

UTICAJ VREMENSKIH USLOVA, TIPA ZEMLJIŠTA I GUSTINE SETVE NA PRODUKTIVNOST KUKURUZA

Ljubiša R. Živanović¹, Jelena M. Golijan Pantović^{1*}, Dragan R. Stojković²,
Ljubiša D. Kolarić¹, Jela N. Ikanović¹ i Stefan M. Kolašinac¹

¹Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet,
Nemanjina 6, 11080 Beograd - Zemun, Srbija
²Agrosava DOO, Beograd, Srbija

Rezime: Visoki prinosi kukuruza mogu se ostvariti samo na plodnim, rastresitim i dobro propusnim zemljištima. Takođe, dosadašnja istraživanja ukazuju da noviji tipovi hibrida kukuruza povoljno reaguju na povećanje gustine useva. Cilj ovog rada bio je da se prouči uticaj meteoroloških uslova tokom vegetacionog perioda, tipa zemljišta i gustine setve na dužinu klipa, broj redova zrna na klipu, broj sterilnih biljaka, prinos zrna i sadržaj vode u zrnu hibrida kukuruza AS 6E02 (FAO 620). Ispitivanja su obavljena tokom 2017. i 2018. godine putem poljskih mikroogleda u agroekološkim uslovima Vranja metodom razdeljenih parcela (engl. *split-plot*) u četiri ponavljanja na zemljištima tipa gajnjača, smonica i aluvijum. Površina obračunske parcelice za prinos zrna iznosila je 8,4 m². Primenjena agrotehnika na ogledima bila je standardna, kao za redovnu proizvodnju kukuruza. Godine u kojima su obavljena istraživanja razlikovale su se u pogledu meteoroloških uslova, količine i rasporeda padavina. U proseku za tipove zemljišta i godine, najmanja dužina klipa (17,6 cm) izmerena je u najredoj setvi. Broj redova zrna nije značajno varirao u zavisnosti od gustine setve. U dvogodišnjem proseku, na prinos zrna jači uticaj je ispoljio tip zemljišta u odnosu na gustinu setve. U proseku za tipove zemljišta i godine, najmanji procenat sterilnih biljaka (1,90%) konstatovan je pri najgušćoj setvi (75.187 biljaka po ha). U 2018. godini izmeren je veći sadržaj vode u zrnu za 8,5 indeksnih poena u odnosu na 2017. godinu.

Ključne reči: kukuruz, zemljište, setva, produktivnost, prinos zrna.

Uvod

Kukuruz (*Zea mays* L.) je biljna vrsta koja je odigrala značajnu ulogu u opstanku i razvoju čovečanstva. Osnovni privredni značaj kukuruza proizilazi iz njegove raznovrsne upotrebe u ishrani ljudi, domaćih životinja i kao sirovina u industrijskoj preradi. U Srbiji, prema podacima Republičkog zavoda za statistiku

* Autor za kontakt: e-mail: golijan.j@agrif.bg.ac.rs

(2023), u 2022. godini kukuruz je požnjeven sa površine od 952.216 ha, sa ukupnom proizvodnjom od 4.283.293 t, odnosno sa prinosom od 4,5 t/ha. Takođe, u odnosu na desetogodišnji prosek (2011–2020), kukuruz je imao manju proizvodnju za 0,7%.

Variranje prinosa kukuruza u našoj zemlji uzrokovano je brojnim organizaciono- ekonomskim, ali i agrotehničkim razlozima. U Srbiji oko 60% površina pod kukuruzom nalazi se na zemljištima manje pogodnim za njegovu proizvodnju, pa je to jedan od glavnih razloga što se ostvaruju niži prinosi (Videnović et al., 2004). Visoki prinosi kukuruza mogu se ostvariti samo na plodnim, rastresitim i dobro propusnim zemljištima. Plodna zemljišta dobro su aerisana i imaju dovoljno lakopristupačnih hranljivih materija. Takve osobine poseduju černozem, smonica, gajnjača i aluvijalna zemljišta. Suprotno tome, teška i zbijena zemljišta, sa visokim nivoom podzemnih voda, kisele pH reakcije i niske mikrobiološke aktivnosti, kao što je pseudoglej, nepovoljna su za proizvodnju kukuruza. Na takvom zemljištu korenov sistem se formira plitko, što se nepovoljno odražava na ishranu i prinos zrna. S druge strane, takođe važan faktor u proizvodnji kukuruza je gustina setve, odnosno useva. Rezultati savremenih istraživanja u svetu i kod nas pokazuju da noviji tipovi hibrida kukuruza povoljno reaguju na povećanje gustine useva (Farnham, 2001).

Cilj ovog rada bio je da se prouči uticaj meteoroloških uslova tokom vegetacionog perioda, tipa zemljišta i gustine setve na važnije parametre produktivnosti i prinos zrna hibrida kukuruza AS 6E02 (FAO 620). Na osnovu dobijenih rezultata i njihove analize utvrdila bi se optimalna gustina setve ispitivanog hibrida kukuruza za agroekološke uslove Vranja, na zemljištu tipa gajnjača, smonica i aluvijum.

Materijal i metode

Ispitivanje uticaja vremenskih uslova, tipa zemljišta i gustine setve na produktivnost kukuruza obavljeno je tokom 2017. i 2018. u Vranju. Poljski mikroogledi su postavljeni na tri tipa zemljišta (gajnjača, smonica i aluvijum). Poljski ogledi izvedeni su metodom razdeljenih parcela (engl. *split-plot*), u četiri ponavljanja. Površina obračunske parcelice za prinos zrna iznosila je 8,4 m². Istraživanje je obuhvatilo tri faktora:

Eksperiment je postavljen prema potpuno randomizovanom trofaktorijalnom dizajnu razdeljenih parcela u četiri ponavljanja sa sledećim faktorima:

1. Godina (A): a_1 – 2017, a_2 – 2018;
2. Tip zemljišta (B): b_1 – gajnjača, b_2 – smonica, b_3 – aluvijum;
3. Gustina setve (C): c_1 – 64.935 biljaka po ha (70 x 22 cm), c_2 – 68.027 biljaka po ha (70 x 21 cm), c_3 – 75.187 biljaka po ha (70 x 19 cm).

Faktorske kombinacije $a_i b_j$ su primenjene na glavnim parcelama i unutar njih (na potparcelama), nivoi faktora c_k su nasumično raspoređeni. Statistička analiza je izvršena korišćenjem softvera SPSS 26.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL).

Primenjena agrotehnika na ogledima bila je standardna, kao za redovnu proizvodnju kukuruza. Predusev kukuruza je bila ozima pšenica. Posle žetve pšenice obavljeno je zaoravanje strništa na dubinu 10–15 cm. Osnovno đubrenje je obavljeno mineralnim đubrivom formulacije NPK 15:15:15 u količini od 300 kg/ha, startno đubrivom UREA (46% N) u količini od 200 kg/ha i korektivno KAN-om u količini od 130 kg/ha. Osnovna obrada zemljišta izvedena je tokom jeseni, na dubinu oko 30 cm. Tokom proleća izvršena je dopunska obrada zemljišta i predsetvena priprema zemljišta. Setva je obavljena mašinski, prema planu setve, na dubini od 5–6 cm, na međurednom rastojanju od 70 cm i na odstojanju od 22, 21 i 19 cm, zavisno od planirane gustine setve. U sklopu mera nega korišćeni su odgovarajući herbicidi za suzbijanje korova i međuredna kultivacija. Žetva (berba) je obavljena ručno u fiziološkoj zrelosti semena, krajem septembra, a pre izračunavanja prinosa po hektaru utvrđen je sadržaj vode u zrnu hibrida kukuruza, statičnim vlagomerom. Osim toga, na uzorku od 10 biljaka, odnosno na 14,28 m dužine, iz svih varijanti i iz svih ponavljanja analizirane su sledeće osobine: dužina klipa, broj redova zrna na klipu, broj sterilnih biljaka, prinos zrna i sadržaj vode u zrnu kukuruza.

Prinos zrna sa 14% vode izračunat je po sledećoj formuli: $QV = Pi (100-U)/100-US$, gde je:

QV – prinos suvog zrna kukuruza, sa 14% vode;

Pi – prinos sirovog zrna;

U – sadržaj vlage u zrnu na dan berbe;

US – dozvoljena vlažnost zrna (14%).

Produktivnost hibrida kukuruza AS 6E02 ispitivana je na gajnjači, smonici i aluvijumu. Na osnovu rezultata agrohemijskih analiza (tabela 1), može se zaključiti da je reakcija zemljišnog rastvora u gajnjače i smonice kisela, a u aluvijumu neutralna.

Tabela 1. Agrohemijske osobine ispitivanih tipova zemljišta (Vranje).

Table 1. Agrochemical characteristics of the examined soil types (Vranje).

Tip zemljišta Soil type	pH n/1 KCl	Humus (%)	N (%)	P ₂ O ₅ mg u/in 100 g zemljišta/soil	K ₂ O mg u/in 100 g zemljišta/soil
Gajnjača Eutric cambisol	4,35	2,80	0,14	8,0	9,0
Smonica Vertisol	4,82	2,91	0,15	9,2	10,2
Aluvijum Alluvium	6,83	2,25	0,11	11,2	12,3

Humusom su sva tri tipa zemljišta slabo obezbeđena, a ukupnim azotom su dobro obezbeđena. Lakopristupačnim fosforom u gajnjače i smonice je prisutna niska, a u aluvijumu srednja obezbeđenost. Kalijumom su smonica i aluvijum srednje obezbeđeni, a gajnjača ima nizak nivo obezbeđenosti ovim makroelementom.

Vremenski uslovi. Srednje mesečne temperature vazduha u godinama ispitivanja, kao i višegodišnji proseki (2007–2016. godine) u vegetacionom periodu kukuruza, prikazane su u tabeli 2. U obe godine istraživanja, na oba lokaliteta, srednja mesečna temperatura vazduha raste od aprila do avgusta, a zatim se smanjuje. Prosečna temperatura vazduha za vegetacioni period kukuruza bila je viša u drugoj godini ispitivanja (2018) i iznosila je 19,1°C što je u poređenju sa 2017. godinom i višegodišnjim prosekom veća vrednost za 0,4 i 1,6°C.

Tabela 2. Srednje mesečne temperature vazduha (°C) za vegetacioni period kukuruza (IV–IX) u 2017. i 2018. godini (Vranje).

Table 2. Average monthly air temperatures (°C) for the maize vegetation period (IV–IX) in 2017 and 2018 (Vranje).

Godina Year	Mesec/Month						Prosek Average
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2017	11,5	16,2	20,7	23,3	23,4	17,2	18,7
2018	15,7	17,9	19,9	21,3	22,4	17,7	19,1
Višegod. prosek/ Long-term average (2007–2016)	10,1	15,4	18,3	20,9	20,6	17,0	17,5

Podaci o količinama padavina po mesecima vegetacionog perioda kukuruza u godinama ispitivanja, kao i višegodišnji proseki (2007–2016. godine) prikazani su u tabeli 3. Godine u kojima su obavljena ova ispitivanja su se međusobno znatno razlikovale, kako u pogledu ukupnih količina padavina u toku vegetacionog perioda kukuruza, tako i u pogledu njihovog rasporeda po mesecima.

Veća količina padavina registrovana je u 2018. godini i iznosila je 318,2 mm. Suprotno tome, u 2017. godini količina padavina za vegetacioni period kukuruza iznosila je 283,3 mm, što je u poređenju sa višegodišnjim periodom manja suma za 13,4 mm. Na osnovu iznetih podataka uočava se da su znatno povoljniji uslovi vlažnosti za gajenje kukuruza bili u 2018. godini. Nasuprot tome, u 2017. godini nedostatak padavina praćen čestom pojavom visokih maksimalnih temperatura vazduha, naročito tokom meseca jula i avgusta, bili su limitirajući faktori za realizaciju proizvodnog potencijala rodosti ispitivanog hibrida kukuruza.

Tabela 3. Količine padavina (mm) za vegetacioni period kukuruza (IV–IX) u 2017. i 2018. godini (Vranje).

Table 3. Amounts of precipitation (mm) for the maize vegetation period (IV–IX) in 2017 and 2018 (Vranje).

Godina Year	Mesec/Month						Suma/ Sum
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2017	53,2	98,4	54,4	11,5	12,0	53,8	283,3
2018	38,3	80,5	46,2	49,7	55,3	48,2	318,2
Višegod. prosek/ Long-term average (2007–2016)	52,0	58,2	51,7	47,8	35,2	51,8	296,7

Rezultati i diskusija

Dužina klipa. Rezultati naših istraživanja pokazuju da je, u proseku za ispitivane faktore, dužina klipa iznosila 17,9 cm (tabela 4). U 2017. godini izmerena je veća dužina klipa za samo 0,1 cm u odnosu na 2018. godinu. U proseku za godine i varijante gustine setve, na zemljištu tipa aluvijum utvrđena je veća dužina klipa za 0,3 cm i 0,8 cm u poređenju sa smonicom i gajnjačom. U proseku za tipove zemljišta i godine, najmanja dužina klipa (17,6 cm) izmerena je u najređoj setvi (c_1).

Na tretmanu c_3 i c_2 utvrđena je veća dužina klipa za 0,1 cm i 0,9 cm. U radu Savković (2016) dužina klipa kukuruza bila je u rasponu od 19,98 cm na kontrolnom tretmanu navodnjavanja (a_1) do 20,17 cm na tretmanu navodnjavanja s najvećom normom (a_3), pri čemu je hibrid vrlo značajno uticao na dužinu klipa kukuruza. U ispitivanju prinosa i komponenti prinosa komercijalnih ZP hibrida kukuruza različitih grupa zrenja, Čamdžija et al. (2012) došli su do zaključka da korelacioni koeficijenti ukazuju na značajnu međuzavisnost između prinosa i dužine klipa. Takođe, autori navode da je visoka i pozitivna korelacija između dužine klipa i broja zrna u redu očekivana. Dužina klipa je varirala od 18,17 cm kod hibrida ZP 427 do 21,11 cm za hibrid ZP 560. Slična istraživanja sprovedli su Spasić et al. (2018), ukazavši da je vodni režim tokom vegetacionog perioda značajno uticao na dužinu klipa. Naime, u 2016. godini, sa najboljim rasporedom padavina, biljke kukuruza su obrazovale klipove prosečne dužine 26,9 cm. Smanjenje prosečne dužine klipa u 2015. i 2017. godini bilo je vrlo značajno prema drugoj godini. Među proučavanim genotipovima bilo je značajnih variranja u dužini klipa, kako po godinama, tako i u trogodišnjem proseku.

Tabela 4. Uticaj godine, tipa zemljišta i gustine setve na dužinu klipa (cm).
Table 4. Influence of year, soil type and sowing density on cob length (cm).

Godina Year (a)	Tip zemljišta Soil type (b)	Gustina setve/Sowing density (c)			Prosek ab Average	Indeks Index (%)		
		c ₁	c ₂	c ₃				
2017	Gajnjača Euric cambisol	18,4±0,6615	20,0±1,2754	16,5±0,4082	18,3	100,0		
	Smonica Vertisol	18,0±0,6782	18,5±0,4397	17,0±0,9557	17,8	98,9		
	Aluvijum Alluvium	17,0±0,2708	18,0±0,3162	18,4±0,3559	17,8	98,9		
	Prosek/ Average ac	17,8	19,0	17,3	18,0	-		
	Indeks/ Index (%)	100,0	106,7	97,2	-	100,0		
2018	Gajnjača Euric cambisol	16,0±0,1826	17,0±0,4690	17,0±0,2944	16,7	100,0		
	Smonica Vertisol	18,0±0,1826	18,4±0,3464	18,0±0,2449	18,1	108,4		
	Aluvijum Alluvium	18,4±0,6164	19,0±0,7071	19,0±0,1826	18,8	116,6		
	Prosek Average ac	17,5	18,1	18,0	17,9	-		
	Indeks/ Index (%)	100,0	103,4	102,9	-	99,4		
Prosek Average bc	Gajnjača Euric cambisol	17,2	18,5	16,8	17,5	100,0		
	Smonica Vertisol	18,0	18,5	17,5	18,0	102,9		
	Aluvijum Alluvium	17,7	18,5	18,7	18,3	104,4		
	Prosek/Average c	17,6	18,5	17,7	17,9	-		
	Indeks/Index (%)	100,0	105,1	100,6	-	-		
Test	Nivo/Level	a	b	c	ab	ac	bc	abc
F	test	0,4745 ^{nz}	8,6884**	24,6975**	23,8351**	13,7767**	10,8578**	10,6835**
LSD	0,05	0,3389	0,4150	0,2805	0,5870	0,3967	0,4858	0,6871
	0,01	0,4643	0,5686	0,3761	0,8042	0,5319	0,6514	0,9213

Broj redova zrna na klipu. Rezultati naših istraživanja pokazuju da je, u proseku za ispitivane faktore, broj redova zrna na klipu iznosio 17,8 (tabela 5). U 2018. godini izbrojan je veći broj redova zrna na klipu za 0,3 u odnosu na 2017. godinu. U proseku za godine i gustine setve, na zemljištu tipa aluvijum utvrđen je veći broj redova zrna na klipu za 0,2 i 0,3 u poređenju sa smonicom i gajnjačom.

Tabela 5. Uticaj godine, tipa zemljišta i gustine setve na broj redova zrna na klipju.
 Table 5. Influence of year, soil type and sowing density on the number of grain rows on the cob.

Godina Year (a)	Tip zemljišta Soil type (b)	Gustina setve/Sowing density (c)			Prosek Average ab	Indeks Index (%)		
		c ₁	c ₂	c ₃				
2017	Gajnjača Eutric cambisol	18,0±0,8165	18,0±0,8165	16,0±0,8165	17,3	100,0		
	Smonica Vertisol	18,0±1,4142	18,0±0,8165	17,0±0,8165	17,7	102,3		
	Aluvijum Alluvium	18,0±0,8165	18,0±0,8165	18,0±0,8165	18,0	104,0		
	Prosek Average ac	18,0	18,0	17,0	17,7	-		
	Indeks Index (%)	100,0	100,0	94,4	-	100,0		
	<hr/>							
2018	Gajnjača Eutric cambisol	18,0±0,8165	18,0±0,8165	18,0±0,8165	18,0	100,0		
	Smonica Vertisol	18,0±0,0000	18,0±0,8165	18,0±0,8165	18,0	100,0		
	Aluvijum Alluvium	18,0±0,8165	18,0±0,8165	18,0±0,8165	18,0	100,0		
	Prosek Average ac	18,0	18,0	18,0	18,0	-		
	Indeks Index (%)	100,0	100,0	100,0	-	101,7		
	<hr/>							
Prosek Average bc	Gajnjača Eutric cambisol	18,0	18,0	17,0	17,7	100,0		
	Smonica Vertisol	18,0	18,0	17,5	17,8	100,6		
	Aluvijum Alluvium	18,0	18,0	18,0	18,0	101,7		
	Prosek/Average c	18,0	18,0	17,5	17,8	-		
Indeks/Index (%)		100,0	100,0	97,2	-	-		
<hr/>								
Test	Nivo/Level	A	b	c	ab	ac	bc	Abc
F	Test	2,5714 ^{nz}	0,8571 ^{nz}	3,0000 ^{nz}	0,8571 ^{nz}	3,0000 ^{nz}	1,0000 ^{nz}	1,0000 ^{nz}
LSD	0,05	0,4367	0,5349	0,4780	0,7564	0,6760	0,8280	1,1709
	0,01	0,5983	0,7328	0,6410	1,0364	0,9065	1,1102	1,5701

U proseku za tipove zemljišta i godine, najmanji broj redova zrna na klipju (17,7) registrovan je u usevu najveće gustine setve (c₃). U varijantama c₁ i c₂ konstatovan je isti broj redova zrna na klipju (18,0). Interakcija ab, ac, bc i abc statistički nije značajna. Prema navodima autora Čamdžija et al. (2012), korelacioni koeficijenti ukazuju na visoku i veoma visoku zavisnost između prinosa i broja redova zrna, prinosa i dužine klipa, dužine klipa i broja zrna u redu. Značajna i pozitivna korelacija između prinosa i broja redova zrna ukazuje da

selekcija na veći broj zrna ima pozitivan uticaj na povećanje prinosa. S obzirom na to da su svi hibridi sejani na gustinu 67.000 biljaka po ha, ovakva gustina više pogoduje hibridima grupe zrenja FAO 300-500 nego kasnijim i silažnim hibridima.

Tabela 6. Uticaj godine, tipa zemljišta i gustine setve na broj sterilnih biljaka (%).
Table 6. Influence of year, soil type and sowing density on the number of sterile plants (%).

Godina Year (a)	Tip zemljišta Soil type (b)	Gustina setve/Sowing density (c)			Prosek Average ab	Indeksni poeni/Index points		
		c ₁	c ₂	c ₃				
2017	Gajnjača Eutric cambisol	15,00±2,1602	10,00±2,1602	6,00±0,8165	10,30	100,0		
	Smonica Vertisol	2,00±0,8165	4,00±0,8165	1,50±0,5774	2,50	24,3		
	Aluvijum Alluvium	4,00±0,8165	3,00±0,0000	3,70±0,4761	3,60	35,2		
	Prosek/ Average ac	7,00	5,70	3,70	5,50	-		
	Indeksni poeni/ Index points	100,0	81,4	52,9	-	100,0		
2018	Gajnjača Eutric cambisol	1,00±0,8165	0,50±0,4082	0,10±0,0816	0,50	100,0		
	Smonica Vertisol	0,00±0,0000	0,00±0,0000	0,00±0,0000	0,00	-		
	Aluvijum Alluvium	0,00±0,0000	0,00±0,0000	0,00±0,0000	0,00	-		
	Prosek/ Average ac	0,30	0,20	0,03	0,20	-		
	Indeksni poeni/ Index points	100,0	66,7	10,0	-	3,6		
Prosek bc	Gajnjača Eutric cambisol	8,00	5,30	3,10	5,50	100,0		
	Smonica Vertisol	1,00	2,00	0,80	1,30	23,6		
	Aluvijum Alluvium	2,00	1,50	1,90	1,80	32,7		
Prosek/Average c		3,70	2,90	1,90	2,90	-		
Indeksni poeni/ Index points		100,0	78,4	51,4	-	-		
Test	Nivo/Level	a	b	C	ab	ac	bc	abc
F	Test	353,5646**	87,3753**	47,5551**	65,5038**	33,1222**	42,0027**	29,1185**
LSD	0,05	0,5909	0,7237	0,3724	1,0235	0,5267	0,6450	0,9122
	0,01	0,8096	0,9916	0,4994	1,4023	0,7062	0,8649	1,2232

Ranijim hibridima (FAO 300-500) je omogućeno da iskažu pun potencijal ispitivanih svojstava poput broja redova zrna, broja zrna u redu i dužine klipa zbog

manje kompetitivnosti biljaka u usevu, jer se radi o hibridima nižeg habitusa (Mukhtar et al., 2012).

Broj sterilnih biljaka. Rezultati naših istraživanja pokazuju da je, u proseku za ispitivane faktore, procenat sterilnih biljaka iznosio 2,90% (tabela 6). U 2017. godini utvrđen je veći broj sterilnih biljaka za 5,30% u odnosu na 2018. godinu.

U proseku za godine i varijante gustine setve, na zemljištu tipa gajnjača zabeležen je veći procenat sterilnih biljaka za 3,70% i 4,20% u poređenju sa aluvijumom i smonicom. U proseku za tipove zemljišta i godine, najmanji procenat sterilnih biljaka (1,90%) konstatovan je pri najgušćoj setvi (75.187 biljaka po ha), veći (2,90%) u srednjoj gustini (68.027 biljaka po ha) i najveći (3,70%) u najređoj setvi (64.935 biljaka po ha). Interakcije ab, ac, bc i abc statistički su vrlo signifikantne. Andrade et al. (1996) su utvrdili povećanje broja zrna po jedinici površine sterilnih u odnosu na fertile hibride u optimalnoj setvenoj gustini. Stamp et al. (2000) su kod dva hibrida i jedne populacije ispitivali uticaj CMS, a ispitivani su genotipovi sa fertilem i sterilnom citoplazmom u T tipu. Sterilna populacija imala je 23,2% viši prinos zrna u odnosu na fertile verziju. Kod oba hibrida došlo je do povećanja prinosa zrna u odnosu na fertile verziju, koje je kod boljeg, u većoj setvenoj gustini, iznosilo i do 19%, a povećanje je došlo preko povećanja mase hiljadu zrna i broja zrna po klipju. Weingartner et al. (2002) su ukazali da sterilnost utiče na povećanje prinosa kod hibrida kukuruza, ali ne značajno.

Prinos zrna. Rezultati naših istraživanja pokazuju da je, u proseku za ispitivane faktore, prinos zrna iznosio 5.195 kg/ha (tabela 7). U 2018. godini dobijen je veći prinos zrna za 1.189 kg/ha ili 25,8% u odnosu na 2017. godinu. U proseku za godine i gustine setve, na zemljištu tipa smonica i aluvijum postignut je veći prinos zrna za 1.200 kg/ha i 3.083 kg/ha u poređenju sa gajnjačom. U proseku za tipove zemljišta i godine, najmanji prinos zrna (4.533 kg/ha) konstatovan je u najređoj setvi (64.935 biljaka po ha). Sa povećanjem gustine setve do 68.027 biljaka po ha, prinos zrna se povećavao (za 1.000 kg/ha ili 22,0%), a zatim neznatno smanjivao. Interakcije ab, ac, bc i abc statistički su vrlo signifikantne. Prinos zrna kukuruza zavisi od hibrida, agroekoloških uslova i nivoa primenjene tehnologije gajenja. Da visina prinosa zrna kukuruza u velikoj meri zavisi od vremenskih uslova tokom vegetacionog perioda, a naročito količine i rasporeda padavina, potvrđuju rezultati mnogih istraživača. Kako navodi Jevtić (1986), uticaj hibrida iznosi 46–51%, agroekoloških uslova 9–23%, a agrotehnike 31–40%. U radu Živanović et al. (2019), u trogodišnjem proseku, na prinos zrna kukuruza najjači uticaj je ispoljio tip zemljišta, zatim đubrenje azotom i najslabiji hibrid. Na zemljištu tipa černozem, prosečan prinos zrna bio je veći za 1,97 t/ha odnosno za 22,5% u poređenju sa gajnjačom. Pojačana ishrana azotom uslovlila je povećanje prinosa zrna za 0,92 do 1,25 t/ha ili za 9,9 do 13,5%. Efekat đubrenja azotom na prinos zrna bio je izraženiji na gajnjači nego na černozemu. Najmanji prosečan prinos zrna kukuruza (9,49 t/ha) ustanovljen je kod hibrida ZP 434, veći (9,75 t/ha)

u hibrida ZP 578 i najveći (10,03 t/ha) u hibrida ZP 677. Spasić et al. (2018) došli su do rezultata da je prinos zrna u trogodišnjem proseku za ceo ogled iznosio 7.470 kg/ha, uz statistički vrlo značajna variranja po godinama. Nepovoljni vremenski uslovi u prvoj (2015. godini) i trećoj godini (2017. godini) značajno su umanjili prinos zrna, posebno dugi sušni periodi praćeni visokim temperaturama vazduha u 2017. godini.

Tabela 7. Uticaj godine, tipa zemljišta i gustine setve na prinos zrna (kg/ha).
Table 7. Influence of year, soil type and sowing density on grain yield (kg/ha).

Godina Year (a)	Tip zemljišta Soil type (b)	Gustina setve/Sowing density (c)			Prosek Average ab	Indeks Index (%)		
		c ₁	c ₂	c ₃				
2017	Gajnjača Eutric cambisol	3,200±0,3367	4,000±0,0816	3,000±0,1826	3,400	100,0		
	Smonica Vertisol	3,800±0,2160	5,000±0,0816	4,500±0,0816	4,433	130,4		
	Aluvijum Alluvium	5,400±0,1826	6,000±0,1291	6,500±0,0816	5,967	175,5		
	Prosek Average ac	4,133	5,000	4,667	4,600	-		
	Indeks/ Index (%)	100,0	121,0	112,9	-	100,0		
2018	Gajnjača Eutric cambisol	3,900±0,0816	4,500±0,0816	4,000±0,1826	4,133	100,0		
	Smonica Vertisol	4,400±0,1826	5,600±0,2160	6,500±0,2160	5,500	133,1		
	Aluvijum Alluvium	6,600±0,1633	8,100±0,0816	8,500±0,2160	7,733	187,1		
	Prosek Average ac	4,967	6,067	6,333	5,789	-		
	Indeks/ Index (%)	100,0	122,1	127,5	-	125,8		
Prosek Average bc	Gajnjača Eutric cambisol	3,550	4,250	3,500	3,767	100,0		
	Smonica Vertisol	4,100	5,300	5,500	4,967	131,9		
	Aluvijum Alluvium	6,000	7,050	7,500	6,850	181,8		
	Prosek/Average c	4,533	5,533	5,500	5,195	-		
	Indeks/Index (%)	100,0	122,0	121,3	-	-		
Test	Nivo Level	a	b	c	ab	Ac	bc	abc
F	Test	599,5903**	1387,0441**	334,2049**	38,3392**	49,6475**	71,3607**	16,9672**
LSD	0,05	0,6287	0,7699	0,3625	1,0889	0,5126	0,6278	0,8879
	0,01	0,8613	1,0549	0,4861	1,4918	0,6874	0,8419	1,1906

Sadržaj vode u zrnu. Rezultati naših istraživanja pokazuju da je, u proseku za ispitivane faktore, sadržaj vode u zrnu iznosio 13,6% (tabela 8). U 2018. godini izmeren je veći sadržaj vode u zrnu za 8,5 indeksnih poena u odnosu na 2017. godinu. U proseku za godine i gustine setve, na zemljištu tipa smonica i aluvijum utvrđen je veći sadržaj vode u zrnu za 20,3 i 25,4 indeksna poena u odnosu na gajnjaču.

Tabela 8. Uticaj godine, tipa zemljišta i gustine setve na sadržaj vode u zrnu (%).
Table 8. Influence of year, soil type and sowing density on grain water content (%).

Godina Year (a)	Tip zemljišta Soil type (b)	Gustina setve/Sowing density (c)			Prosek Average ab	Indeksni poeni/Index points		
		c ₁	c ₂	c ₃				
2017	Gajnjača Eutric cambisol	11,0±0,4082	12,8±4,3008	11,4±0,4082	11,7	100,0		
	Smonica Vertisol	12,5±0,1826	13,0±0,1826	14,1±0,1826	13,2	112,8		
	Aluvijum Alluvium	14,4±0,1826	13,9±0,2160	14,0±0,1826	14,1	120,5		
	Prosek Average ac	12,6	13,2	13,2	13,0	-		
	Indeksni poeni/ Index points	100,0	104,8	104,8	-	100,0		
2018	Gajnjača Eutric cambisol	12,1±0,2160	12,0±0,2944	11,4±0,2309	11,8	100,0		
	Smonica Vertisol	15,0±0,1826	15,4±0,2944	15,2±0,4082	15,2	128,8		
	Aluvijum Alluvium	15,0±0,2449	14,7±0,3559	16,5±0,4163	15,4	130,5		
	Prosek Average ac	14,0	14,0	14,4	14,1	-		
	Indeksni poeni/ Index points	100,0	100,0	102,9	-	108,5		
Prosek Average bc	Gajnjača Eutric cambisol	11,6	12,4	11,4	11,8	100,0		
	Smonica Vertisol	13,8	14,2	14,7	14,2	120,3		
	Aluvijum Alluvium	14,7	14,3	15,3	14,8	125,4		
	Prosek/Average c	13,4	13,6	13,8	13,6	-		
Indeksni poeni/Index points		100,0	101,5	103,0	-	-		
Test	Nivo/Level	a	b	c	ab	ac	bc	Abc
F	Test	23,1593**	51,5257**	2,0952 ^{nz}	1,2642 ^{nz}	0,2449 ^{nz}	0,9794 ^{nz}	2,4708 ^{nz}
LSD	0,05	0,6088	0,7456	0,5556	1,0544	0,7858	0,9624	1,3610
	0,01	0,8341	1,0215	0,7451	1,4446	1,0537	1,2905	1,8250

U proseku za tipove zemljišta i godine, najmanji sadržaj vode u zrnu (13,4%) zabeležen je u najređoj setvi (c_1), veći (13,6%) u varijanti c_2 i najveći (13,8%) u varijanti c_3 , odnosno najgušćoj setvi (75.187 biljaka po ha). Interakcije ab, ac, bc i abc nisu statistički značajne. Sadržaj vode u zrnu je pokazatelj od izuzetne važnosti sa aspekta ekonomičnosti proizvodnje kukuruza, naročito u pogledu troškova sušenja i skladištenja kukuruza u zrnu. Takođe, različiti vodni režimi (različite varijante navodnjavanja) utiču na promenu hemijskog sastava zrna kukuruza, kao i na promenu hranljive vrednosti zrna.

U zrnu kukuruza veća suma vode tokom vegetacionog perioda utiče na povećanje sadržaja proteina i ulja, a na smanjenje procenta skroba, celuloze i mineralnih soli (Jaramaz, 2015). U istraživanju koje je sproveo Živanović (2012) u periodu od 2005. do 2007. godine, sadržaj vode u zrnu kukuruza u trogodišnjem proseku iznosio je 25,3%, pri čemu je od ispitivanih faktora (tip zemljišta – černoze i gajnjača, količina azota i hibrid), statistički vrlo značajno uticao samo hibrid. Prema navodu Jaramaz (2015), variranja u sadržaju vode u zrnu po godinama istraživanja (2011–2013) ukazuju da je ova kvalitativna osobina zrna zavisila od količine i rasporeda padavina, ali i od toplotnih uslova. Kukuruz je u najvlažnijoj 2011. godini imao najveći sadržaj vode u zrnu – 30,43%. U trogodišnjem proseku najmanji sadržaj vode bio je u varijanti najmanje gustine setve – 25,62%, a povećanjem gustine rastao je i sadržaj vode do 26,03% u najvećoj gustini.

Zaključak

Godine u kojima su obavljena istraživanja uticaja tipa zemljišta i hibrida na produktivnost kukuruza, bitno su se razlikovale u pogledu meteoroloških uslova, kako u količini i rasporedu padavina, tako i u toplotnim uslovima. Na zemljištu tipa aluvijum izmerena je najveća dužina klipa (18,3 cm), broj redova zrna na klipu (18,0), kao i najveći broj biljaka po ha u berbi (67.167). Na zemljištu tipa gajnjača utvrđen je najveći broj sterilnih biljaka (5,5%). Sa povećanjem gustine setve, dužina klipa se povećala do gustine c_2 , dok je najveći sadržaj vode u zrnu registrovan u najgušćoj setvi (c_3). Broj redova zrna nije značajno varirao u zavisnosti od gustine setve. Prinos zrna kukuruza varirao je u značajnoj meri u zavisnosti od vremenskih uslova godine. U poređenju sa 2017. godinom, koja je okarakterisana kao sušna, u 2018. postignut je veći prinos zrna za 25,8%. U dvogodišnjem proseku, na prinos zrna jači uticaj je ispoljio tip zemljišta u odnosu na gustinu setve. Naša istraživanja su pokazala da je efektivna plodnost, odnosno produktivnost zemljišta tipa smonica i aluvijum za gajenje kukuruza bila veća za 31,9% i 81,8% u poređenju sa gajnjačom. Ustanovljena je međuzavisnost između tipa zemljišta i gustine setve. Na gajnjači, najveći prinos zrna (4.250 kg/ha) dobijen je pri gustini od 68.027 biljaka po ha (70 x 22 cm). Na smonici i aluvijumu najveći prinos (5.500 kg/ha i 7.500 kg/ha) je postignut u kombinaciji najgušće setve (75.187 biljaka po ha, odnosno 70 x 19 cm).

Literatura

- Andrade, F.H., Cirilo, A.G., Uhart, S.A. & Otegui, M.E. (1996). *Ecofisiologia del cultivo de maíz*. Editorial la Barrosa and DekalbPress, Buenos Aires, Argentina.
- Čamdžija, Z., Filipović, M., Stevanović, M., Mladenović Drinić, S., Vančetočić, J., & Babić, M. (2012). Prinos i komponente prinosa komercijalnih ZP hibrida kukuruza različitih grupa zrenja. *Selekcija i semenarstvo*, 18 (1), 41-48.
- Farnham, D.E. (2001). Row spacing, plant density and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agronomy Journal*, 93, 1049-1053.
- Jaramaz, M. (2015). *Uticaj gustine useva na prinose i kvalitet zrna kukuruza u uslovima navodnjavanja i prirodnog vodnog režima*. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Jevtić, S. (1986). *Kukuruz*. Naučna knjiga, Beograd.
- Mukhtar, T., Arif, M., Hussain, S., Atif, M., Rehman, S., & Hussain, K. (2012). Yield and yield components of maize as influenced by plant spacing. *Journal of Agricultural Research*, 50 (1), 59-69.
- Republički zavod za statistiku R. Srbije (2023). <https://publikacije.stat.gov.rs/G2023/Pdf/G20232056.pdf> Access: 9.11.2023.
- Savković, N. (2016). *Variranje uroda zrna i parametara klipa kukuruza (Zea Mays L.) u različitim tretmanima navodnjavanja*. Sveučilište Jospia Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet.
- Spasić, M., Glamočlija, Đ., Đurić, N., Maksimović, J., & Mihajlović, B. (2018). Morfološke i proizvodne osobine različitih genotipova kukuruza. *Radovi sa XXXII savetovanja agronoma, veterinar, tehnologa i agroekonomista*, 24 (1-2), 41-48.
- Stamp, P., Chowchong, S., Menzi, M., Weingartner, U., & Käser, O. (2000). Increase in the yield of cytoplasmic male sterile maize revisited. *Crop Science*, 40, 1586-1587.
- Videnović, Ž., Jovanović, Ž., & Cvijanović, G. (2004). *Agrotehnika ZP hibrida kukuruza*. Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Beograd-Zemun.
- Weingartner, U., Prest, T.J., Camp, K.-H., & Stamp, P. (2002). The plus-hybrid system: a method to increase grain yield by combined cytoplasmic male sterility and xenia. *Maydica*, 47, 127-134.
- Živanović, Lj. (2012). *Uticaj tipa zemljišta i količine azota na produktivnost hibrida kukuruza različitih FAO grupa zrenja*. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Živanović, Lj., Golijan, J., Šarčević-Todosijević, Lj., Ikanović, J., Kolarić, Lj., & Popović, V. (2019). Prinos zrna kukuruza u zavisnosti od tipa zemljišta, količine azota i hibrida. *Druga naučna konferencija sa međunarodnim učešćem - "Selo i poljoprivreda."* (pp. 112-123) Bijeljina, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina.

Primljeno: 2. aprila 2024.
Odobreno: 2. septembra 2024.

THE EFFECT OF WEATHER CONDITIONS, SOIL TYPE AND SOWING DENSITY ON THE PRODUCTIVITY OF MAIZE

Ljubiša R. Živanović¹, Jelena M. Golijan Pantović^{1*}, Dragan R. Stojković²,
Ljubiša D. Kolarić¹, Jela N. Ikanović¹ and Stefan M. Kolašinac¹

¹University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun, Serbia

²Agrosava DOO, Belgrade, Serbia

A b s t r a c t

High maize yields can only be achieved on fertile, loose and well-permeable soils. Previous research indicates that novel maize hybrids respond favorably to higher crop density. The aim of this study was to investigate the influence of meteorological conditions, soil type and seeding density on cob length, number of grain rows on the cob, number of sterile plants, grain yield and grain water content of the maize hybrid AS 6E02 (FAO 620) during the growing season. The tests were carried out during 2017 and 2018 through field micro-experiments in the agroecological conditions of the Vranje municipality using the split-plot design with four replications on eutric cambisol, vertisol and alluvium soils. The area of the plot for grain yield was 8.4 m². The agronomic practices used in the experiment were standard, as for regular maize production. The years in which the surveys were conducted differed in terms of meteorological conditions, the amount and distribution of precipitation. The smallest average cob length (17.6 cm) for all investigated soils and years was obtained with the narrow-row sowing. The number of grain rows did not vary significantly depending on the sowing density. On a two-year average, the grain yield was significantly higher, influenced by the type of soil in relation to the sowing density. On average for soil types and years, the lowest percentage of sterile plants (1.90%) was found at the sowing density of 75.187 plants per ha. In comparison to 2017, the water content was higher by 8.5 index points in 2018.

Key words: maize, soil, sowing, productivity, seed yield.

Received: April 2, 2024

Accepted: September 2, 2024

*Corresponding author: e-mail: golijan.j@agrif.bg.ac.rs