

Utjecaj mehaničkog suzbijanja korova i ručnog okopavanja na zakorovljenost parcele i prinos kukuruza

Sažetak

Pokus s različitim varijantama suzbijanja korova u usjevu kukuruza proveden je u 2021. godini na lokaciji pored naselja Markovo Polje na praškasto ilovastom tlu. Primijenjene su tri varijante suzbijanja korova: 1. mehaničko suzbijanje korova između redova kukuruza motokultivatorom, a unutar redova ručno okopavanje motikom, 2. mehaničko suzbijanje korova samo između redova kukuruza motokultivatorom bez suzbijanja unutar redova, 3. bez ikakvog suzbijanja korova. Na pokusnom polju je pronađeno 14 različitih vrsta korova od kojih su prevladavali *Amaranthus retroflexus* (običan štir), *Ambrosia artemisiifolia* (ambrozija), *Chenopodium album* (bijela loboda) i *Sorghum halepense* (divlji sirak). Najmanja zakorovljenost pokusnih parcela očekivano je bila na parcelama gdje je primijenjena varijanta 1 suzbijanja korova, kod varijante 2 je prosječna masa korova po 1 m² bila 223%, a kod varijante 3 čak 334% veća u odnosu na varijantu 1. Prinosi kukuruza su bili obrnuto proporcionalni sa zakorovljenosti pokusnih parcela, najviši prinosi su ostvareni kod varijante 1 s prosjekom od 6015 kg ha⁻¹, kod varijante 2 prosječni prinos je bio 2907 kg ha⁻¹, a kod varijante 3 1242 kg ha⁻¹. Kombinacija mehaničkog suzbijanja korova i ručnog okopavanja može biti alternativa korištenju herbicida na manjim obiteljskim gospodarstvima i u ekološkom uzgoju kukuruza.

Ključne riječi: kukuruz, korovi, mehaničko uklanjanje korova, ručno okopavanje, prinos

Uvod

Kukuruz (*Zea mays* L.) je, uz pšenicu i rižu, najvažnija žitarica u svijetu, a zbog visokih potencijalnih prinosa, prehrambene vrijednosti i širokog raspona mogućih proizvoda smatra se žitaricom budućnosti (Abdullahi i sur., 2016; Soji, 2020). Potencijal prinosa kukuruza je vrlo visok, značajno veći od riže i pšenice; te su prinosi između 8 i 9 t ha⁻¹ uobičajeni u mnogim zemljama (Shariot-Ullah i sur., 2013). Globalni prosječni prinos kukuruza je na prijelazu iz 20. u 21. stoljeće iznosio 4.3 t ha⁻¹ (Jones i Thornton, 2003), ali od tada je vidljiv rastući trend, te je prosječni prinos po hektaru kukuruza u 2010. godini iznosio 5.11 t ha⁻¹, a u 2016. godini 5.65 t ha⁻¹ u svijetu (Sore i sur., 2018). Koliki će biti prinos kukuruza ovisi o potencijalu korištenog hibrida, karakteristikama tla, agrotehničkim mjerama i agroklimatskim čimbenicima (Tandzi i Mutengwa, 2020). U američkom kukuruznom pojasu, području na kojem je koncentrirana najveća proizvodnja kukuruza na svijetu, gdje su tlo i klima vrlo pogodni za proizvodnju kukuruza, prosječni prinosi u povoljnim godinama prelaze 11 t ha⁻¹, a zabilježeni su i prinosi od 20 t ha⁻¹. Uz povoljne klimatske i zemljišne uvjete, ovako visoke prinose kukuruza je moguće postići samo korištenjem odabranih hibrida visoke rodosti i primjenom suvremenih tehnologija proizvodnje (Nafziger, 2010). Nasuprot tome, prosječni prinosi kukuruza u Africi su još uvijek nevjerovatno niski i kreću se između 1.3 i 1.5 t ha⁻¹ (Olatunji i sur., 2016). Tako velike razlike u prinosima kukuruza rezultat su složenog međudjelovanja klimatskih prilika, plodnosti tla, socioekonomskih čimbenika, te razlika u načinu upravljanja i intenzitetu proizvodnje (Dutta i sur., 2020).

U Hrvatskoj je kukuruz najrasprostranjenija ratarska kultura koja ima široku primjenu, kako

¹ prof. dr. sc. Dubravko Filipović, Josip Lakić, mag. ing. agr., dr. sc. Mateja Grubor¹, izv. prof. dr. sc. Igor Kovačev, doc. dr. sc. Krešimir Čopec, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
Autor za korespondenciju: mgrubor@agr.hr

u ishrani ljudi i stoke, tako i u prerađivačkoj industriji (Kovačević i Rastija, 2014). Kukuruz se u Hrvatskoj uzgaja prosječno na više od 300000 ha godišnje uz velika variranja ostvarenog prosječnog prinosa po godinama u rasponu od 4.2 do 8.0 t ha⁻¹. Vremenske prilike, prvenstveno količina i raspored oborina, te prosječne temperature zraka, glavni su razlozi ovakvih razlika prosječnih prinosa kukuruza (Kovačević i sur., 2012).

Ako izuzmemo klimatske i zemljišne uvjete, gubici prinosa kukuruza najčešće su uzrokovani korovima. Korovi oduzimaju biljkama kukuruza resurse kao što su svjetlost, hranjive tvari, prostor i vlagu koji utječu na morfologiju i fenologiju usjeva te da bi se ostvario maksimalni potencijal prinosa kukuruza neophodno je suzbijanje korova (Jhala i sur., 2014). Svjetski gubici prinosa kukuruza zbog korova se procjenjuju na oko 32%, stoga suzbijanje korova ima vrlo važnu ulogu u proizvodnji kukuruza (Oerke i Dehne, 2004). Korovi u kukuruzu su ozbiljan problem zbog potrebnog širokog razmaka između redova čime se ostavlja dosta prostora za rast korova, a zbog sporog ranog rasta kukuruza korovi koji niču u vrijeme klijanja usjeva ili unutar nekoliko dana od nicanja usjeva mogu nadjačati kukuruz i uzrokovati veliki gubitak prinosa (Jhala i sur., 2014). Ovisno o vrsti i gustoći, korovi smanjuju prinos kukuruza za 33-50%, a ako se korovi ne suzbijaju tijekom kritičnog razdoblja natjecanja korova i usjeva, gubici prinosa mogu biti i do 100% (Kumawat i sur., 2019).

U većini zemalja herbicidi su još uvijek prvi izbor poljoprivrednika za suzbijanje korova. Kao rezultat toga, herbicidi čine oko 60% svih kemijskih proizvoda za zaštitu bilja koji se koriste u svijetu (Naruhn i sur., 2021). Primjena herbicida je najlakši i najekonomičniji način suzbijanja korova, ali utjecaj kemijskih sredstava na okoliš i ljudsko zdravlje ima dugotrajne negativne učinke. Promjena fokusa s herbicida na nekemijsko suzbijanje korova potaknuta je porastom ekološke svijesti javnosti i problemom nuspojava masovne primjene herbicida. Nekemijski pristupi za suzbijanje korova imaju za cilj smanjivanje ovisnosti o herbicidima i naglašavaju fokus na održiva rješenja (Duwadi i sur., 2021). Davno prije izuma herbicida, korovi su se suzbijali mehaničkim putem pomoću različitih alata. U novije vrijeme, povećani interes za organski uzgoj i nametanje ograničenja primjene herbicida u mnogim europskim zemljama i drugdje diljem svijeta rezultiralo je revitalizacijom mehaničkog suzbijanja korova (Melander i McCollough, 2021). Ovaj trend je započeo 1990-ih i ubrzo se sljedećih godina zbog daljnjeg ograničenja uporabe herbicida, povećanjem problema s otpornošću korova na herbicide i slabim izgledima za razvoj herbicida novih načina djelovanja (Kudsk i Mathiassen, 2020). Danas postoji širok izbor dizajna strojeva i alata za mehaničko uklanjanje korova koji se oslanjaju na tri načina djelovanja što uključuje zakopavanje, rezanje i čupanje korovskih biljaka, ali se najviše koriste strojevi za međurednu obradu kao što su kultivatori ili motokultivatori (Cloutier i sur., 2007). Nedostatak ovih strojeva je što se njima uspješno uklanjaju samo korovi u području između redova usjeva, ali ne i korovi u redu i području uz usjev. Nažalost, veliki broj istraživanja je dokazao da korov na tim površinama čini najveće štete usjevima. Na tržištu postoji nekoliko komercijalnih alata specijaliziranih za suzbijanje korova između biljaka u redu, ali glavni nedostatak svih ovih alata je što su primjenjivi tek nakon što usjevi dostignu određenu visinu i jačinu stabljike. Ako su korovi približno jednake veličine ili veći od usjeva, ti alati ne mogu biti uspješni u suzbijanju korova između biljaka u redu i mogu oštetiti stabljike usjeva (Gobor, 2006; Pannacci i Tei, 2014). Korovi koji rastu u redu između biljaka kukuruza, na manjim površinama se uglavnom uklanjaju ručno okopavanjem, ali ovaj način zahtjeva ljudsku radnu snagu koje često nedostaje tijekom ranih faza rasta usjeva kada se korov mora kontrolirati (Chikoye i sur., 2004).

Različite vrste korova mogu uzrokovati probleme u proizvodnji kukuruza i razlikuju se ovisno o zemljopisnom području, klimatskim uvjetima, karakteristikama tla i nizu drugih čimbenika koji utječu na sastav i broj dominantnih korova (Kremer, 2004). Cilj ovog rada je utvrditi utjecaj mehaničkog suzbijanja korova i zakorovljenosti pokusnog polja na prinos kukuruza, te utvrditi koje korovne vrste prevladavaju na području gdje je postavljen pokus.

Materijal i metode

Pokus je postavljen u sezoni 2020.-2021. na lokaciji pored naselja Markovo Polje (45°51'43"N, 16°06'50"E), koje se nalazi u gradskoj četvrti Sesvete u sastavu grada Zagreba. Tip tla na pokusnom polju je pseudoglej, a po mehaničkom sastavu tlo pripada u praškastu ilovaču (Tablica 1). Analiza mehaničkog sastava tla napravljena je u Analitičkom laboratoriju Zavoda za ishranu bilja Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta prema normi HRN ISO 11277:2011. U istom laboratoriju su napravljene i osnovne kemijske analize tla (Tablica 2). Analiza kiselosti napravljena prema normi HRN ISO 10390:2005 je pokazala da je tlo pokusnog polja slabo alkalno s pH vrijednosti 7.54 (mjereno u H₂O), odnosno 6.71 (mjereno u KCl). Određivanje sadržaja humusa prema bikromatnoj metodi po Tjurinu pokazalo je da se radi o slabo humoznom tlu, a prema sadržaju ukupnog dušika određenog prema normi HRN ISO 11261:2004 tlo je dobro opskrbljeno dušikom. Određivanje opskrbljenosti fosforom i kalijem provedeno je prema AL metodi, a pokazalo je vrlo nisku opskrbljenost tla fosforom i nisku opskrbljenost kalijem.

Tablica 1. Mehanički sastav tla pokusnog polja

Table 1. Soil particle size distribution of experimental field

Dubina Depth	Mehanički sastav tla (%) Particles size distribution (%)				
	krupni pijesak 2.0-0.2 mm	sitni pijesak 0.2-0.063 mm	krupni prah 0.063-0.02 mm	sitni prah 0.02-0.002 mm	glina < 0.002 mm
0-30	2.0	27.2	38.8	24.7	7.3

Tablica 2. Osnovna kemijska svojstva tla pokusnog polja

Table 2. Soil particle size distribution of experimental field

Dubina Depth	pH		%		Al-mg/100 g	
	H ₂ O	KCl	humus	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0-30	7.54	6.71	2.13	0.13	4.0	10.0

Pokusno polje površine 2700 m² je podijeljeno na devet jednakih parcela dimenzija duljine 30 m i širine 10 m. Pokus je postavljen po slučajnom blok rasporedu s tri varijante suzbijanja korova u tri ponavljanja. Varijante suzbijanja korova su bile sljedeće:

1. varijanta - mehaničko suzbijanje korova između redova kukuruza motokultivatorom, a unutar redova ručno okopavanje motikom
2. varijanta - mehaničko suzbijanje korova samo između redova kukuruza motokultivatorom bez suzbijanja unutar redova
3. varijanta - bez ikakvog suzbijanja korova

Kao pretkultura na pokusnom polju 2020. godine je uzgajan krumpir. Osnovna obrada tla obavljena je u mjesecu studenom 2020. godine oranjem dvobrazdnom lemešnim plugom na dubinu 25-30 cm. Dopunska obrada i priprema tla za sjetvu je obavljena tanjuračem u više prohodna u mjesecu travnju 2021. godine. Sjetva hibrida "BC-572" je obavljena dvorednom sijačicom na razmak 70 cm 8. svibnja 2021. godine. Prije sjetve provedena je gnojdba složenim NPK gnojivom 15-15-15 u količini 60 kg ha⁻¹ N, 60 kg ha⁻¹ P₂O₅ and 60 kg ha⁻¹ K₂O. Uz to je prije sjetve dodana i urea u količini od 80 kg ha⁻¹. Suzbijanje korova između redova na varijantama 1 i 2 provedeno je motokultivatorom radnog zahvata 56 cm, a ručno okopavanje motikom na samo varijanti 1. Zbog problema s nalaženjem radne snage, provedeno je samo jedno suzbijanje korova mjesec dana nakon sjetve. Da bi se utvrdio utjecaj mehaničkog suzbijanja na zakorovljenost parcele i prinos kukuruza, sa svake parcele je uzeto pet uzoraka kompletne mase korova

s površine od 1 m² u punom rastu i izvagano u svježem stanju. Korovne vrste determinirane su prema odgovarajućim priručnicima (Domac, 1984; Knežević, 2006). Berba kukuruza je obavljena 9. listopada 2021. Prinosi su utvrđeni ubiranjem klipova kukuruza s površine od 1 m² u pet ponavljanja, njihovim runjenjem i vaganjem zrna na preciznoj vagi. Iz istih uzoraka je izuzeta i izvagana masa 1000 zrna kukuruza. Prinosi kukuruza su proračunati prema sadržaju vlage od 14%. Za izvage korištena je precizna vaga KERN 440 s preciznošću ± 0,03.

Statistička obrada podataka za sve pokazatelje istraživanja provedena je računalnim programom SAS (SAS Institute, 2002). Značajnost razlika između promatranih pokazatelja utvrđena je metodom analize varijance (ANOVA), F-testom (Fischer LSD test) na razini vjerojatnosti $p < 0.05$. Linearna regresijska analiza provedena je s ciljem utvrđivanja korelacije između zakorovljenosti parcele odnosno mase korova po jedinici površine i prinosa zrna kukuruza.

Rezultati i rasprava

Iako je srednja temperatura zraka za 2021. godinu bila identična 21-godišnjem prosjeku, a ukupna količina oborina 12.5% manja, može se reći da je ta godina bila dosta nepovoljna za uzgoj kukuruza. Zbog viška oborina tijekom mjeseca travnja i svibnja tlo je bilo jako vlažno što je dovelo do kašnjenja sjetve, a zbog niskih temperatura i nakon sjetve su bili nepovoljni uvjeti za rast kukuruza. Nakon toga je uslijedilo sušno razdoblje sa znatno višim temperaturama od prosječnih, a manjak oborina je posebno bio izražen u mjesecu lipnju kada je palo svega 9.1% oborina u odnosu na 21-godišnji prosjek. Manjak oborina zabilježen je i tijekom srpnja, kolovoza i rujna, pa je u ta četiri mjeseca palo svega 51.7% oborina u odnosu na 21-godišnji prosjek. U tom razdoblju jedino su tijekom mjeseca kolovoza zabilježene nešto niže temperature od prosječnih, dok su u lipnju i prvoj polovici srpnja zabilježene izrazito visoke temperature. Prema Kovačeviću i Rastiji (2014), svaki veći odklon od optimalnih uvjeta uzgoja smatra se stresom za biljke, a kao posljedica dolazi u manjoj ili većoj mjeri do smanjivanja prinosa. Veća količina oborina pala je tek u mjesecu listopadu kada više nije imala utjecaja na prinos, samo je otežala berbu kukuruza. Vremenski uvjeti tijekom 2021. godine i 21-godišnji prosjeci (2000.-2020.) su prikazani u Tablici 3.

Tablica 3. Vremenski uvjeti tijekom 2021. godine i 21-godišnji prosjeci (2000.-2020.)
Table 3. Weather conditions during 2021. year and 21-years averages (2000.-2020.)

Mjesec/Month	Oborine (mm) Precipitation (mm)		Temperatura zraka (°C) Air temperature (°C)	
	2021.	2000.-2020.	2021.	2000.-2020.
Siječanj/January	78.4	52.5	2.8	1.4
Veljača/February	48.5	64.3	5.7	3.2
Ožujak/March	41.8	48.1	6.8	7.7
Travanj/April	64.9	53.8	9.8	12.6
Svibanj/May	110.7	83.3	14.7	17.0
Lipanj/June	7.8	85.6	23.3	21.0
Srpanj/July	68.9	79.1	24.0	22.6
Kolovoz/August	50.7	83.0	21.4	22.1
Rujan/September	53.9	102.9	17.8	16.8
Listopad/October	106.4	91.7	10.1	12.1
Studeni/November	78.6	82.4	6.5	7.4
Prosinac/December	79.7	65.6	3.6	2.4
Ukupno/Prosjeck Sum/Average	790.3	903.0	12.2	12.2

Masa korova izuzeta s 1 m² u pojedinim varijantama suzbijanja prikazana je u tablici 4. Vidljiva je značajna razlika ($p < 0.05$) u masi korova između pojedinih varijanti suzbijanja korova. Najmanja masa korova očekivano je bila na varijanti 1 kod koje je provedeno mehaničko suzbijanje korova između redova kukuruza motokultivatorom, a unutar redova ručno okopavanje motikom. Na toj varijanti bilo je korova, ali su bili niskog rasta jer su niknuli tek nakon provedenog suzbijanja. Na varijanti 2 kod koje je provedeno mehaničko suzbijanje korova samo između redova kukuruza, korovi unutar reda i uz biljke kukuruza su bili u punom rastu pa je prosječna masa po 1 m² bila 223% veća u odnosu na varijantu 1. Na varijanti 3 nije provedeno nikakvo suzbijanje korova, te su oni bili u punom rastu po cijeloj površini parcela, tako da je njihova prosječna masa bila 151% veća u odnosu na varijantu 2, a čak 334% veća u odnosu na varijantu 1. Detalji pojedinih parcela s različitim varijantama suzbijanja korova prikazani su na slikama 1-3.



Slika 1. Detalj parcele s mehaničkim suzbijanjem korova između redova i ručnim okopavanjem unutar reda

Picture 1. Detail of the plot with mechanical weed control between rows and manual hoeing within the row

Izvor/Source:

Dubravko Filipović



Slika 2. Detalj parcele s mehaničkim suzbijanjem korova samo između redova

Picture 2. Detail of the plot with mechanical weed control only between the rows

Izvor/Source:

Dubravko Filipović



Slika 3. Detalj parcele bez suzbijanja korova

Picture 3. Detail of the plot without weed control

Izvor/Source:

Dubravko Filipović

Tablica 4. Masa korova na pojedinim varijantama suzbijanja (kg m⁻²)

Table 4. Weed density on individual control variants (kg m⁻²)

Varijanta / Variant	Parcela 1 / Plot 1	Parcela 2 / Plot 2	Parcela 3 / Plot 3	Prosjek / Average
Varijanta 1 / ariant 1	0.89 ^a	0.84 ^a	0.77 ^a	0.83 ^a
Varijanta 2 / Variant 2	1.86 ^b	1.93 ^b	1.72 ^b	1.84 ^b
Varijanta 3 / Variant 3	2.59 ^c	2.73 ^c	2.99 ^c	2.77 ^c

*vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0.05$)

* values in columns marked with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

Iz tablice 4 je vidljivo da je bilo razlika i između pojedinih parcela kod istih varijanti suzbijanja korova, a razlog tome su različite vrste i broj korova koji su izrasli na pojedinim parcelama. Na parcelama s većom masom korova prevladavali su korovi veće mase u punom rastu kao što su *Amaranthus retroflexus* (običan štir) i *Ambrosia artemisiifolia* (ambrozija), te *Chenopodium album* (bijela loboda) i *Sorghum halepense* (divlji sirak). Popis svih korova pronađenih na pokusnom polju s hrvatskim i latinskim nazivom, te porodicom korova kojoj pripadaju su prikazani u tablici 5.

Tablica 5. Popis svih korova pronađenih na pokusnom polju
Table 5. List of all weeds found in the experimental field

Botanički naziv Botanical name	Porodica Family	Hrvatski naziv Croatian name
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Amaranthaceae	Običan štir
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Asteraceae	Ambrozija
<i>Chenopodium album</i>	Chenopodiaceae	Bijela loboda
<i>Cirsium arvense</i>	Asteraceae	Osjak
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	Poljski slak
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	Zubača
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	Koštan
<i>Elymus repens</i>	Poaceae	Pirika
<i>Equisetum arvense</i>	Equisetaceae	Preslica
<i>Lolium spp.</i>	Poaceae	Divlji ljulj
<i>Polygonum persicaria</i>	Polygonaceae	Kiseličasti dvornik
<i>Setaria spp.</i>	Poaceae	Muhar
<i>Sinapis arvensis</i>	Brassicaceae	Poljska gorušica
<i>Sorghum halepense</i>	Poaceae	Divlji sirak

Glowacka (2011) kao vrste korova koje se najčešće pojavljuju u Europi u usjevima kukuruza navodi *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria spp.*, *Amaranthus retroflexus*, *Elymus repens* i *Polygonum persicaria*, a kako je vidljivo iz tablice 5, svi ti korovi pronađeni su i na ovom pokusnom polju. Kao najbrojnije korove od 11 pronađenih vrsta na pokusnom polju u Turskoj, Kir i Dogan (2009) navode *Echinochloa colonum*, *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli* i *Potriulaca oleracea*. Nasuprot tome, Sampaio i sur. (2015) navode 22 vrste korova pronađenih u kukuruzu na pokusnom polju u Brazilu od kojih nijedna nije pronađena na ovom pokusnom polju, što potvrđuje tvrdnju Kremera (2004) da vrste korova u kukuruzu ovise o zemljopisnom području, klimatskim uvjetima, karakteristikama tla i nizu drugih čimbenika. Olatunji i sur. (2016) navode šest dominantnih vrsta korova pronađenih u kukuruzu na pokusnom polju u Nigeriji, a Kumar i sur. (2019) šest dominantnih vrsta korova pronađenih na pokusnom polju u Indiji, sve različite od vrsta korova koje navode prethodni autori. Prema Buhleru (1999), broj vrsti korova na određenom području ovisi o više čimbenika, a u većini slučajeva samo nekoliko od tih vrsta je prevladavajuće i one čine 70 do 90% od ukupnog broja vrsta, a to je dokazano u ovom pokusu.

U tablici 6 su prikazani prinosi kukuruza na pojedinim parcelama i prosječni prinosi dobiveni primjenom tri različite varijante suzbijanja korova. Najviši prinosi su očekivano ostvareni na parcelama na kojima je provedeno mehaničko suzbijanje motokultivatorom između redova i ručno okopavanje motikom unutar reda s prosjekom od 6015 kg ha⁻¹. Prinosi na parcelama na kojima je provedeno cjelokupno suzbijanje korova su bili dosta niži od prosječnih prinosa koji se ostvaruju u povoljnim godinama za uzgoj kukuruza od 8 t ha⁻¹ (Kovačević i sur., 2012), a razlog su dosta nepovoljni uvjeti za uzgoj kukuruza u 2021. godini. Izostavljanje suzbijanja korova unutar redova kukuruza ručnim okopavanjem rezultiralo je 51.7% smanjenim prinomom, čime je potvrđena teza da korovi u redu i području uz usjev čine najveće štete usjevima (Gobor, 2006). Potpuno izostavljanje suzbijanja korova rezultiralo je još većim smanjenjem prinosa od čak 79.4% u odnosu na provedeno suzbijanje u redu i između redova biljaka kukuruza. Iako neki autori (Patel i sur., 2006; Kumawat i sur., 2019) navode da je moguće i 100%-tno smanjenje prinosa kad nije primijenjeno nikakvo suzbijanje korova, u ovom pokusu nije došlo do takvog smanjenja prinosa zrna. Slične prinose kukuruza na površinama bez suzbijanja korova od 1.31 i 1.39 t ha⁻¹ navode Takim i sur. (2014) i Silva i sur. (2010). U ovom pokusu je primijenjeno jednokratno suzbijanje korova zbog problema s radnom snagom kod nas, dok je Damian (2011) u svojim istraživanjima primijenio višekratno suzbijanje korova kombinacijom mehaničkog suzbijanja i ručnog okopavanja, te zaključio da se primjenom višekratnog suzbijanja korova (dva ili tri puta) može znatno povećati prinos kukuruza. Da se prinosi zrna kukuruza mogu povećati višekratnim suzbijanjem korova zaključili su i Silva i sur. (2010). Međutim, radne snage često nedostaje tijekom ranih faza rasta usjeva kada se korovi moraju suzbijati, a korovi kojima se dopusti da visoko narastu zahtijevaju još više vremena i rada za učinkovito suzbijanje, dok nepravodobno suzbijanje uzrokuje značajne gubitke usjeva (Chikoye i sur., 2004).

Tablica 6. Prinos zrna kukuruza na pojedinim parcelama (kg ha⁻¹)

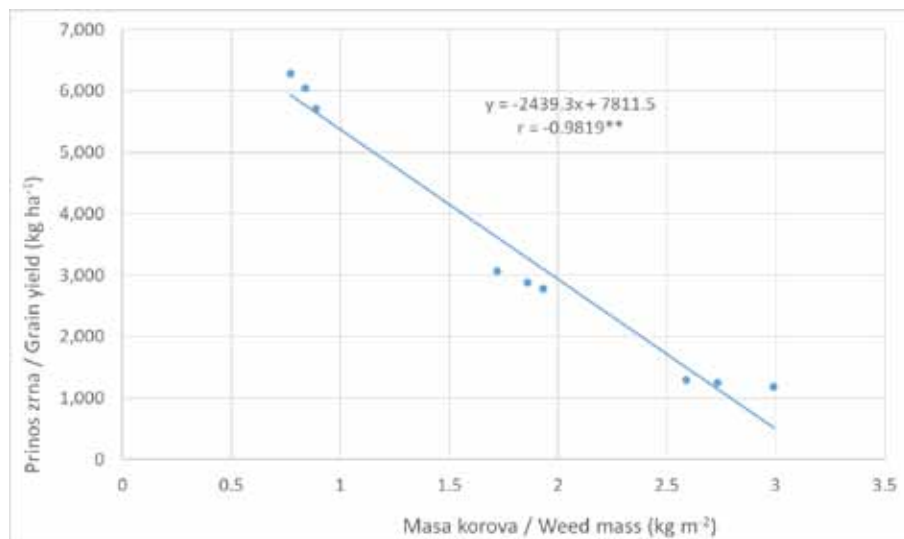
Table 6. Maize grain yield on individual plots (kg ha⁻¹)

Varijanta Variant	Parcela 1 Plot 1	Parcela 2 Plot 2	Parcela 3 Plot 3	Prosjeak Average
Varijanta 1 Variant 1	5716 ^a	6043 ^a	6287 ^a	6015 ^a
Varijanta 2 Variant 2	2883 ^b	2776 ^b	3062 ^b	2907 ^b
Varijanta 3 Variant 3	1298 ^c	1245 ^c	1184 ^c	1242 ^c

*vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju (p<0.05)

* values in columns marked with different letters are significantly different (p<0.05)

Uspoređujući prinose na pojedinim parcelama s njihovom zakorovljenošću, vidljivo je da su prinosi kukuruza bili obrnuto proporcionalni s masom korova koja je izuzeta s parcele, odnosno što je bila veća masa korova to su bili manji prinosi i obrnuto (Grafikon 1). Iz toga se može nedvojbeno zaključiti da zakorovljenost parcele direktno utječe na prinos kukuruza.



Grafikon 1. Korelacija između mase korova na parceli i prinosa kukuruza
Graph 1. Correlation between weed mass in the plot and maize grain yield

U tablici 7 su prikazane mase 1000 zrna kukuruza s pojedinih parcela na kojima su primijenjene tri različite varijante suzbijanja korova. Najveće mase 1000 zrna su također ostvarena na parcelama na kojima je provedeno mehaničko suzbijanje motokultivatorom između redova i ručno okopavanje motikom unutar reda s prosjekom od 316 grama. Sličnu masu 1000 zrna od 312 do 323 grama dobivenu na parcelama na kojima je također primijenjena kombinacija mehaničkog suzbijanja korova između redova i ručnog okopavanja motikom navodi Damian (2011). Prosječna masa 1000 zrna na parcelama na kojima je izostavljeno suzbijanje korova unutar redova kukuruza ručnim okopavanjem bila je 30.7% manja, a na parcelama na kojima nije provedeno nikakvo suzbijanje korova 50.9% manja u odnosu na varijantu 1. Iz toga se može zaključiti da je zakorovljenost parcele utjecala i na veličinu zrna kukuruza, te su na parcelama veće zakorovljenosti dobivena značajno manja zrna. Značajno manju masu 1000 zrna na pokusnim parcelama na kojima nije provedeno suzbijanje korova navode i Silva i sur. (2010) i Fogliatto i sur. (2018).

Tablica 7. Masa 1000 zrna kukuruza s pojedinih parcela (g)
Table 7. 1000 kernel mass from individual plots (g)

Varijanta Variant	Parcela 1 Plot 1	Parcela 2 Plot 2	Parcela 3 Plot 3	Prosjek Average
Varijanta 1 Variant 1	308 ^a	314 ^a	326 ^a	316 ^a
Varijanta 2 Variant 2	219 ^b	210 ^b	227 ^b	219 ^b
Varijanta 3 Variant 3	163 ^c	154 ^c	149 ^c	155 ^c

*vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0.05$)

* values in columns marked with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

Damian (2011) zaključuje da kombinacija mehaničkog suzbijanja korova i ručnog okopavanja predstavlja ekološku alternativu suzbijanju korova primjenom herbicida i može se lako uklopiti u integrirani sustav upravljanja korovima zahvaljujući regionalnoj tradiciji u cijelom svijetu. Međutim, Abdullahi i sur. (2016) smatraju da je ručno okopavanje korisno, ali je naporno, dugotrajno i postaje sve skuplje. Po njima problem radne snage u poljoprivredi postaje sve veći i uskoro neće biti moguće i ekonomično koristiti takvu praksu u suzbijanju korova.

Zaključak

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da su primijenjene varijante suzbijanja korova imale značajan utjecaj na zakorovljenost pokusnih parcela i ostvareni prinos zrna kukuruza. Najmanje korova je bilo na parcelama na kojima je provedeno mehaničko suzbijanje korova između redova kukuruza motokultivatorom, a unutar redova ručno okopavanje motikom. Na parcelama na kojima je provedeno mehaničko suzbijanje korova samo između redova kukuruza prosječna masa korova po jedinici površine je bila 223% veća, a na parcelama na kojima nije provedeno nikakvo suzbijanje korova čak 334% veća u odnosu na prvu varijantu. Na pokusnom polju je pronađeno 14 različitih vrsta korova od kojih su prevladavali *Amaranthus retroflexus* (običan štir), *Ambrosia artemisiifolia* (ambrozija), *Chenopodium album* (bijela loboda) i *Sorghum halepense* (divlji sirak). Najviši prinosi zrna kukuruza su ostvareni na parcelama na kojima je provedeno mehaničko suzbijanje korova između redova i ručno okopavanje motikom unutar reda. Kombinacija mehaničkog suzbijanja korova i okopavanja motikom se može preporučiti za manja obiteljska gospodarstva i u ekološkom uzgoju kao alternativa korištenju herbicida, ali postaje sve veći problem pronaći radnu snagu za ručno okopavanje.

Literatura

- Abdullahi, S., Ghosh, G., Dawson, J. (2016) Effect of different weed control methods on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) under rainfed condition in Allahabad. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 9 (4), 44-47. DOI:10.9790/2380-0904024447
- Buhler, D.D. (1999) Weed population responses to weed control practices. I. Seed bank, weed populations, and crop yields. *Weed Science*, 47 (4), 416-422. DOI:10.1017/S0043174500092018
- Chikoye, D., Schulz, S., Ekeleme, F. (2004) Evaluation of integrated weed management practices for maize in the northern Guinea savanna of Nigeria. *Crop Protection*, 23 (10), 895-900. DOI:10.1016/j.cropro.2004.01.013
- Cloutier, D., Van Der Weide, R.Y., Peruzzi, A., Leblanc, M.L. (2007) Mechanical weed management. U: M.K. Upadhaya, R.E. Blackshaw, ur. *Non-chemical weed management: Principles, concepts and technology*. Wallingford: CAB.
- Damian, A. (2011) Weed control in maize crop by mechanical and manual management practices. *Scientific Papers, UASVM Bucharest, Series A*, 54, 262-268.
- Domac, R. (1994) *Flora Hrvatske*. Školska knjiga, Zagreb.
- Dutta, S., Chakraborty, S., Goswami, R., Banerjee, H., Majumdar, K., Li, B., Jat, M.L. (2020) Maize yield in smallholder agriculture system - An approach integrating socio-economic and crop management factors. *PLoS ONE*, 15 (2), e0229100. DOI:10.1371/journal.pone.0229100
- Duwadi, A., Acharya, A., Gautam, S. (2021) A review on non-chemical weed management in maize (*Zea mays* L.) *Food and Agri Economics Review*, 1 (1), 46-51. DOI:10.26480/faer.01.2021.46.51
- Fogliatto, S., Milan, M., De Palo, F., Ferrero, A., Vidotto, F. (2018) Effectiveness of mechanical weed control on Italian flint varieties of maize. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 34 (5), 1-13. DOI:10.1017/S1742170517000813
- Glowacka, A. (2011) Dominant weeds in maize (*Zea mays* L.) cultivation and their competitiveness under conditions of various methods of weed control. *Acta Agrobotanica*, 64 (2), 119-126.
- Gobor, Z. (2006) Mechanical weeding of the intra-row area in row crops by application of robotic systems. *Contemporary Agricultural Engineering*, 32 (1-2), 63-70.
- Jhala, A.J., Knezevic, S.Z., Ganie, Z.A., Singh, M. (2014) Integrated weed management in maize. U: B. S. Chauhan, G. Mahajan, ur. *Recent Advances in Weed Management*. New York: Springer Science+Business Media. DOI:10.1007/978-1-4939-1019-9_8
- Jones, P.G., Thornton, P.K. (2003) The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. *Global Environmental Change*, 13 (1), 51 - 59. DOI:10.1016/S0959-3780(02)00090-0
- Kir, K., Dogan, M.N. (2009) Weed control in maize (*Zea mays* L.) with effective minimum rates of foramsulfuron. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33 (6), 601-610. DOI:10.3906/tar-0903-23
- Knežević, M. (2006) *Atlas korovne, ruderalne i travnjačke flore*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek.
- Kovačević, V., Rastija, M. (2014) *Žitarice*. Udžbenik Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Osijek: Poljoprivredni fakultet.
- Kovačević, V., Rastija, M., Brkić, J., Iljčić, D. (2012) Uticaj specifičnosti vremenskih prilika u Hrvatskoj 2010. i 2011. na prinos kukuruza. *Agroznanje*, 13 (2), 199-208. DOI:10.7251/AGRSR1202199K
- Kremer, R.J. (2004) Weed control. U: C.W. Smith, J. Betran, E.C.A. Runge, ur. *Corn: origin, history, technology and*

production. Hoboken: Wiley.

Kudsk, P., Mathiassen, S.K. (2020) Pesticide regulation in the European Union and the glyphosate controversy. *Weed Science*, 68 (3), 214-222. DOI:10.1017/wsc.2019.59

Kumar, R., Mishra, J.S., Saurabh, K., Upadhyay, P.K. (2019) Integrated weed management in maize. *Indian Farming*, 69 (8), 32-35.

Kumawat, N., Yadav, R.K., Bangar, K.S., Tiwari, S.C., Morya, J., Kumar R. (2019) Studies on integrated weed management practices in maize - A review. *Agricultural Reviews*. 40 (1), 29-36. DOI:10.18805/ag.R-1832

Melander, B., McCollough, M.R. (2021) *Advances in mechanical weed control technologies*. Cambridge, Burleigh Dodds Science Publishing. DOI:10.19103/AS.2021.0098.11

Nafziger, E.D. (2010) Growth and production of maize: Mechanized cultivation. U: W.H. Verheye, ur. *Encyclopedia of life support systems. Food and agricultural sciences, engineering and technology resources. Vol. 1. Soils, plant growth and crop production*. Paris: UNESCO-EOLSS Publications.

Naruhn, G.P., Peteinatos, G.G., Butz, A.F., Möller, K., Gerhards, R. (2021) Efficacy of various mechanical weeding methods - single and in combination - in terms of different field conditions and weed densities. *Agronomy*, 11 (10), 2084. DOI:10.3390/agronomy11102084

Orke, E.C., Dehne, H.W. (2004) Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection*, 23 (4), 275-285. DOI:10.1016/j.cropro.2003.10.001

Olatunji, A., Adejoro, S.A., Ayelari, O.P., Aladesanwa, R.D. (2016) Evaluation of selected weeding methods for weed control and performance of maize in south western Nigeria. *Applied Tropical Agriculture*, 21 (1), 15-23.

Pannacci, E., Tei, F. (2014) Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean. *Crop Protection*, 64, 51-59. DOI:10.1016/j.cropro.2014.06.001

Patel, V.J., Upadhyay, P.N., Patel, J.B., Meisuriya, M.I. (2006) Effect of herbicide mixture on weeds in Kharif maize (*Zea mays* L.) under middle Gujarat conditions. *Indian Journal of Weed Science*, 38 (1&2), 54-57.

Sampaio, H.N., Silva, P.S.L., Monteiro, A.L., Tavella, L.B., de Oliveira, V.R. (2015) Weed management in maize using hoeing and intercropping with *Mimosa caesalpinifolia*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19 (6), 541-547. DOI:10.1590/1807-1929/agriambi.v19n6p541-547

SAS Institute (2002) SAS/STAT User's guide. Ver. 9.1, Cary: SAS Institute.

Shariot-Ullah, M., Mojid, M.A., Tabriz, S.S., Acharjee, T.K., Adham, A.K.M. (2013) Growth and yield of three hybrid maize varieties under different irrigation levels. *Journal of Agricultural Technology*, 9 (7), 1749-1758.

Silva, P.S.L., Mesquita, S.S.X., Antonio, R.P., Silva, P.I.B. (2010) Number and time of weeding effects on maize grain yield. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 3 (2), 204-213. DOI:10.18512/1980-6477/rbms.v3n2p204-213

Soare, E., Chiurciu, I.A., Balan, A.V., David, L. (2018) World market research on maize. *Scienco Agriculture for Life, Life for Agriculture Conference Proceedings*, 1 (1), 216-222. DOI:10.2478/alife-2018-0032

Soji, P.A. (2020) The potential importance of maize (*Zea mays* L.) in Nigeria. *Advances in Biochemistry*. 8 (1), 1-10. DOI:10.11648/j.ab.20200801.11

Takim, F.O., Fadayomi, O., Ekeleme, F. (2014) Influence of cropping system and weed management practice on emergence, growth of weeds, yield of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Poljoprivreda*, 20 (1), 10-15.

Tandzi, L.N., Mutengwa, C.S. (2020) Estimation of maize (*Zea mays* L.) yield per harvest area: Appropriate methods. *Agronomy* 10 (1), 29, DOI:10.3390/agronomy10010029

Prispjelo/Received: 2.9.2022.

Prihvaćeno/Accepted: 10.2.2023.

Original scientific paper

The influence of mechanical weed control and manual hoeing on plot weed infestation and maize yield

Abstract

An experiment with different variants of weed control in the maize crop was carried out in 2021 at a location next to the Markovo Polje settlement on silty loam soil. Three variants of weed control were applied: 1. mechanical weed control between the maize rows with a motocultivator and manual hoeing within the rows, 2. mechanical weed control only between the maize rows with a motocultivator without control within the rows, 3. without any control of weeds. In the experimental field, 14 different types of weeds were found, of which *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album* and *Sorghum halepense* prevailed. As expected, the lowest weed infestation of the experimental plots was on the plots where variant 1 of weed control was applied, in variant 2 the average mass of weeds per 1 m² was 223%, and in variant 3 it was even 334% higher compared to variant 1. Maize yields were inversely proportional to the weed infestation of the experimental plots, the highest yields were achieved in variant 1 with an average of 6015 kg ha⁻¹, in variant 2 the average yield was 2907 kg ha⁻¹, and in variant 3 1242 kg ha⁻¹. The combination of mechanical weed control and manual hoeing can be an alternative to the use of herbicides on smaller family farms and in organic maize production.

Key words: maize, weeds, mechanical weeding, manual hoeing, yield