišta do dubine 80 cm, 304 mm u odnosu na 422 mm, odnosno postignuti su visokosignifikantno niži prinose na kontrolnoj varijanti bez navodnjavanja (8,4 t ha⁻¹) u odnosu na navodnjavanu varijantu (13,7 t ha⁻¹).

Frey (1982), ukazuje da je period koji počinje 2 nedelje pre svilanja i traje 2-3 nedelje posle svilanja najvažniji sa gledišta obezbeđenja kukuruza vodom u periodu vegetacije. Shaw (1974) smatra posebno osetljivim period koji traje 5 dana pre i 5 dana posle svilanja, uz napomenu da je period od mesec dana koji sledi takođe vrlo osetljiv na nedostatak vode u zemljištu. Zinselmeier et al. (1999) takođe ističu da je period 5 dana pre cvetanja posebno osetljiv jer deficit vode u tom periodu utiče na oplodnju i značajno smanjuje broj formiranih zrna na klip. Bošnjak i Pejić (1997) ističu da u klimatskim uslovima Vojvodine prinos kukuruza linearno opada sa porastom deficita lakopristupačne vode u vegetacionom periodu i deficitom u julu i avgustu kada se nalazi u fazama oplodnje i nalivanja zrna. Doorenbos and Kassam (1979) ističu da je kukuruz otporniji na deficit vode u zemljištu na početku i kraju vegetacije, ali da je posebno osetljiv ako se deficit vode javi u periodu cvetanja. Generalno, maksimalno smanjenje formiranih zrna na klip kukuruza je rezultat stresa u periodu svilanje-početak nalivanja zrna, a ako se stres javi 2-3 nedelje posle cvetanja značajno se redukuje masa 1000 zrna (Classen and Shaw, 1970; Harder et al., 1982; Pejić, 1996). Vučić (1976) ukazuje da bez obzira što se u literaturi sreću različite preporuke, često na izgled kontadiktorne, o kritičnim fazama razvića kukuruza, one se ne smeju shvatiti tako da se daje veći ili manji značaj pojedinim kritičnim fazama već su one odraz određenih zemljišnih i klimatskih uslova.

Bez obzira na pomenute uticaje deficita vode u zemljištu u pojedinim fazama rasta i razvića na morfološke osobine, komponente prinosa i prinos kukuruza brojni autori ukazuju na linearnu zavisnost prinosa i utrošene vode na evapotranspiraciju (ET) u periodu vegetacije kukuruza (Hanks et al., 1976; Bošnjak, 1982; Pejić, 2000; Stone, 2003; Klocke et al., 2004). Craciun i Craciun (1993) ukazuju na činjenicu da deficit vode od 40% u odnosu na potrebe kukuruza može uticati na smanjenje prinosa i do 40% u klimatskim uslovima Rumunije.

Imajući u vidu da navodnjavanje u Vojvodini ima dopunski karakter zalivni režim kukuruza se postavlja kao pitanje od posebne važnosti. Tehnički minimum vlažnosti zemljišta za ovu biljnu vrstu iznosi 60-65% od PVK (poljskog vodnog kapaciteta), odnosno zalivanju treba pristupiti kada se utroši oko 2/3 od ukupno pristupačne vode iz sloja zemljišta do 0,6 m (Bošnjak 1982, 1993). U promenljivim klimatskim uslovima Vojvodine gde se padavine ne mogu predvideti na duži period, negativan efekat navodnjavanja može nastupiti ako posle obavljenog zalivanja padne obilnija kiša jer u tom slučaju može doći do prevlaživanja zemljišta, procedjivanja vode u dublje slojeve i ispiranja asimilativa. U takvim godinama efekat navodnjavanja može izostati i prinosi su ispod očekivanih.

Realna ocena stresa usled deficita vode u zemljištu u periodu vegetacije kukuruza može se dobiti obračunom koeficijenta opadanja prinosa (yield response faktor – ky) koji predstavlja odnos između relativnog opadanja prinosa ($1 - Y_a/Y_m$) i relativnog deficita evapotranspiracije ($1 - ET_a/ET_m$). Doorenbos and Kassam (1980) procenjuju da su prosečne vrednosti ky koeficijenta u periodu vegetacije kukuruza 1,25. Vaux and Pruitt (1983) ukazuju da su pored ky vrednosti iz literature od posebne važnosti iste određene u konkretnim klimatskim i zemljišnim uslovima za određenu biljnu vrstu, jer na ky vrednosti pored deficita vode u zemljištu mogu uticati i osobine zemljišta, klime u smislu evapotranspiracionih zahteva sredine, dužina vegetacionog perioda kao i propusti u tehnologiji gajenja.

Cilj rada je bio da se na osnovu višegodišnjih eksperimentalnih istraživanja analizira efekat deficita lakopristupačne vode u zemljištu, u toku vegetacije i njenih podperioda, na prinos i evapotranspiraciju kukuruza, obračunom koeficijenta opadanja prinosa (ky), odnosno da se dobiju dodatne informacije u realizaciji racionalnog zalivnog režima kukuruza u promenljivim klimatskim uslovima Vojvodine.

MATERIJAL I METOD RADA

Eksperimentalna istraživanja su obavljena na oglednom polju Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada, na Rimskim Šančevima (N 45° 19', E 19° 50', 84 m nadmorske visine) u periodu od 1997-2007. godine.

Ogled je postavljen po metodu blok sistema i prilagodjen uslovima navodnjavanja kišenjem. U ogledu su bile zastupljene varijanta sa navodnjavanjem (T_1) sa predzalivnom vlažnošću zemljišta 60-65% od poljskog vodnog kapaciteta (PVK) i kontrolna varijanta bez navodnjavanja (T_0). Vreme zalivanja je određivano praćenjem dinamike vlažnosti

zemljišta dekadno, a po potrebi i u kraćem vremenskom periodu po slojevima zemljišta od 0,1-0,2 m do 0,6 m dubine. Vlažnost zemljišta je merena gravimetrijskom metodom. Utrošak vode na potencijalnu evapotranspiraciju (ET_m) u pojedinim podperiodima i vegetacionom periodu, obračunat je bioklimatskim postupkom (1), primenom hidrofitermičkih indeksa (K) čije su vrednosti za kukuruz u klimatskim uslovima Vojvodine u maju 0,11, junu, julu i avgustu 0,18 i septembru 0,11 (Bošnjak, 1982). Nakon obračuna ET_m bilansiran je utrošak vode na stvarnu evapotranspiraciju (ET_a) od padavina i rezervi vode akumuliranih u zemljištu u predvegetacionom periodu u sloju do 0,6 m i tako utvrđen deficit vode u podperiodima i vegetaciji kukuruza.

$$ET_m = \sum_{i=1}^n (K \cdot T_i) \quad (1)$$

ET_m – vrednosti utrošene vode na potencijalnu evapotranspiraciju u podperiodima vegetacije kukuruza (mm)
 K – hidrofitermički indeks za kukuruz
 T_i – suma srednje dnevne temperatura vazduha (°C)

Koeficijent opadanja prinosa (k_y, 2) kao pokazatelj uticaja vodnog stresa na smanjenje prinosa kukuruza (Vaux and Pruitt 1983) u periodu vegetacije i njenim podperiodima obračunati su iz odnosa stvarne (ET_a) i potencijalne (ET_m) evapotranspiracije - relativna evapotranspiracija (1-ET_a/ET_m) i prinosa ostvarenog u uslovima prirodne obezbeđenosti biljaka vodom (Y_a) i prinosa koji je ostvaren u uslovima navodnjavanja (Y_m) – relativno opadanje prinosa (1-Y_a/Y_m).

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (2)$$

Podaci o padavinama i temperaturi vazduha (Tab. 1) su uzeti sa meteorološke stanice Rimski Šančevi koja se nalazi u sklopu Oglednog polja Instituta. Vreme zalivanja i zalivne norme su prikazane u Tabeli 2. Fenofaze rasta i razvića kukuruza (Tab. 3) su registrovane opažanjima u polju.

Tabela 1. Srednje mesečne temperature vazduha i mesečne količine padavina u periodu vegetacije kukuruza (Rimski Šančevi)

Table 1. Mean monthly air temperatures and monthly precipitation during maize growing season (Rimski Šančevi)

Godina Year	Mesec-Month									
	Maj May		Jun June		Jul July		Avgust August		Septembar September	
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
1997	17,8	17	20,7	62	20,0	128	20,2	125	15,8	17
1998	16,1	64	21,5	104	21,6	124	21,6	82	15,7	77
1999	16,9	96	20,3	89	21,6	192	21,6	28	19,7	66
2000	18,5	39	21,4	28	22,1	29	24,0	5	17,8	13
2001	17,8	79	18,3	219	22,3	80	22,7	30	16,1	162
2002	19,1	19	21,1	28	23,6	35	21,5	50	16,3	45
2003	20,6	23	24,0	31	22,6	60	24,6	30	17,2	84
2004	15,2	89	19,8	97	21,9	63	21,7	39	16,2	42
2005	17,0	38	19,3	135	21,3	122	18,3	134	17,3	67
2006	16,6	70	19,7	104	23,5	31	19,7	125	17,9	24
2007	18,4	99	22,0	71	23,2	39	21,2	80	14,6	79
Prosek Average	17,6	58	20,7	88	22,2	82,1	21,6	66	16,8	61

Tabela 2. Vreme zalivanja, zalivne norme i norma navodnjavanja

Table 2. Irrigation schedule, irrigation rates and irrigation requirements

Godina Year	Norma zalivanja Irrigation rate (mm)			Norma navodnjavanja Irrigation requirement (mm)
	Mesec-Month			
	Jun June	Jul July	Avgust August	
1997	-	-	-	-
1998	-	-	60 – 07	60
1999	-	-	-	-
2000	60 – 23	60 – 24	60 – 08	180
2001	-	60 – 11	-	60
2002	60 – 24	60 – 05	-	120
2003	60 – 05 60 – 20 j	30 – 05	-	200+
2004	-	45 – 02	60 – 17	105
2005	60 – 05	-	-	60
2006	-	60 – 06 60 – 17 60 – 28	-	180
2007	45 – 22	60 – 19	-	165

+ 2003 god. su obavljena 2 interventna zalivanja (03 aprila – 20 mm i 05 maja – 30 mm) u cilju pravovremenog i ujednačenog nicanja biljaka

Tabela 3. Fenofaze rasta i razvika kukuruza, hibrida NS-640
Table 3. Growth stages of maize, hybrid NS-640

Nicanje Emergence	Vegetativni porast Vegetative growth	Cvetanje i oplodnja Flowering and fertilization	Nalivanje zrna - sazrevanje Grain filling -maturity
1 Maj	1 Maj – 15 Jul	15 Jul – 5 Avgust	5 Avgust – 30 Septembar

U ogledu je bio zastupljen hibrid NS-640 grupe zrenja FAO 600 na osnovnoj parceli od 35 m². Berba je obavljena ručno u tehnološkoj zrelosti, a prinos zrna je obračunat u t ha⁻¹ sa 14% vlažnosti. Primenjena je savremena tehnologija proizvodnje, a agrotehničke operacije su obavljene u optimalnim rokovima.

Statistička obrada podataka je uradjena analizom varijanse, a testiranje rezultata LSD testom.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

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. Prosečna količina padavina u Vojvodini (1964-2007) iznosi 598,7 mm, a srednja godišnja temperatura 11,2 °C. U periodu vegetacije (IV-IX) padne 328 mm kiše ili 55% od ukupne količine, a u istom periodu prosečna temperatura vazduha iznosi 17,8 °C. Samo na osnovu ukupne količine padavina u toku vegetacije ne može se govoriti o dovoljnoj ili nedovoljnoj obezbedjenosti biljaka vodom. Bošnjak (1993) ukazuje da je suša redovna pojava u klimatskim uslovima Vojvodine, da se javlja kraći ili duži period svake godine i da često ostavlja ozbiljne posledice na umanjenje prinosa gajenih biljaka. Najintenzivnija suša u Vojvodini je u julu i avgustu kada je obezbedjenost padavinama na nivou opšte potencijalne evapotranspiracije od minimum 100 mm samo 12% (Bošnjak, 1999).

Period istraživanja (1997-2007) se odlikovao relativno povoljnim uslovima za proizvodnju kukuruza. Od jedanaest godina, 4 je bilo bez deficita ili sa vrlo malim deficitom lakopristupačne vode u periodu vegetacije (1997, 1998, 1999, 2005), 4 sa umerenim deficitom (2001, 2004, 2006, 2007) i 3 izrazito sušne (2000, 2002, 2003). Variranje padavina, kako po količini tako i po rasporedu (Tab. 1), uslovalo je potrebu za manjim ili većim brojem zalivanja (Tab. 2). Kao posledica relativno povoljnih uslova za proizvodnju kukuruza, u istraživačkom periodu, ostvarena je statistički signifikantna razlika u visini prinosa između navodnjavane i varijante bez navodnjavanja. Prinos je u uslovima navodnjavanja, u proseku, bio veći za 2,036 t ha⁻¹, odnosno 20%. U povoljnim godinama efekat navodnjavanja je izostajao ili je bio vrlo skroman (3,3%), a u sušnim vrlo visok (67,4%) (Tab. 4). Osvareni efekti navodnjavanja na prinos kukuruza su niži u odnosu na prosečno povećanje od 28,7% koje je ranije utvrđeno u klimatskim uslovima Vojvodine (Bošnjak i sar., 2005).

Saznanja o osetljivosti kukuruza na stres usled nedostatka lakopristupačne vode u zemljištu u raličitim fazama rasta i razvića su od posebne važnosti u realizaciji racionalnog zalivnog režima ove biljne vrste (Mussick and Dusek 1980; Kanber et al., 1990). Realna ocena stresa usled deficita vode u zemljištu u periodu vegetacije kukuruza može se dobiti obračunom koeficijenta opadanja prinosa (ky).

Tabela 4. Prinosi kukuruza u uslovima sa i bez navodnjavanja, utrošak vode na potencijalnu (ET_m) i stvarnu evapotranspiraciju (ET_a), deficit lakopristupačne vode u zemljištu u periodu vegetacije

Table 4. Maize yields in irrigated and nonirrigated conditions, water used on potential (ET_m) and actual (ET_a), deficit of readily available soil water in the growing season

Godina Year	Prinos – Yield (t ha ⁻¹)		Efekat Navodnjavanja Effect of irrigation (%)	ET _m (mm)	ET _a (mm)	Deficit Vode Water deficit (mm)
	T ₁	T ₀				
1997	14,060	12,160	15,6 ⁺	450	409	41
1998	10,258	9,167	11,9	461	461	-
1999	11,441	10,501	8,9 ⁺	475	442	33
2000	13,457	8,037	67,4	495	174	321
2001	10,766	9,606	12,1	464	383	81
2002	13,604	10,210	33,2	481	237	244
2003	13,530	9,650	32,5	520	261	259
2004	12,960	10,500	23,4	458	353	105
2005	14,220	13,760	3,3	442	442	-
2006	14,820	13,920	6,5	461	399	62
2007	14,780	14,000	5,6	477	361	116
Prosek Average	13,082A	11,046B	20,0	471	356	115

+ razlike u prinosu nisu rezultat obavljenih zalivanja već su verovatno posledica razlike u načinu korišćenja hraniva u predhodnom periodu izmedju navodnjavane i kontrolne varijante bez navodnjavanja

^{a,b} - Brojevi označeni različitim slovima u koloni ukazuju na signifikantne razlike LSD vrednosti na pragu značajnosti $P \leq 0.05$

Obračunata vrednost ky 0,49 (Tab. 5) u periodu cvetanje-oplodnja ukazuje da je ovaj podperiod vegetacije kukuruza najosetljiviji na deficit vode u zemljištu i da najviše utiče na visinu prinosa kukuruza. Vrednosti 0,46 u periodu vegetativnog porasta i 0,43 u periodu nalivanja i sazrevanja ukazuju da su ovi podperiodi vegetacije kukuruza manje osetljivi na stresne uslove usled nedostatka vode u zemljištu. Brojni istraživači takodje ističu da je kukuruz otporniji na deficit vode u zemljištu na početku i kraju vegetacije, ali da je posebno osetljiv ako se deficit vode javi u periodu cvetanja i oplodnje (Doorenbos and Kassam 1979; Frey 1982; Bošnjak i Pejić 1997; Zinselmeier et al., 1999; Cakir 2004). Robins i Domingo (1953) posebno ističu ovaj period vegetacije uz napomenu da nedostatak lakopristupačne vode u zemljištu u trajanju od samo 2-7 dana može smanjiti prinos

kukuruza za 22-50%. Utvrđene vrednosti osetljivosti kukuruza na stres usled deficita lakopristupačne vode u zemljištu ukazuju na potrebu da posebnu pažnju u realizaciji zalivnog režima treba obratiti na period cvetanja i oplodnje kao najosetljiviji u periodu vegetacije kukuruza. Ova preporuka ne može biti čvrsta šema u praksi navodnjavanja kukuruza u promenljivim klimatskim uslovima Vojvodine imajući u vidu da je biljkama u toku celog perioda vegetacije neophodan stalan priliv vode u pristupačnom obliku. Medjutim, činjenica je da će povoljna vlažnost zemljišta ili zalivanje u ovom periodu dovesti do povećanja prinosa više nego ako se zalivanja sprovode van ovog perioda.

Vrednost K_y koeficijenta 0,65 za period vegetacije kukuruza (Tab. 5) je niža u odnosu na vrednosti koje ističu drugi istraživači na osnovu rezultata dobijenih u aridnim klimatskim uslovima (Doorenbos and Kassam 1979, FAO publikacija 1,25; Howell and Schneider, 1997 za Bushland u Teksasu 1,47). Cakir (2004) za aridne uslove Turske ističe vrednosti K_y od 1,36, uz napomenu da je u kišnoj godini (200,8 mm kiše u periodu vegetacije) utvrđena vrednost 0,81. Obračunate vrednosti K_y su saglasne sa rezultatima dobijenim u umerenom klimatu. Craciun i Craciun (1999) za klimatske uslove Rumunije ističu vrednosti od 0,66-0,86 za hibride različite grupe zrenja, Kanber et al. (1990) i Istanbulu et al. (2002), su utvrdili vrednosti 0,93 i 0,76 za priobalne delove Turske. Niže vrednosti za ovo područje se objašnjavaju visokom relativnom vlažnošću vazduha i nešto povoljnijim rasporedom padavina u odnosu na kontinentalni deo. Vrednosti 0,65 utvrđene u istraživačkom periodu su rezultat vremenskih uslova, pre svega količine i rasporeda padavina. Samo 3 godine od ukupno 11 su bile izrazito sušne, a ostalih 8 su bile bez deficita ili sa vrlo malim deficitom (Tab. 4). Vrednosti 0,65 u periodu vegetacije ukazuju da je kukuruz umereno osetljiv na deficit vode u zemljištu u klimatskim uslovima Vojvodine. Prosečne vrednosti prinosa kukuruza u Vojvodini u periodu istraživanja (2,94-6,44 t ha⁻¹) su daleko manje od prinosa koji je ostvaren u ogledima, na varijanti bez navodnjavanja (11,046 t ha⁻¹), što upućuje na zaključak da postoje velike rezerve u tehnologiji proizvodnje ove biljne vrste.

Obračunate vrednosti utrošene vode na evapotranspiraciju (ETP) u intervalu od 442-520 mm (Tab. 4) su u saglasnosti sa ranije utvrđenim vrednostima potreba ove biljne vrste za vodom u Vojvodini (Bošnjak, 1982, Pejić, 2000). Utvrđene vrednosti deficita vode u periodu vegetacije kukuruza u intervalu od 33-321 mm (Tab. 4) ukazuju na činjenicu da se ne može očekivati realizacija genetskog potencijala, inače vrlo rodnih hibrida kukuruza, jer količina padavina uslovljava fitoklimatski nivo prinosa i neosporno je da poljoprivredi Vojvodine nedostaje voda kao pokretač ostalih faktora proizvodnje (Vučić, 1976; Šeremešić i Milošev, 2006).

Prosečne vrednosti dnevnog utroška vode na evapotranspiraciju su najveće u periodu cvetanje – oplodnja (4,0 mm) što takodje ukazuje na osetljivost ovog podperioda vegetacije na stresne uslove usled nedostatka vode u zemljištu (Tab. 6). Istovremeno, za 20 dana trajanja ovog perioda u proseku se utroši 18% od ukupno utrošene vode u periodu vegetacije kukuruza. Najveći urošak vode na evapotranspiraciju je period vegetativnog porasta (49%) kada kukuruz intenzivno raste. Dnevni utrošak vode u tom periodu vegetacije (3,1 mm) je u korelaciji sa habitusom biljke i evapotranspiracionim zahtevima sredine. U periodu nalivanja zrna i sazrevanja, kukuruz utroši 33% od ukupne

vode u periodu vegetacije uz prosečan dnevni utrošak vode od 2,8 mm. Najmanji dnevni utrošak vode u ovom podperiodu je posledica odumiranja lisne površine koja počinje, u zavisnosti od dužine trajanja vegetacije pojedinih hibrida i vremenskih uslova godine, od polovine avgusta i traje do kraja vegetacionog perioda kukuruza.

Tabela 5. Relativni deficit evapotranspiracije, relativno opadanje prinosa, koeficijent opadanja prinosa (ky) u određenim podperiodima vegetacije kukuruza

Table 5. *Relative evapotranspiration deficit, relative yield decreasing and yield response factor (ky) of maize at specific growth stages*

Growing season period Vegetacioni period	$1 - ET_a/ET_m$	$1 - Y_a/Y_m$	ky
Vegetativni porast Vegetative growth	0,34	0,156	0,46
Cvetanje i oplodnja Flowering and fertilization	0,32	0,156	0,49
Nalivanje zrna - sazrevanje Grain filling and maturity	0,36	0,156	0,43
Prosečne vrednosti za period vegetacije Growing season average	0,24	0,156	0,65

Tabela 6. Utrošak vode na potencijalnu evapotranspiraciju kukuruza - ET_m , potrošnja vode u pojedinim fazama razvika kukuruza, dnevni utrošak vode na evapotranspiraciju

Table 6. *Water used of maize on maximum evapotranspiration - ET_m , water used by maize at specific growth stages and daily evapotranspiration*

Growing season	ET_m	%	$mm\ day^{-1}$
Vegetative growth Vegetativni porast	232	49	3,1
Cvetanje i oplodnja Flowering and fertilization	83	18	4,0
Nalivanje zrna - sazrevanje Grain filling -maturity	156	33	2,8
Ukupno/Prosek Total/Average	471	100	3,3

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja uticaja deficita lakopristupačne vode u zemljištu u pojedinim podperiodima vegetacije kukuruza može se zaključiti da je kukuruz u klimatskim uslovima Vojvodine najosetljiviji u period cvetanje oplodnja (ky 0,49), a manje na početku i kraju vegetacije, u periodu vegetativnog porasta (ky 0,46) i periodu nalivanja zrna i sazrevanja (ky 0,43). Vrednost koeficijenta opadanja prinosa za vegetacioni period (ky 0,65) ukazuje da je kukuruz umereno osetljiv na deficit vode u zemljištu u klimatskim uslovima Vojvodine. Utvrđene vrednosti osetljivosti kukuruza

na stres usled deficita lakopristupačne vode u zemljištu ukazuju na potrebu da posebnu pažnju u realizaciji zalivnog režima treba obratiti na period cvetanja i oplodnje kao najosetljiviji u periodu vegetacije kukuruza.

LITERATURA

1. Barnes, D.L., Woolley, D. G. (1969): Effect of moisture stress at different stages of growth. I. Comparison of single-eared and two-eared corn hybrids. *Agron. J.* 61, 788-790.
2. Bošnjak, Dj. (1982): Evaporacija sa slobodne vodene površine kao osnova zalivnog režima i njen odnos prema ETP kukuruza i soje. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
3. Bošnjak, Dj. (1987): Zahtevi za vodom i zalivni režim kukuruza. *Nauka u proizvodnji*, 15, 3-4, 29-36.
4. Bošnjak, Dj., Dobrenov, V. (1993): Efekat predzalivne vlažnosti na prinos i evapotranspiraciju kukuruza. »Korišćenje i održavanje melioracionih sistema«, 155-158, Beograd.
5. Bošnjak, Dj., Pejić, B. (1994): Realizacija racionalnog zalivnog režima kukuruza.. Zbornik radova IX Kongresa Jugoslovenskog društva za proučavanje zemljišta, 624-631, Novi Sad.
6. Bošnjak, Dj., Pejić, B. (1997): Odnos navodnjavanja i zemljišne suše prema prinosu kukuruza u Vojvodini. Zbornik radova IX Kongresa Jugoslovenskog društva za proučavanje zemljišta, 624-631, Novi Sad
7. Bošnjak, Dj., Pejić, B. (1998): Suša i racionalan režim navodnjavanja kukuruza. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 22, 1-2, 62-69, Novi Sad.
8. Bošnjak, Dj. (1999): Navodnjavanje poljoprivrednih useva. Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
9. Bošnjak, Dj., Pejić, B., Maksimović Livija (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.
10. Çakir, R. (2004): Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Res.* **89**, 1-6.
11. Classen, M. M., Shaw, R. H. (1970): Water deficit effects on corn. II grain components. *Agron. J.* 62, 652-655.
12. Craciun, L., Craciun, M. (1999): Water and nitrogen use efficiency under limited water supply for maize to increase land productivity. In: C. Kirda, P. Moutonnet, C. Hera & D.R. Nielsen, eds. *Crop yield response to deficit irrigation*, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
13. Denmead, O. T., Shaw, R. H. (1960): The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agron. J.* 52, 272-274.
14. Doorenbos, J., Kassam, A. K. (1979): Yield response to water. *Irrigation and Drainage Paper 33*. FAO, United Nations, Rome, p. 176.
15. Downey, L. A. (1971): Effect of gypsum and drought stress on maize (*Zea mays* L.). I. Growth, light absorption and yield. *Agron. J.* 63, 569-572.
16. Eck, H. V. (1984): Irrigated corn yield response to nitrogen and water. *Agronomy J.*, 76: 421-428.
17. Frey, N. M. (1982): Dry matter accumulation in kernels of maize. *Crop Sci.* 21: 118-122.
18. Gavloski, J. E., Whitfield, G. H., Ellis, C. R. (1992): Effect of restricted watering on sap flow and growth in corn (*Zea mays* L.). *Can. J. Plant Sci.* 72, 361-368.

19. Harder, H. J., Carlson, R. E., Shaw, R. H. (1982): Yield, yield components, and nutrient content of corn grain as influenced by post-silking moisture stress. *Agron. J.* 74, 275-278.
20. Howell, T. A., Schneider, A. D., Evett, S. D. (1997): Subsurface and surface microirrigation of corn. *Southern High Plains. Trans. ASAE.*, 40: 635-641.
21. Istanbulu, A., Kocaman, I., Konucu, F. (2002): Water use-production relationship of maize under Tekirdag conditions in Turkey, *Pakistan J. Biol. Sci.* 5, 287-291.
22. Kanber, R., Yazer, A., Eylem, M. (1990): Yield response of maize grown as second crop after wheat to water under Cukurova conditions. Directorate of Rural Services. Tarsus Research Institute. Publications. No 173/108, Tarsus-Turkey
23. Klocke, N. L., Schneekloth, J. P., Melvin, S., Clark, R. T., Payero, J. O. (2004): Field scale limited irrigation scenarios for water policy strategies. *Appl. Eng. Agric.* 20, 623-631.
24. Musick, J. T., Dusek, D. A. (1980): Irrigated corn yield response to water. *Trans. Am. Soc. Agric. Enf.*, 23: 92-98.
25. Otegui, M.E., Andrade, F.H., Suero, E.E. (1995): Growth, water use, and kernel abortion of maize subjected to drought at silking. *Field Crops Res.* 40 (2), 87-94.
26. Panda, R.K., Behera, S.K., Kashyap, P.S. (2004): Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions. *Agric. Water Manage.* 66, 181-203.
27. 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.
28. Robins, J. S., Domingo, C. E. (1953): Some effects of severe soil moisture deficit at specific growth stages in corn. *Agron. J.* 45, 618-621.
29. Šeremešić, S., Milošev, D. (2006): Dinamika formiranja prinosa kukuruza i pšenice u zavisnosti od sistema biljne proizvodnje. *Arh. Poljopr. Nauke*, 67, 237, 73-39.
30. Shaw, R. H. (1974): A weighred moisture stress index for corn in Iowa. *Iowa State J. Res.* 49: 101-114
31. Statistički godišnjak Srbije, 2007
32. Stone, L. R. (2003): Crop water use requirements and water use efficiencies. In: Proceedings of the 15th annual Central Plains Irrigation Conference and Exposition, Colby, Kansas, February 4-5, 127-133.
33. Traore, S. B., Carlson, R. E., Pilcher, C. D., Rice, M. E. (2000): Bt and Non Bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. *Agron. J.* 92, 1027-1035..
34. Vaux, H. J., Pruitt, W. O. (1983): Crop-water production functions. In: D. Hillel, ed. *Advances in Irrigation*. Volume 2, p. 61-93. New York, USA, Academic Press
35. Vučić, N. (1976): Navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
36. Zinselmeier, C., Jeong, B., Boyer, J. S. (1999): Starch and the control of kernel number in maize at low water potentials. *Plant Physiol.* 121, 25-36.

RESPONSE OF MAIZE (*ZEA MAYS* L.) TO SOIL WATER DEFICIT AT SPECIFIC GROWTH STAGES

By

Pejić, B., Bošnjak, Dj, Mačkić Ksenija, Stričević Ružica, Simić, D., Drvar, Ana

SUMMARY

An investigation was carried out at Rimski Šančevi experiment field of Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad in the period 1997-2007, aiming to determine the sensitivity of maize to soil water deficit at specific growth stages.

The values of yield response factor (ky) were derived from the linear relationship between relative seasonal evapotranspiration deficit ($1-ETa/ETm$) and relative yield loss ($1-Ya/Ym$).

The obtained results indicate that in the climatic conditions of Vojvodina maize is the most sensitive to water stress in the stage of flowering and fertilization (ky 0.49), but less sensitive by the beginning and at the end of growing season in the stage of vegetative growth (ky 0.46) and grain filling and maturity (ky 0.43).

Values of yield response factor in the growing period (ky 0.65) indicate that maize is moderate sensitive to soil water stress in the climatic conditions of Vojvodina.

Key words: maize, soil water deficit, yield response factor (ky)

Primljeno: 29.06.2009.

Prihvaćeno: 09.07.2009.