Urod i komponente uroda kukuruza (Zea mays L.) u različitim tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom

Šujdović, Slobodan

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:921632

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Slobodan Šujdović

Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

UROD I KOMPONENTE URODA KUKURUZA (*Zea mays* L.) U UVJETIMA NAVODNJAVANJA I GNOJIDBE DUŠIKOM

Diplomski rad

Osijek, 2016.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Slobodan Šujdović

Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

UROD I KOMPONENTE URODA KUKURUZA (Zea mays L.) U UVJETIMA NAVODNJAVANJA I GNOJIDBE DUŠIKOM

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof.dr.sc. Jasna Šoštarić, predsjednik
2. doc.dr.sc. Monika Marković, mentor
3. doc.dr.sc. Miro Stošić, član

Osijek, 2016.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
   1.1. Proizvodnja kukuruza u Republici Hrvatskoj i svijetu 1
   1.2. Morfološka i biološka svojstva kukuruza 4
   1.3. Kemijski sastav zrna 7
   1.4. Sistematika kukuruza 7
   1.5. Agroekološki uvjeti za proizvodnju kukuruza 9
   1.6. Agrotehnika proizvodnje kukuruza 10
   1.7. Potrebe za hranivima i gnojidba 12
   1.8. Sjetva kukuruza 15
   1.9. Zaštita od korova 17
   1.10. Zaštita od štetnika 18
   1.11. Zaštita od bolesti 18
   1.12. Berba kukuruza 18
   1.13. Navodnjavanje kukuruza 19
      1.13.1 Utjecaj suše na prinos kukuruza 20
      1.13.2 Navodnjavanje u svijetu i Republici Hrvatskoj 21
      1.13.3 Sustavi za navodnjavanje u proizvodnji kukuruza 22
2. CILJ ISTRAŽIVANJA 26
3. PREGLED LITERATURE 27
4. MATERIJALI I METODE 29
   4.1. Navodnjavanje 29
   4.2. Gnojidba dušikom 32
   4.3. Hibrid kukuruza (*Zea mays* L.) 32
   4.4. Analiza podataka 32
5. AGROEKOLOŠKI UVJETI 33
   5.1. Klima istočne Hrvatske 33
   5.2. Svojstva tla 33
   5.3. Vremenski uvjeti tijekom razdoblja istraživanja 34
6. REZULTATI I RASPRAVA 36
7. ZAKLJUČAK 44
8. SAŽETAK 45
9. SUMMARY 46
10. POPIS SLIKA 47
11. POPIS TABLICA 48
12. POPIS GRAFIKONA 49

LITERATURA 50

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA 54

BASIC DOCUMENTATION CARD 55

1. UVOD

Kukuruz *(Zea mays L.)* je podrijetlom iz Sjeverne Amerike, čiji fosilni nalazi sežu u prošlost čak 4500 - 1000 godina prije Krista. U to su ga vrijeme uzgajali Indijanci duž rijeke Rio Grande. Poslije se uzgaja u Maja i Asteka, a njegova sadnja i uporaba šire se do srednje i južne Amerike. Columbo je kukuruz prenio u Europu 1493. godine, a njegov se uzgoj poslije proširio na Bliski istok, Aziju i cijeli svijet. Sije se u pojasu od 58° sjeverne zemljopisne širine (Kanada, sjeverna Rusija) do 40° južne geografske širine (Argentina, Novi Zeland). Optimalno područje uzgoja kukuruza je od 15° do 45° sjeverne zemljopisne širine i od 20° do 25° južne zemljopisne širine. U uzgoju žitarica kukuruz, u svjetskim razmjerima, zauzima drugo mjesto - iza riže, a ispred pšenice. Najveći dio proizvedenog kukuruza koristi se za hranidbu stoke. Za ovu namjenu koristi se silaža cijele biljke, silaža vlažnog zrna ili klipa i suho zrno. Preradom kukuruznog zrna dobiva se škrob koji ima široku primjenu. Koristi se u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji. Veliki dio kukuruznog škroba koristi se za proizvodnju papira.

1.1. Proizvodnja kukuruza u Republici Hrvatskoj i svijetu

Prema zasijanim površinama i ukupnoj proizvodnji u Republici Hrvatskoj je kukuruz najvažnija ratarska kultura. Uzgaja se ovisno o godini, na 300 000 do 400 000 hektara (Tablica 1.) U posljednjih 10 godina prosječni prinosi zrna kukuruza kretali su se od 3,86 t/ha u sušnoj 2003. godini do 6,92 t/ha u 2005. godini (Pospišil, 2010.). Danas se na našem tržištu nalazi veliki broj hibrida kukuruza visoke rodnosti i kvalitete zrna. Ovisno o hibridu, agroekološkim uvjetima i primijenjenoj tehnologiji proizvodnje napredni proizvođači u istočnoj Hrvatskoj ostvaruju prinos zrna i do 16 t/ha. Genetski potencijal rodnosti današnjih hibrida kukuruza je i veći. Prema tome uz pravilan izbor hibrida i odgovarajuću agrotehniku, proizvodnja kukuruza u Hrvatskoj se može znatno povećati.

Tablica 1. Zasijane površine, prosječni prinosi i proizvodnja kukuruza u Hrvatskoj (1998. – 2007. godine)

Godina	Površina (tisuća ha)	Prosječni prinos (t/ha)	Proizvodnja (t)
1998.	378	5,25	1 982 545
1999.	384	5,56	2 135 452
2000.	389	3,93	1 526 167
2001.	406	5,45	2 211 519
2002.	407	6,14	2 501 774
2003.	406	3,86	1 569 150
2004.	380	5,50	2 200 000
2005.	319	6,92	2 206 729
2006.	296	6,53	1 934 517
2007.	288	4,94	1 424 599

(Izvor: Pospišil, 2010.)

Prema podacima Državnoga zavoda za statistiku u razdoblju od 2008. do 2014. godine kukuruz je bio zasijan u prosjeku na 293 280 tis. ha s prosječnim prinosom od 7,5 t ha^{-1} (Tablica 2.).

Tablica 2. Zasijane površine, prosječni prinosi i proizvodnja kukuruza u Hrvatskoj, (2008. – 2014. godine)

Godina	Površina (tisuća ha)	Prosječni prinos (t/ha)	Proizvodnja (t)
2008.	314,062	8	2 504 940
2009.	296,910	7,4	2 182 521
2010.	296,768	7	2 067 815
2011.	305,130	5,7	1 733 664
2012.	299,161	4,3	1 297 590
2013.	288,365	6,5	1 874 372
2014.	252,567	8,1	2 046 996

(Izvor: DZS, 2016.)

Danas se u svijetu kukuruz uzgaja na preko 150 milijuna hektara. Najveći proizvođač kukuruza je SAD s proizvodnjom od preko 300 milijuna tona zrna godišnje. U SAD-u se ostvaruju i najviši prosječni prinosi, iznad 9 t/ha. Zasijane površine, prosječni prinosi i proizvodnja kukuruza u svijetu prikazani su tablicom 3.

Tablica 3. Zasijane površine, prosječni prinosi i proizvodnja kukuruza u svijetu (1998. – 2007. godine)

Država	Proizv. (tisuće t)	Površina (tisuće ha)	Prinos (t/ha)
SAD	264,662	29,562	8,93
Kina	128,693	25,436	5,05
Brazi	39,089	12,126	3,20
Meksiko	19,925	7,401	2,69
Argentina	16,640	2,675	6,22
Francuska	14,749	1,717	8,58
Indija	13,464	7,045	1,90
Indonezija	10,661	3,434	3,11
Italija	10,035	1,095	9,18
Južnoafrička Republika	9,032	3,252	2,81
Kanada	8,976	1,173	7,68
Rumunjska	8,915	2,848	3,10
Mađarska	7,085	1,179	6
Egipat	6,590	851	7,74
Nigerija	5,582	3,617	1,53

(Izvor: Pospišil, 2010.)

1.2. Morfološka i biološka svojstva kukuruza

Korijen

Kukuruz ima žiličast korijenov sistem. S obzirom na vrijeme formiranja, karakter rasta i ulogu u životu biljke, razlikujemo pet tipova korijenja:

1. primarni ili glavni klicin korijen
2. seminalno ili bočno klicino korijenje
3. mezokotilno korijenje
4. podzemno nodijalno korijenje
5. zračno nodijalno korenje

Kukuruz kao i ostale prosolike žitarice klija s jednim primarnim klicinim korjenčićem. Neposredno ispod klicinog korjenčića izbijaju bočni klicini korjenčići i može ih biti do 13. Važnost ova dva tipa korijenja osobito je velika u prva 2 – 3 tjedna nakon nicanja kukuruza kad imaju osnovnu ulogu u ishrani biljke. Oni se kasnije granaju i zajedno s ostalim tipovima korijena čine korijenov sistem i opskrbljuju biljku mineralnim hranivima i vodom, i ostaju na biljci tijekom čitave vegetacije. Mezokotilno korijenje nema nekakvu značajnu ulogu, razvija se iz dijela primarne stabljike između zrna i prvog nodija, najčešće kod veće dubine sjetve 10 i više cm dubine. Najznačajnije i po masenom udjelu najzastupljenije je nodijalno korijenje (korijenje čvora busanja, sekundarno korijenje) koje čini „korijenovu krunu“. Nodijalno korijenje se razvija iz donjih nodija stabljike. Korijenje koje se razvija iz podzemnih nodija stabljike zove se podzemno nodijalno korijenje, a ono koje se razvija iz nodija stabljike iznad površine tla nadzemno nodijalno korijenje ili tzv. zračno korijenje. Iako pojedini korijenovi mogu prodrijeti u tlo i preko dva metra, glavnina korijenovog sistema nalazi se u oraničnom sloju (do 30 cm). Iz prvih nadzemnih nodija stabljike izbija nadzemno nodijalno korijenje (zračno) koje nije funkcionalno dok nagrtanjem ne dođe u tlo kada može poprimiti funkciu pravog korijena.

Stabljika

Stabljika kukuruza visoka je oko 250 cm, a varira od 60 cm (inbred linije) do 750 cm u tropskim uvjetima. Raniji hibridi u pravilu imaju nižu stabljiku od kasnijih. Promjer stabljike je oko 3 cm, a varira od 1,5 do 5 cm. Stabljika je najdeblja na visini od 20 do 60 cm iznad tla, a prema vrhu i bazi debljina opada. Stabljika je člankovita, sastoji se od nodija i internodija. Broj nodija iznosi oko 24, a varira s obzirom na dužinu vegetacije od 8

do 40. Rani hibridi imaju znatno manji broj nodija od kasnih hibrida. Duljina internodija povećava se od baze prema vrhu stabljike. Najčešće se oko 8 internodija nalazi u tlu i iz njih izbija nodijalno korijenje. Iz 2 – 3 nadzemna nodija izbija nadzemno nodijalno korijenje. Središnji internodiji stabljike užljebljeni su zbog pritiska začetka klipa koji se razvijao uz samu stabljiku. Unutrašnjost stabljike ispunjena je srži. Svaki snopić provodnog staničja obavijen je sklerenhimskim staničjem što daje određenu čvrstoću stabljici.

List

Začeci prvih 5 – 7 listova nalaze se već formirani u samoj klici. Ovi se listovi formiraju u početku vegetacije kada imaju i najveću važnost. Prvi list koji se formira ima zaobljen vrh, a svaki sljedeći je zašiljen. Pravi listovi se formiraju na nodijama stabljike. List se sastoji od lisnog rukavca koji čvrsto obuhvaća veći dio internodija i dosta široke i dugačke plojke. Na prelasku plojke u rukavac nalazi se jezičac *(ligula)* koji sprječava ulazak vode i drugih nepoželjnih tvari u dio između stabljike i lista. Razmještaj listova, njihova građa i oblik omogućuju skupljanje i najmanjih količina vode i rose te njihovo provođenje prema korijenu. Broj listova varira ovisno o dužini vegetacije od 8 – 40, a uvjetovan je brojem nodija, što znači da raniji hibridi koji su niži i imaju manji broj nodija imaju i manji broj listova. Lisna površina jedne biljke varira od 0,3 pa do 1,2 m². Osim klicinih listića i listova stabljike postoje listovi koji obavijaju klip čineći komušinu.

Cvat

Obzirom na način cvatnje, kukuruz je jednodomna (monoecijska) biljka s razdvojenim muškim i ženskim cvatom. Muški cvjetovi sakupljeni su u metlicu, a ženski u klip.

Metlica se nalazi na vrhu biljke kao završetak vršnog internodija stabljike. Sastoji se od centralnog vretena i postranih grana koje nisu jako razvijene. Na centralnom vretenu klasići su raspoređeni spiralno u više redova, a na granama samo u dva reda i to na gornjem dijeli. Dvocjetni klasić obavijaju dvije pljeve. Cvjetovi se sastoje od dviju pljeva i 3 prašnika, a na dnu cvijeta nalaze se pljevičice (*lodiculae)* čijim bubrenjem i pritiskom na pljevice dolazi do otvaranja cvijeta i izbacivanja prašnika u vrijeme cvatnje. S obzirom na način oplodnje, kukuruz je stranooplodna kultura, a polenova zrnca se prenose vjetrom.

Klip je ženski cvat kukuruza. Formira se u pazušcu listova glavne stabljike. Klip se može začeti u pazuhu svakog lista osim vršnih 2 – 4 i nekoliko donjih iz kojih se razvija

nodijalno korijenje, a mogu se razviti i zaperci. Obično se razvije samo nekoliko pupova u srednjem dijelu stabljike od kojih je najrazvijeniji gornji koji daje klip. Klip se sastoji od vretena (oklaska) na kojem se u parnim redovima nalaze klasići sa ženskim cvjetovima. Klasići su dvocvjetni, ali samo jedan je plodan dok je drugi sterilan. Broj redova na klipu uvijek je paran i kreće se od 8 – 26 (kod većine hibrida 10 – 20). Tučak se sastoji od plodnice, dugačkog vrata i dugačke njuške (svila). Njuška tučka je dvodijelna i ljepljiva što omogućava klijanje polena cijelom dužinom vrata njuške. To su svilenkaste niti pokrivene dlačicama. Dlačice izlučuju ljepljivu tekućinu koja pomaže u hvatanju polenovih zrnaca. Cvjetovi na vrhu klipa imaju najkraće, a cvjetovi na dnu klipa najduže njuške i vratove tučka. Klip je sa vanjske strane pokriven komušinom. Broj cvjetova može biti od 500 do 600, a kod nekih hibrida kasnije vegetacije i preko 1000. Cvatnja klipa počinje od baze prema vrhu. Oklasak se nalazi na dršci klipa, a čini 18 – 20 % mase klipa, Debeli i teški oklasak nije poželjan.

Plod

Plod kukuruza je zrno, a sastoji se od omotača ploda *(pericarpium)*, omotača sjemena *(perispermium),* endosperma i klice *(embryo).* Omotač ploda štiti unutrašnje dijelove zrna. Sastoji se od 10 – 12 slojeva stanica. U stanicama perikarpa nalaze se pigmenti pa perikarp može biti crven, narančast, bijeli, smeđi, a i bezbojan. Debljina perikarpa, njegiva zbijenost i propusnost za vodu imaju važnost prilikom klijanja sjemena, a značakni su i za brzinu gubitka vode iz zrna nakon fiziološke zriobe. Sjemeni omotač *(testa)* tanka je membrana i nalazi se između perikarpa i vanjskog dijela endosperma. Endosperm se nalazi ispod perikarpa i sjemenog omotača. Površinski sloj stanica endosperma modificiran je u provodne stanice koje služe u razdoblju razvoja zrna za provođenje hrane od biljke u rastući endosperm, a indirektno i za razvoj klice. Formira se jos i aleuronski sloj u čijim stanicama se nalaze aleuronska zrnca i ulje, ali nema škroba. Klica je smještena na bazi endosperma s prednje strane zrna. Sastoji se od primarnog korijena *(radicula)* omotanog korijenovim omotačem *(coleorrhiza)* i primarne stabljike *(plamula).* Primarna stabljika se sastoji od 5 – 6 kratkih internodija, a na svakom se nodiju nalazi po jedan list. Prvi list *(scutellum)* se nalazi na prvom nodiju koji propušta hranu prema klici iz endosperma. Drugi list *(coleoptilis)* pričvršćen je za drugi nodij i služi kao zaštitni omotač za primarnu stabljiku.

1.3. Kemijski sastav zrna

Kemijski sastav kukuruza ovisi o hibridu, agroekološkim uvjetima proizvodnje, tlu, gnojidbi, vremenu i načinu berbe te skladištenju. Zrno kukuruza na bazi suhe tvari sadrži:

- 58 – 71% škroba
- 8 – 11% bjelančevina
- 3 – 5% ulja (najviše ga ima u klici)
- 1,5 – 2% šećera
- 1 – 1,5% mineralnih tvari
- 2 – 2,5% sirovih vlakana

1.4. Sistematika kukuruza

Kukuruz pripada redu *Poales*, porodici *Poaceae* (trave), rodu *Zea*. Rod *Zea* ima samo jednu vrstu *Zea mays* L. koja se prema karakteristikama zrna razvrstava u sljedeće podvrste: zuban (*Zea mays ssp. indentata*), tvrdunac (*Zea mays ssp. indurata*), šećerac (*Zea mays ssp. saccharata*), kokičar (*Zea mays ssp. everta*), mekunac (*Zea mays ssp. semindentata*), škrobni šećerac (*Zea mays ssp. amylosaccharata*) i pljevičar (*Zea mays ssp. tunicata*).

- **Zuban (Zea mays ssp. L. indentata Sturt.) -** hibridi tipa zubana danas su najviše raširenu proizvodnji. Ova podvrsta daje visoke prinose, ali s stanovišta ishrane slabije je kvalitete (nizak sadržaj bjelančevina), nije sklona stvaranju zaperaka i ima krupne klipove s 16 – 20 redova zrna. Boja zrna je žuta, do bijela. Karakteristično za ovu podvrstu oblik zrna koji je podsjeća na zub. Bočni dijelovi zrna su caklaste, a središnji dio zrna (endosperm) brašnjave je strukture. Prilikom sazrijevanja brašnjavi dio zrna brže gubi vodu što rezultira karakterističnim udubljenjem na kruni zrna.
- **Tvrdunac (Zea mays indurata) -** ima zrno okruglog ili plosnatog oblika sa većim sadržajem bjelančevina i pogodniji je za ljudsku i stočarsku proizvodnju. Zrno je tvrdo, okruglog do ovalnog oblika i sjajno (staklasti endosperm zauzima veći dio zrna i nalazi se na periferiji, dok je središnji dio brašnjav). Boja zrna može biti bijela, žuta, ljubičasta, narančasta ili crvena. Klipovi su obično kraći i tanji od klipova zubana. Na klipu se formira 8 – 16 redova zrna, a ova pod vrsta je sklonija stvaranju

zaperaka. Tvrdunac ima kvalitetnije zrno od zubana (veća hranidbena vrijednost) no prinosi su u pravilu niži.

- **Šećerac (Zea mays L.sacharata sturt.) -** zrno šećerca ima smežuranu površinu, te polu providan caklasti endosperm u kojem, ima malo škroba. Nastao je mutacijom zubana i tvrdunca, pojavomrecesivnih sugar gena (su_1 i su_2 na 4.i 6. kromosomu) koji sprječavaju da se dio šećera transformira u škrob. Zbog toga se u endospermu šećerca pored različitih oblika škroba nalaze i vodotopivi dekstrini koji zrnu daju sladak okus. Šećerci imaju izraženo svojstvo stvaranja zaperaka, više klipova po jednoj biljci i skloniji su polijeganju i busanju. Koriste se u ishrani ljudi, a mogu se pripremiti kuhanjem ili konzerviranjem.
- **Kokičar (Zea mays L. Everta Sturt.)** - zrno kokičara je ekstremno tvrdo, a endosperm je gotovo u potpunosti caklav, izuzev malog brašnjavog dijela oko klice. Za kokičare je karakteristično da se prilikom zagrijavanja zrna oslobađa vodena para pod čijim pritiskom puca perikarp, zrno povećava volumen, a endosperm izlazi van u obliku bijele, mekane i šupljikave mase. Najkvalitetnije sorte i hibridi povećavaju volumen i do 40 puta od početnog. Kukuruz kokičar također ima svojstvo stvaranja zaperaka i većeg broja klipova na biljci.
- **Mekunac (Zea mays L. Amylacea Sturt.)** - u ovu vrstu ubrajamo škrobni ili brašnjasti tip kukuruza. Endosperm zrna je brašnjave građe, bez prisustva caklavog dijela. Ova pod vrsta uglavnom se koristi za proizvodnju alkohola i škroba visokog stupnja čistoće.
- **Voštani kukuruz (Zea mays L. Ceratina Kulesk.) -** je nastao mutacijom sjeverno – američkih sorti, pojavom Wh gena na 9. kromosomu. Zrno ovog kukuruza po obliku i strukturi podsjeća na zrno tvrdunca, ali ima površinu bez sjaja. Karakterizira ga dvostuki endosperm, vanjski dio zrna je neprovidan i podsjeća na vosak, dok je unutrašnji ispunjen škrobnim zrncima (molekule amilopektina) čijim kuhanjem se dobiva škrobno ljepilo.
- **Pljevičar (Zea mays L. Tunicata Sturt.)** - je nastao mutacijom, pojavom recesivnog Tu gena na 4. kromosomu. Djelovanje ovog gena manifestira se pojavom pljevica koje obavijaju zrno kukuruza. Ova pod vrsta nema gotovo nikakvo gospodarsko značenje, a služi uglavnom za znanstvena istraživanja.
- **Poluzuban (Zea mays L. Semiidentata Kulsk.) -** se od zubana razlikuje manjim izraženim udubljenjem na vrhu zrna i većim sadržajem endosperma. Zrno je manje plosnato, deblje i na krajevima zaobljeno.Različite je boje i veličine.

- **Škrobni šećerac (Zea mays L. Amylosacharata Sturt.) -** zrno škrobnog šećerca ima klinasti oblik, donji dio zrna i približno je 2/3 brašnjav dok je vršni dio slično kao kod šećerca. Uzgaja se uglavnom u Južnoj Americi (Peru, Bolivia) i nema većeg privrednog značaja.

1.5. Agroekološki uvjeti za proizvodnju kukuruza

Zahtjevi kukuruza prema temperaturi

Kukuruz za rast i razvoj treba dosta topline. Ukoliko ima dovoljno vode u tlu faze rasta i razvoja se najbrže odvijaju na temperaturama oko 30° C. Smatra se da je optimalna temperatura zraka za rast kukuruza 24 do 29° C. Minimalna temperatura zraka nakon nicanja je 12 do 13° C, a maksimalna 40 - 45° C. Za normalna rast i razvoj do zriobe hibridi kukuruza moraju tijekom vegetacije nakupiti određenu sumu toplinskih jedinica (srednje dnevne temperature zraka umanjenje za 10). Na početku vegetacije može podnijeti temperature od -2 do -3° C uz oštećenje prvih listova. Ukoliko nije oštećen vegetativni vrh, biljka će nastaviti sa rastom i razvojem, ali u fazi 6 i više listova kada s vegetativni vrh nalazi iznad površine tla, mraz će uništiti cijelu biljku. Fiziološka zrioba kukuruza u jesen bi trebala nastupiti prije prvih jesenskih mrazeva da ne bi došlo do prekida nalijevanja. Kukuruz je u cvatnji osjetljiv na visoke temperature (30 - 35° C), pogotovo ako još postoji nedostatak oborina i niska relativna vlaga zraka što dovodi do slabije oplodnje.

Zahtjevi kukuruza prema vodi

Za uspješnu proizvodnju kukuruza potrebna je dobra opskrbljenost vodom. Potrebna količina vode osigurava nam se tijekom vegetacije kroz oborine i zalihama vode u tlu akumulirane tijekom jesensko – zimskog razdoblja i u proljeće prije sjetve. Uz rezerve vode u tlu potrebno je da tijekom vegetacije padne još 350 – 400 mm dobro raspoređenih oborina, jer raspored oborina vrlo je važan za uspješnost proizvodnje kukuruza. Osobito je važno da u razdoblju prije cvatnje i u cvatnji kukuruz bude dobro opskrbljen vodom. U istraživanjima provedenim u Iowi (SAD) utvrđeni su idealni klimatski uvjeti za uzgoj kukuruza koji su prikazani u tablici 4 (Wallace i Bresman, 1949.).

Tablica 4. Idealni uvjeti za uzgoj kukuruza

Mjesec	Srednje temperature, ° C	Oborine, mm
Svibanj	18,3	87,5
Lipanj	21,7	87,5
Srpanj	22,8	112,5
Kolovoz	22,8	112,5

(Izvor: Pospišil, 2010.)

Zahtjevi kukuruza prema tlu

Kukuruz se može dobro prilagoditi raznim tlima, ali najbolje mu odgovaraju duboka, rastresita i propusna tla koja mogu zadržati puno vode, srednje teška (ilovasta) tla bogata organskom tvari i biljnim hranivima, a koja nisu kisela. Lagana pjeskovita tla su pogodna za uzgoj kukuruza samo ako su podzemne vode visoke (0.5 m od površine). Za kukuruz nisu pogodna teška, glinasta tla, koja su vlažna i hladna, zbog slabe propusnosti i prozračnosti. Kukuruz se može uzgajati na površini do 3 – 5% nagiba. Ukoliko je nagib veći, s obzirom da je kukuruz širokoredna kultura, može doći do erozije tla.

Zahtjevi kukuruza prema svjetlosti

Uz puno topline kukuruz treba i puno svjetlosti. Kukuruz je biljka kratkog dana, iako može dobro uspijevati i u uvjetima dužega dana, što mu omogućava sortiment s kratkom vegetacijom i sposobnošću prilagođavanja. Kukuruz se sije u sve gušćim sklopovima, pa se pitanje osvjetljenja zaoštrava. Bolje korištenje svjetlosti rješava se selekcijom hibrida s uspravljenijim listovima, pa se tako manje zasjenjuju donji listovi.

1.6. Agrotehnika proizvodnje kukuruza

Plodored

Dobri predusjevi za kukuruz su pšenica i ostale strne žitarice, uljana repica, sve jednogodišnje mahunarke (soja, bob, grašak, grahorica), suncokret. Žetva ovih kultura obavlja se dovoljno rano da se može pravovremeno obaviti obrada tla. Pšenica i kukuruz imaju neke zajedničke korove, to npr može biti slak koji se razmnožava podzemnim organima i sjemenom. Uljana repica vrlo dobro guši korove i ostavlja čisto polje, a ujedno

i poboljšava plodnost tla ostavljajući veliku biljnu masu koja je bogata biljnim hranivima, te se zbog svog dubokog korijena koji rahli tlo može reći da je najbolji predusjev za kukuruz.. Šećerna repa je dobar predusjev, ali samo ako se izvadi dovoljni rano da bi obrada tla mogla obaviti prije većih oborina. Višegodišnje mahunarke (lucerna i djetelina) su dobri predusjevi, zbog obogaćivanja tla organskom masom i biljnim hranivima, ali treba obratiti pažnju na zemljišne štetnike. U nedovoljno vlažnim krajevima, a tu se mogu ubrojiti naši istočni dijelovi zemlje, zbog velike potrošnje vode lucerna može jako isušiti tlo u dubokim profilima.

Osnovna obrada tla

Broj operacija osnovne obrade tla ovisi o predusjevu i tipu tla. Ako su predusjev kukuruzu bile strne žitarice ili uljana repica, poželjno je odmah nakon žetve obaviti prašenje strništa jer se time olakšava kasnije oranje. Prašenjem strništa se unose žetveni ostatci, prekida se kapilaritet tla te se sprječava gubitak vode. Istovremeno se u tlo unosi sjeme korova i omogućava njihovo nicanje, a daljnjim operacijama obrade se korovi uništavaju. Ako je neki kasniji predusjev prvi zahvat je oranje, oranje na dubinu od 25 do 30 cm, koje se obavlja ujesen pri povoljnoj vlažnosti tla od 40 – 60% poljskog vodnog kapaciteta ostvaraju se najbolji prinosi kukuruza. Oranje na 30 ili 35 cm opravdanije je u istočnim sušim područjima, a na oko 25 cm u zapadnim vlažnijim krajevima Hrvatske. Osnovna obrada tla se u pravilu obavlja ujesen, ali se može obaviti i u proljeće što ovisi o predusjevu, svojstvima tla, vlažnosti tla i nagibu terena. Teška glinasta i srednje teška tla treba orati u kasnom ljetnom ili ranom jesenskom razdoblju jer su tada u povoljnom stanju vlažnosti i na taj način se osigurava rezerva vode što osobito dolazi do izražaja u sušnim godinama, oranje ovih tala u kasnu jesen ili proljeće je nemoguće iz razloga što su prevlažna. Osnovna obrada laganih pjeskovitih tala obavlja se u proljeće jer mogu nakon zimskih oborina biti jako zbijena. Ako se oranje obavlja u proljeće, tlo do dubine oranja treba biti dovoljno prosušeno. Nakon proljetnog oranja tlo se mora što prije poravnati i pripremiti za sjetvu jer će nakon porasta temperature brzo otvrdnuti pa će predsjetvena obrada biti otežana i nekvalitetna. Ljetno jesensko oranje ne bi se smjelo provoditi na nagnutim terenima zbog opasnosti od erozije uslijed oborina u razdoblju do sjetve jer su poorane površine podložnije odnošenju tla uslijed većih oborina od nepooranih površina.

Predsjetvena obrada tla

U proljeće se obavlja tanjuranje i drljanje, a ako je stanje tla povoljno, dovoljno je obradu tla obaviti sjetvospremačem ili nekim sličnim kombiniranim oruđima u jednom ili dva prohoda. U današnje vrijeme izbjegava se upotreba tanjurače, jer će tanjurača iznositi na površinu nesmrzavano, nestrukturno tlo, koje nećemo moći kvalitetno pripremiti za sjetvu.

Tijekom vegetacije obavlja se jedna ili dvije kultivacije uz istovremenu prihranu dušikom. Prva kultivacija se izvodi u fazi 4 – 5 listova kukuruza, a druga u fazi 8 – 12 listova. Prilikom izvođenja kultivacije treba voditi računa o razvijenosti korijenovog sistema. Zaštitna zona u prvoj kultivaciji je 15 – 20 cm (7,5 – 10 cm udaljenost od lijevog i desnog reda), a drugoj 25 – 30 cm.

1.7. Potrebe za hranivima i gnojidba

Dušik

Za normalnu fiziološku aktivnost biljke u svim njezinim fazama rasta i razvoja mineralna ishrana jedan je od bitnih čimbenika. Dušik vezan u tlu u organskoj tvari, kukuruz može iskoristiti nakon razgradnje koju obavljaju mikororganizmi tla. Djelovanjem mikroorganizama, u povoljnim uvjetima temperature, vlažnosti i reakcije tla, organski dušik prelazi u pristupačne anorganske oblike. Kukuruz najviše usvaja nitratni oblik dušika. Nitratni oblik dušika je podložan ispiranju, osobito u godinama s puno oborina. Kukuruz najintenzivnije usvaja dušik u početku formiranja zrna, tj. 10 – 15 dana nakon oplodnje, kad dnevna akumulacija dušika po hektaru doseže preko 8 kg. U razdoblju od nicanja do metličanja – svilanja, kukuruz treba dnevno oko 7 kg dušika po hektaru, a u razdoblju mliječno – voštane zriobe dnevna akumulacija dušika kreće se od 1 – 3 kg dnevno. Zrno u punoj zrelosti sadrži 2/3 od ukupnog dušika u biljci. Polovica dušika u zrelom zrnu potječe od translokacije iz drugih dijelova biljke. Gnojidbu kukuruza treba obavljati na osnovu karakteristika hibrida, te rezultata kemijskih analiza tla i biljnog materijala. Na većini naših tala dobri prinosi kukuruza mogu se postići primjenom 150 do 200 kg N/ha (Pospišil, 2010.).

Fosfor

Fosfor se u tlu nalazi u organskoj tvari, te u raznim mineralima iz kojih ga kukuruz ne može direktno usvajati. Razgradnjom organske tvari odnosno raspadanjem minerala manji dio fosfora prelazi u pristupačne oblik i nalazi se u otopini tla. Za razliku od dušika fosfor je slabo pokretan u tlu (2 – 3 cm godišnje) i ne ispire se. Prije određivanja količine gnojiva potrebno je napraviti kemijske analize tla kojima se utvrđuje sadržaj pristupačnog fosfora i kalija u tlu. Ako je sadržaj fosfora i kalija u tlu srednji (11 – 20 mg/100 g tla), kukuruz za dobar prinos treba gnojiti onolikom količinom ovih hraniva koliko ih je potrebno za izgradnju planiranog prinosa. Ako je sadržaj ovih hraniva u tlu visok (iznad 20 mg/100 g tla), tada trebamo gnojiti sa manjim količina od onih koje su potrebne za izgradnju planiranog prinosa. U slučaju da je sadržaj fosfora i kalija u tlu nizak (0 – 10 mg/100 g tla), tada treba gnojiti sa većim količinama ovih hraniva od potrebnih za ostvarivanje dobrih prinosa, a ujedno time podižemo razinu fosfora i kalija u tlu. Kukuruz je najosjetljiviji na nedostatak fosfora u prvom dijelu vegetacije, od nicanja do 30 – 40 dana porasta, zato u tom razdoblju kukuruz mora biti dobro opskrbljen fosforom. Najviše fosfora akumulira se u zrnu, a najmanje u komušini i oklasku. Gnojidbom bi trebalo dodati 100 – 150 kg P_2O_5/ha (Pospišil, 2010.).

Kalij

Kukuruz ima velike potrebe na kaliju osobito u vegetativnoj fazi porasta. Najveće potrebe za kalijem su u razdoblju do metličanja i oplodnje jer to tada biljka iskoristi do 70% kalija od ukupne potrebne količine. U razdoblju formiranja zrna pa sve do zriobe potrebe za kalijem se smanjuju. Kalij u tlu najviše je vezan u mineralima i nepristupačan je za kukuruz. Kalij je kao i fosfor slabo pokretan u tlu i slabo se ispire vodom. Količina pristupačnog kalija različita je u različitim tlima i utvrđuje se kemijskim analizama te se na osnovu toga određuje potrebna količina hraniva. Za dobre prinose kukuruza treba 120 – 200 kg K_2O/ha (Pospišil, 2010.).

Ostala hraniva

Osim ova tri nabrojana hraniva kukuruz ima potrebe i za sumporom i cinkom. Kukuruz najintenzivnije usvaja sumpor u fazi metličanje – svilanje. U našim tlima uglavnom nema nedostatka ovog hraniva, a primjenom kompleksnih NPK gnojiva u tlo se unosi i sumpor. Od mikroelemenata cink ima najveći utjecaj na porast kukuruza. Sadržaj cinka u tlu varira

ovisno o matičnom supstratu, teksturi tla, sadržaju organske tvari, pH vrijednost tla i drugih čimbenika. Tla koja imaju malo pristupačnog cinka treba gnojiti cinkovim sulfatom (do 20 kg/ha) ili NPK gnojivima koja sadrže i cink.

Način i vrijeme primjene gnojiva

Predviđena količina dušika, fosfora i kalija mora se primijeniti u određeno vrijeme da bude dostupno korijenu biljke u odgovarajućoj fazi rasta i razvoja. Ujesen prije oranja primjenjuje se 70% P_2O_5 i K_2O, a u proljeće prije sjetve ili sa sjetvom 30% P_2O5 i K_2O. Fosfor se može primijeniti istovremeno sa sjetvom (startna primjena) i u tom slučaju iskorištenje je 60 – 80% za razliku od primjene prije osnovne i predsjetvene obrade tla kad je iskorištenje svega 15 – 20%. Predviđena količina dušika primjenjuje se u osnovnoj i predsjetvenoj obradi tla te u jednoj ili dvije prihrane. Dodavanje cjelokupne količine dušika prije sjetve povećava koncentraciju dušika u sjetvenom sloju tla što nepovoljno utječe na klijanje i nicanje. U ljetnim mjesecima važno je da kukuruz bude dobro opskrbljen dušikom u dubljim slojevima tla koji sadrži više vlage. To se osigurava primjenom dijela dušika prije oranja. U sušnijim istočnim krajevima Hrvatske prije oranja primjenjuje se 1/3 do ½ od predviđene količine dušika, no ovakav način treba izbjegavati na tlima koji imaju visoku razinu podzemne vode i na pjeskovitim tlima, jer postoji mogućnost od ispiranja dušika. Ostatak dušika se primjenjuje prije predsjetvene pripreme tla i u prihrani. Prihrana dušikom obavlja se istovremeno s kultivacijom usjeva i može se provesti jedan ili dva puta ovisno o količini dušika, ali prije brzog vegetativnog porasta. Prije osnovne obrada tla primjenjuju se kompleksna mineralna gnojiva NPK 7:20:30, NPK 8:26:26, NPK 10:20:30 i urea (46% N). Predsjetveno se primjenjuje urea. U startnoj gnojidbi primjenjuje se NPK 15:15:15. Prihrana se najčešće obavlja KAN – om (27% N). Kukuruz dobro reagira na gnojidbu zrelim stajskim gnojem. Stajski gnoj se primjenjuje prije oranja u količini 20 – 40 t/ha. Međutim treba voditi računa da se stajski gnoj ne iskoristi u prvoj godini u cijelosti. U prvoj godini nakon primjene od 1 tone stajskog gnoja na raspolaganju je oko 2 kg dušika, 1,7 kg P_2O_5 i 3,5 kg K_2O (Pucarić, 1997.).

1.8. Sjetva kukuruza

Izbor hibrida

Izbor hibrida kukuruza ovisi o načinu korištenja kukuruza**.** Osnovna tri načina korištenja kukuruza su:

1. Proizvodnja suhog zrna. Berba kukuruza se obavlja kad zrno sadrži 25 – 28% vode. Nakon berbe zrno se mora dosušiti kako bi se moglo skladištiti u silosima ili drugim skladištima. Ako se berba obavlja beračima, pobrani se klipovi čuvaju i prirodno suše u koševima ili drugim spremištima. Za proizvodnju suhog zrna, kukuruz mora doći u fiziološku zriobu 15 dana prije pojave jesenskih mrazeva.
2. Proizvodnja vlažnig zrna ili klipa. Berba se obavlja u fiziološkoj zriobi kad zrno sadrži oko 35% vode. Tada se pojavljuje crni sloj na dnu zrna, a cijelo zrno otvrdne. Nakon berbe vlažno zrno ili klip se usitnjava i silira. Zrno mora postići fiziološku zriobu najkasnije do pojave prvog jesenskog mraza.
3. Proizvodnja silažne mase cijele biljke. Usitnjavanje biljne mase za proizvodnju silaže obavlja se kad je vlažnost mase 65 do 75%. Tada zrno sadrži oko 45% vode.

Za proizvodnju suhog zrna u istočnoj Slavoniji i Baranji treba sijati hibride iz vegetacijskih skupina 300 do 400, manje od 500, a u zapadnoj Hrvatskoj iz skupine 200 do 300, manje od 400. Za proizvodnju vlažnog zrna u istim područjima mogu se sijati hibridi za jednu vegetacijsku skupinu kasniji nego za proizvodnju suhog zrna. Za proizvodnju silaže u istočnoj Slavoniji i Baranji treba koristiti hibride vegetacijskih skupina 600 i 700, u središnjoj Hrvatskoj 500 i 600, a u zapadnoj Hrvatskoj 300 i 400.

Za izbor hibrida kukuruza bitna su sljedeća svojstva: rodnost hibrida, otpornost na lom stabljike ispod klipa i polijeganje, otpornost na bolesti i štetnike. Uz dužinu vegetacije rodnost, odnosno prinos zrna ili zelene mase je najvažnije svojstvo pri izboru hibrida za sjetvu u određenom području.

Pored navedenih hibrida i načina korištenja postoje i hibridi za specijalne namjene. To su:

1. Voštani kukuruz koji se koristi u industrijskoj preradi.
2. Kukuruz šećerac.
3. Uljni kukuruz koji ima povećan sadržaj ulja u zrnu 6 – 7%.
4. Visokolizinski kukuruz koji u zrnu ima povećan sadržaj aminokiseline lizina.

5. Kukuruz kokičar
6. Kukuruz bijele boje koji može biti tipa zubana ili tvrdunca ili prijelazni tip.

Kvaliteta sjemena

Za sjetvu treba koristiti sjeme koje proizvode i dorađuju ovlašteni proizvođači sjemena. Sjeme se pakira u papirnate vreće po broju zrna. Mora imati visoku klijavost (90%) i čistoću (98%). Sjeme kukuruza mora biti tretirano fungicidima.

Rok sjetve

Kukuruz se može početi sijati kad se u proljeće tlo zagrije na 10° C i kad prođe opasnost od češće pojave kasnih mrazeva. U našim glavnim područjima proizvodnje sjetva kukuruza najčešće počinje između 10. i 25. travnja. Ukoliko se sjetva obavlja izvan optimalnog roka, treba sijati ranije hibride jer je kod njih smanjenje prinosa u kasnijim rokovima sjetve manje nego kod kasnijih hibrida. Kukuruz se može sijati i u postrnoj sjetvi iza neke ozime kulture. U tom slučaju treba sijati ranije hibride. U istočnoj Slavoniji pri sjetvi 1. lipnja dozorit će hibridi vegetacijske skupine 300, pri sjetvi 10. lipnja skupina 200, a pri sjetvi 20. lipnja skupina 100.

Norma sjetve

Sjetvena norma ovisi o tome kojoj FAO vegetacijskoj grupi hibrid pripada (tablica 5.). Raniji hibridi se siju gušće, a kasni rjeđe. To je stoga što rani hibridi imaju manji broj listova po biljci, odnosno manju lisnu površinu u odnosu na kasne hibride, a optimalni indeks lisne površine koji bi trebali ostvariti svi hibridi je 3 – 4. Ako se kukuruz proizvodi za silažu cijele biljke, gustoća sklopa treba biti 10 – 15% veća.

Tablica 5. Optimalna gustoća sklopa u berbi za vegetacijske skupine kukuruza

Vegetacijska skupina hibrida kukuruza	Gustoća sklopa u berbi (broj biljaka na hektar)
100	70000 – 90000
200 i 300	65000 – 85000
400 i 500	60000 – 75000
600 i 700	50000 – 65000

(Izvor: Pospišil, 2010.)

Način sjetve

Sjetva se obavlja mehaničkim i pneumatskim sijačicama u redove razmaka 70 cm, a razmak u redu ovisi o dužini vegetacije te ga treba izračunati za svaki hibrid. Raniji hibridi se siju na manji razmak unutar reda, a kasniji na veći. Sve sijačice u uputama za rad imaju izračunate podatke (razmak redova i razmak u redu) za određeni broj biljaka po hektaru. Najbolja kvaliteta sjetve postiže se pneumatskim preciznim sijačicama s odgovarajućim sjetvenim pločama za kukuruz. U idealnim uvjetima sjetve i optimalnom roku najpovoljnija dubina sjetve za brzo klijanje i nicanje je 4 – 5 cm. U ranijim rokovima sjetve kad su temperature niže, a sjetveni sloj vlažniji treba sijati pliće, 2,5 – 3 cm. U kasnijim rokovima sjetve, kad u tlu ima manje vode, treba sijati na veću dubinu, 6 – 7 cm.

1.9. Zaštita od korova

Najvažniji korovi u usjevu kukuruza su koštan (*Echinochloa crus – galli (L.) PB*), loboda (*Chenopodium spp.*), obični šćir (*Amaranthus retroflexus L.*), ambrozija (*Ambrosia spp.*), mračnjak (*Abutilon theophrasti Med.*), divlji sirak (*Sorghum halepense* (*L.*) *Pers.*), pirika (*Agropyron repens* (*L.*) *PB.*), poljski osjak (*Cirsium arvense* (*L.*) *Scop.*) i slak (*Convolvulus sp.*). Suzbijanje korova obvezatni je agrotehnički zahvat njege. Korovi oduzimaju vegetacijski prostor, hranu, vodu i svjetlo, povećavaju zarazu od bolesti i napad štetnika. Korove možemo suzbijati mehanički i kemijski ili kombinirano. U uvjetima slabe zakorovljenosti tla korove između redova možemo uništavati kultiviranjem a u redu herbicidima. Za suzbijanje korova u kukuruzu postoji velik broj vrlo djelotvornih herbicida, koji se mogu primjenjivati prije sjetve, zajedno sa sjetvom, nakon sjetve, prije i poslije nicanja. Treba upozoriti da povećanjem količine herbicida nećemo postići bolje

rezultate, već možemo prouzročiti fitotoksično djelovanje na kukuruz a zaostajanje rasta i razvoja kukuruza.

1.10. Zaštita od štetnika

Najznačajniji štetnici kukuruza su kukuruzni moljac (*Ostrinia nubilalis Hubner*) i kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera LeConte*). Gusjenice kukuruznog moljca buše stabljiku pa dolazi do loma. Ulaze i u klip i oštećuju zrno. Štete se mogu smanjiti sjetvom otpornih hibrida te zaoravanjem kukuruzovine. Kukuruzovinu treba zaorati ili ukloniti s polja najkasnije do polovice svibnja da se spriječi izlazak leptira iz kukuruzovine i zaraza novog usjeva. Za smanjenje štete od kukuruzne zlatice najvažniji je plodored, što znači da nije poželjno sijati kukuruz u monokulturi jer su tada štete velike. Velike štete kukuruzu mogu nanijeti i zemljišni štetnici među kojima su najznačajniji žičnjaci (*Agriotes spp.*). Žičnjaci se suzbijaju unošenjem insekticida u tlo prije sjetve ili istovremeno sa sjetvom. U ranim fazama razvoja kukuruz mogu napasti i sovice pozemljuše (*Agrotis spp.*) čije gusjenice grizu biljke nisko pri tlu.

1.11. Zaštita od bolesti

Najznačajnije bolesti kukuruza su fuzariozne truleži stabljike i klica (*Fusarium spp*) te siva pjegavost lista (*Helminthosporium turcicum*). U kukuruzu se ne provodi kemijsko suzbijanje bolesti. Štete od bolesti mogu se umanjiti sjetvom otpornih hibrida, širim plodoredom tj. uvrštavanjem u plodored kultura iz drugih botaničkih porodica koje nemanju slične bolesti kao i kukuruz.

1.12. Berba kukuruza

Ako se kukuruz koristi za silažu cijele biljke, berba se vrši silažnim kombajnom kad cijela biljna masa ima vlagu 70%, odnosno kad je vlaga nedozrelog zrna 45%. Ako se kukuruz koristi samo za silažu klipa, siliranje se vrši kad je zrno fiziološki zrelo, odnosno vlaga zrna je 35%. Za proizvodnju suhog zrna, što je najraširenij način korištenja kukuruza kod nas, berba se obavlja žitnim kombajnom prilagođenim za berbu i runjenje zrna kukuruza

kad je vlaga zrna 25 – 28%. Tada se postižu najviši prinosi uz najmanje gubitke zbog lomljenja ili polijeganja biljaka, spontanog ispadanja klipova iz komušine i ispadanja zrna s klipova pri njihovom otkidanju. Takvo zrno se mora sušiti u sušarama do vlage od 13% pri kojoj se može uspješno čuvati u skladištima. Berba kukuruza se može obaviti i u klipu, beračem – komušačem, pri čemu se sušenje obavlja prirodnim putem u koševima. Berba je obično krajem rujna i tijekom listopada. (Pospišil, 2010.).

1.13. Navodnjavanje kukuruza

Kukuruz je otporan na sušu, ekonomično troši vodu, transpiracijski koeficijent mu je mali 250 mm – 400 mm. Biljka formira veliku vegetativnu masu, daje visoke prinose, ima dugu vegetaciju, ali i zahtjeva i troši ukupno velike količine vode. Uspješno prebrodi sušu, koristeći teže pristupačne oblike vode iz aktivne rizosfere i vodu iz dubljih slojeva tla, ali u takvim uvjetima daje niske prinose. Dobro iskoristi i minimalne oborine, zahvaljujući obliku i položaju lišća, niz koje se voda slijeva preko stabljike i vlaži zemljište uz samu biljku, odakle je usvajaju žilice adventivnog korijenja. S obzirom na različite vrijednosti potrebe kukuruza za vodom, što ovisi o dužini vegetacijske sezone, grupi zrenja i agroekološkim uvjetima gdje se usjev uzgaja. U uvjetima koji vladaju na našem području, primjenom različitih sustava počevši od empirijskih procjena, obračunskih postupaka pa do eksperimentalnih mjerenja sa lizimetrima i u poljskim uvjetima više autora je odredilo različite potrebe kukuruza za vodom (od 418 mm do 642 mm). Potreba kukuruza za vodom raste od sjetve, dostiže najviše vrijednosti u ljetnim mjesecima, zatim opada do kraja vegetacije, što je povezano s rastom, razvojem, formiranjem prinosa i zriobom kukuruza, kao i promjenama klimatskih uvjeta u razdoblju vegetacije. Kukuruz najviše zahtjeva i troši vode u fazi 7 do 10 dana prije metličanja do završetka oplodnje. U prvom dijelu ove razvojne faze, formiraju se generativni organi koji su osnova prinosa. U drugom dijelu ove razvojne faze neophodna je optimalna vlažnost tla da bi se obavila potpuna oplodnja. Ako nije dostatna opskrba vodom vršni dio klipa može ostati neoplođen («krezubost»), a u težim slučajevima «krezubost» se javlja i na drugim dijelovima klipa. Osobito nepovoljne za oplodnju mogu biti kombinacije visoke temperature zraka i niske relativne vlage zraka. U takvim uvjetima djelotvorna mogu biti osvježavajuća navodnjavanja, kojima se povećava relativna vlaga zraka i time stvaraju povoljni uvjeti za oplodnju. Početak navodnjavanja može se odrediti prema kritičnim fazama razvoja za vodu. Za to je potrebno dobro poznavati početak navedenih faza razvoja. Kod primjene navodnjavanja prema

kritičnim fazama sa širokozahvatnim samohodnim uređajem sa navodnjavanjem treba početi pravovremeno od faze intenzivnog porasta biljaka obavljati ih do završetka nalijevanja zrna (polovica srpnja – kraj kolovoza). Obzirom da je kukuruz visok usjev, prikladan je za navodnjavanje sa širokozahvatnim samohodnim strojevima. Navodnjavanje umjetnom kišom ima povoljniji utjecaj na mikro klimu, te ima veće učinke na prinos. Ukoliko se primjenjuje navodnjavanje prema stanju vlažnosti tla, tehnički minimum za kukuruz je 60% do 65% od vrijednosti PVK, odnosno na razini lentokapilarne vlažnosti tla. Pri povećanoj vlažnosti tla, kukuruz neracionalno troši vodu na evapotranspiraciju, pri čemu formira bujnu vegetativnu masu na štetu prinosa zrna. Optimalnu vlažnost tla treba održavati u zoni aktivne rizosfere koja za kukuruz iznosi oko 60 cm. U literaturi se preporučuju norme navodnjavanja za umjetnu kišu 40 mm do 60 mm, u ovisnosti od vodnih, fizikalnih osobina tla. Ukoliko je duže beskišno i sušno razdoblje, optimalnu vlažnost je neophodno održavati u oraničnom sloju minimum 20 cm do 40 cm dubine. Broj navodnjavanja ovisi o načinu navodnjavanja i opreme za navodnjavanje, a norma navodnjavanja je do 250 mm u ovisnosti od količine i rasporeda oborina. U uvjetima navodnjavanja se postižu stabilni prinosi na visokoj razini 12 t/ha do 15 t/ha, a u široj proizvodnji na većim površinama u uvjetima navodnjavanja se postižu prinosi oko 10 t/ha. Na nekoliko sustava navodnjavanja postignuti su prinosi od 12 t/ha, tamo je elimiriran prirodni deficit vode i obavljena suvremena tehnologija proizvodnje (Mađar i Šoštarić, 2009.).

1.13.1 Utjecaj suše na prinos kukuruza

Suša se u našim krajevima pojavljuje sve češće, najvjerojatnije kao izravnih posljedica globalnog zatopljenja, te kao takva predstavlja značajno ograničenje agroekoloških čimbenika za biljnu proizvodnju (IPCC, 2007.). Jedan od najvažnijih usjeva na našim oranicama, kukuruz, na nedostatak vode može rezultirati nižim habitusom biljke i masom suhe tvari (NeSmith i Ritchie, 1992; Abrecht i Carberry, 1993; Robins i Domingo, 1953; Claassen i Shaw, 1970), te usporenim rastom i razvojem konusa rasta, kasnijeg metličenja, zakašnjelog svilanja, te na kraju i problema s nalijevanjem zrna (NeSmith i Ritchie, 1992; Abrecht i Carberry, 1993.). Pri vlažnosti tla ispod 10% od maksimalnog vodnog kapaciteta, kukuruz prestaje rasti. Prema Pucariću (1992.) u istočnoj Hrvatskoj u srpnju i kolovozu nedostaje oko 70 mm oborina, što je glavni ograničavajući čimbenik postizanja viših

prinosa kukuruza. Prema tome kritično razdoblje potreba za vodom je 15 do 10 dana prije i 15 do 20 dana poslije metličanja, kada kukuruz treba 100 mm oborina. Kao posljedica nedostatka vode u vegetaciji, ovisno o kojoj je fazi nastupio deficit vode; javlja se produžavanje razdoblja od sjetve do nicanja, manje je začetih cvjetova, veći udio sterilnih cvjetova, manje polena, kraće je razdoblje cvjetanja metlica, kasni pojava svile (10-12 dana) te je nepotpuna oplodnja. Deficit vode u fazi formiranja i nalijevanja zrna rezultira skraćivanjem razdoblja nalijevanja, kraćim oklaskom, nedovršenim klipom, manjom apsolutnom masom zrna i nižim prinosom. Potrebe za vodom u fazi sazrijevanja zrna se smanjuju, poželjno je toplije i suho vrijeme radi što povoljnije vlage zrna za berbu (Kovačević, 2015.).

1.13.2 Navodnjavanje u svijetu i Republici Hrvatskoj

Navodnjavanje je u osnovi agrotehnička mjera u biljnoj proizvodnji kojom se tlu dodaju potrebne količine vode za optimalan rast i razvoj biljke u cilju ostvarenja što većega uroda. Navodnjavanje poljoprivrednih kultura je vrlo stara melioracijska mjera i praksa koju su koristile mnoge civilizacije u prošlosti. Prapočeci navodnjavanja su vjerojatno bili u Kini i Indiji, a poznati su sustavi u dolinama rijeka Eufrata i Tigrisa (današnji Irak). Tu su još u predbiblijska vremena živjeli Asirci, Babilonci i drugi narodi koji su već 4.000 – 6.000 godina prije Krista poznavali razne načine i tehnike navodnjavanja te ih koristili na svojim poljima. Razvijena civilizacija drevnoga Egipta vrlo uspješno je koristila vode rijeke Nila za navodnjavanje poljoprivrednih površina. Tehnike dovođenja vode su za današnjicu bile na nižoj razini, ali su učinci bili postizani. Da su civilizacije svoj razvoj i opstanak temeljile na vodi, danas postoje brojni zapisi iz starije i novije povijesti (Josipović i sur., 2013.).

Hrvatska je po broju navodnjavanih površina i dalje na začelju u Europi, iza Albanije. Iako bez navodnjavanja, više nema ozbiljne poljoprivredne proizvodnje, jer su globalne klimatske promjene s većim sušnim razdobljima učestale. Od 2005 – 2009. godine, površine pod navodnjavanjem udvostručene su sa 9 500 ha na 18 000 ha. Danas se na poljoprivrednim kućanstvima u Hrvatskoj najviše površina navodnjava u Splitsko-dalmatinskoj i Dubrovačko-neretvanskoj županiji. Kada je riječ o poslovnim subjektima, tada je najviše navodnjavanih površina u Osječko-baranjskoj županiji (Mađar, Šoštarić, 2009.).

Danas se u svijetu trenutačno navodnjava 250 miliona hektara ili oko 17% obradivih površina, a na njima se proizvodi oko 40% svjetske hrane i poljoprivrednih sirovina. U Europskoj uniji (EU) danas se najviše navodnjava u zemljama južne Europe, pa tako u Italiji oko 23,0%, Portugalu 21,0%, Grčkoj 38%, Španjolskoj 18% od ukupnih obradivih površina (Mađar i Šoštarić, 2009.).

1.13.3 Sustavi za navodnjavanje u proizvodnji kukuruza

Sustavi kišenjem

Navodnjavanje kišenjem ili umjetno kišenje je takav način dodavanja vode nekoj kulturi da se ona raspodjeljuje po površini terena u obliku kišnih kapljica, oponašanjem prirodne kiše. Voda se zahvaća na izvorištu crpkama i pod pritiskom (do 7 i više bara) se kroz sustav cjevovoda dovodi do proizvodnih poljoprivrednih površina gdje se pomoću rasprskivača raspodjeljuje u kapljicama po navodnjavanoj površini. Umjetno kišenje danas zauzima velike površine u poljoprivrednoj proizvodnji i po zastupljenosti je odmah iza sustava površinskog navodnjavanja. Ima tendenciju brzoga širenja te će uskoro biti najrasprostranjeniji način navodnjavanja. Širi se na novim površinama, ali sve više zamjenjuje površinske i klasične načine navodnjavanja pri modernizaciji tehnologije sustava i povećava udjel u strukturi navodnjavanih površina. Ovaj je način navodnjavanja vrlo povoljan za kulturnu biljku i njeno stanište jer se navodnjavanje približava prirodnim prilikama tj. oborinama. Sve vrste kultura se mogu navodnjavati umjetnom kišom od ratarskih, krmnih, voćarskih, povrćarskih te vinograda i kultura u staklenicima i plastenicima. Može se primijeniti na ravnim i nagnutim terenima u različitim topografskim uvjetima. Ne zahtjeva posebnu pripremu terena, učinkovito koristi vodu koja se može točno dozirati u norme i obroke navodnjavanja prema uzgajanoj kulturi, a tlo je manje izloženo pogoršanju fizikalnih svojstava. Pored niza prednosti ovaj način navodnjavanja ima i svoje nedostatke. Cijene uređaja i suvremene opreme su vrlo visoke, pogonski troškovi (gorivo, električna energija) su također znatni, neravnomjerna je raspodjela vode pri jakom vjetru, javljaju se gubici vode isparavanjem, intenzivnija pojava biljnih bolesti. Prema načinu izgradnje i korištenja elemenata te organizacije rada, sustavi za navodnjavanje kišenjem mogu biti:

- Nepokretni ili stabilni

- Polupokretni ili polustabilni
- Pokretni ili prijenosni
- Samopokretni ili samohodni (Mađar i Šoštarić, 2009.)



Slika 1. Samohodna kišna krila (Preuzeto sa: http://www.politika.rs/scc/clanak/262478/Kisna-krila-za-dve-zetve)

Navodnjavanje kapanjem („kap po kap“)

Jedan od najnovijih načina u praksi umjetnog dodavanja vode je navodnjavanje kapanjem ili kako se češće susreće u razgovorima stručnjaka i poljoprivrednika „kap po kap“. Sustavi navodnjavanja kapanjem su proizvodi modernih tehnologija. Potpuno su automatizirani i programirani, te tijekom svoga rada gotovo ne zahtijevaju prisustvo čovjeka. Zbog svojih dobrih radnih karakteristika, elektroničke podrške i tehničke perfekcije, uređaji za navodnjavanje kapanjem vrlo su interesantni za poljoprivredne proizvođače. Mnogi očekuju čuda od ovih sustava i smatraju ih „najboljim“ jer ne traže radnu snagu, a i reklame proizvođača opreme za kapanje čine velike utiske na interesantne. Treba odmah istaći da kapanje nije „čarobni štapić“ za poljoprivredu, već da je to jedan od načina navodnjavanja poljoprivrednih kultura, prikladan samo za neke usjeve i površine. Kapanje je našlo široku primjenu u zemljama gdje nema dovoljno vode za navodnjavanje i gdje je

ona dragocjenost, a bez nje nema sigurne poljoprivredne proizvodnje (Izrael, jug Italije, Francuska, SAD). Ovaj sustav štedi vodu, te sa minimalnom količinom postiže maksimalne učinke u biljnoj proizvodnji. Voda se dovodi cijevima do svake biljke i vlaži vrlo mali dio zemljišta, što smanjuje gubitke vode te se stoga naziva još „lokalizirano« navodnjavanje. Vrijeme navodnjavanja može trajati i do 24 sata, što je uvriježilo i izraz „nonstop“ ili „dnevno“ navodnjavanje. Osim tehničke superiornosti, uređaji za navodnjavanje „kap po kap“ imaju s agronomskog gledišta posebnu vrijednost, jer se pomoću njih sadržaji vode u tlu mogu neprestano održavati u optimalnim granicama za biljku. To se postiže tako da se laganim, ali vremenski neprekinutim dodavanjem malih količina vode vlažnost tla zadržava oko poljskog vodnog kapaciteta. Sustav kapanja amortizira velike oscilacije vlažnosti tla – od poljskog vodnog kapaciteta do lentokaplirane vlažnosti ili čak i niže, što se redovito događa kod ostalih načina navodnjavanja. Po tim karakteristikama navodnjavanje kapanjem je najprecizniji način umjetnog dodavanja vode tlu te vrlo suptilna i maštovita ljudska intervencija u uzgoju kulturnog bilja.

Navodnjavanje kapanjem prikladno je samo za vrlo intenzivne i dohodovne kulture koje mogu „platiti“ visoke troškove izgradnje, korištenja i održavanja sustava.

Uz dodavanje vode putem uređaja za navodnjavanje kapanjem, poljoprivredne kulture se „prihranjuju“ topivim mineralnim hranjivima pomoću uređaja koji se nazivaju „fertirigatori“, što čini sustav još efikasnijim u eksploataciji. Održavanjem optimalnog sadržaj vode u tlu te istovremeno prihranom bilja, postižu se vrlo visoki prinosi i kvaliteta plodova poljoprivrednih kultura. To je velika prednost i izuzetno pozitivna karakteristika ovoga načina navodnjavanja.

Ukupne prednosti i dobre karakteristike navodnjavanja kapanjem mogle bi se sažeti u sljedećem:

- Troše se male količine vode i energije
- Vlaži se samo mala zona oko biljke i unutar redova, a međuredni prostor ostaje suh
- Postižu se veći prinosi i bolja kvaliteta plodova uzgajanih kultura
- Automatski rad i kontrola uređaja pomoću elektronike
- Troškovi eksploatacije i održavanja sustava su relativno mali u odnosu na druge irigacijske sustave

Kao i svaki drugi tehnički sustav, tako i navodnjavanje kapanjem ima određenih nedostatka, a to su:

- Visoka cijena izgradnje i opreme sustava
- Navodnjavaju se samo visokodohodovne kulture
- Često začepljenje kapaljki i potreba zamjene
- Troškovi sakupljanja i zbrinjavanja pojedinih elemenata (cijevi) po završetku vegetacije
- Otežano kretanje strojeva po proizvodnoj površini (Mađar i Šoštarić, 2009.)



Slika 2. Navodnjavanje kap po kap u sjemenskom kukuruzu (Fotografija: M. Marković)

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Postavljeni su sljedeći ciljevi istraživanja:

- istražiti utjecaj različitih tretmana navodnjavanja na urod zrna kukuruza
- proučiti utjecaj različitih tretmana navodnjavanja na komponente uroda
- istražiti utjecaj različitih tretmana gnojidbe dušikom na urod zrna
- proučiti utjecaj različitih tretmana gnojidbe dušikom komponente uroda
- ispitati utjecaj interakcije čimbenika na urod zrna kukuruza i komponente uroda
- proučiti povezanost između uroda i komponenti uroda

3. PREGLED LITERATURE

Josipović i sur. (2007.) na temelju trogodišnjeg istraživanja s dva tretmana navodnjavanja (navodnjavano (65-100% PVK) i nenavodnjavano) i deset hibrida kukuruza navode kako je u sve tri godine istraživanja urod zrna kukuruza bio značajno veći ($P>0,001$) u navodnjavanim uvjetima. Navodnjavanjem se postiže značajno veći ($P<0,05$) urod zrna, broj zrna na klipu, dužina klipa te masa 1000 zrna (Marković i sur., 2011., Salemi i sur., 2011., Shirazi i sur., 2011., Marković i sur., 2012., Hammad i sur. 2012.). Pepó i sur. (2008.) proučavali su urod zrna kukuruza. Tijekom ekstremno sušne 2007. godine kukuruz su navodnjavali prema sljedećim tretmanima: O_1 = bez navodnjavanja, O_2 = navodnjavanje s pola potrebnog obroka (4 x 25 mm), O_3 = navodnjavanje s punom količinom vode (4 x 50 mm). Prema rezultatima njihovoga istraživanja navodnjavanje je vrlo značajno povećalo urod zrna na oba tretmana navodnjavanja (O_2 i O_3) za 3 100 kg do 4 000 kg. Osim vode najvažniji čimbenik za postizanje visokih uroda kukuruza je pristupačan sadržaj dušika (Khaliq i sur., 2009., Inamullah i sur., 2011., Hammad i sur., 2012., Moraditochaee i sur., 2012.). N značajno povećava broj zrna (BZ) na klipu (Khaliq i sur., 2009., Inamullah i sur., 2011., Hammad i sur., 2012., Marković i sur., 2012.), masu 1000 zrna (Khaliq i sur., 2009., Inamullah i sur., 2011., Moraditochaee i sur., 2012.) i dužinu klipa kukuruza (Inamullah i sur., 2011., Marković i sur., 2012.). Vukobratović i sur. (2008.) proučavali su utjecaj gnojidbe dušikom na kemijski sastav i hranidbenu vrijednost zrna i klipa kukuruza. Istraživanje je trajalo tri godine, a posijali su hibrid OSSK 444 koji su gnojili s jedanaest gnojidbenih tretmana (kontrola + 11, od 0 kg N ha^{-1} do 240 kg N ha^{-1}). U rezultatima istraživanja autori navode kako je najviši urod zrna kukuruza ostvaren na varijanti gnojidbe s 240 kg N ha^{-1}. Karancsi i Pepó (2012.) proveli su dvogodišnje istraživanje u kojem su proučavali utjecaj šest N gnojidbenih tretmana (0, 30, 60, 90, 120 i 150 kg N ha^{-1}) na urod zrna kukuruza. Autori navode kako je najviši urod zrna u godini sa nadprosječnom količinom oborina ostvaren na varijanti gnojidbe s 90 kg N ha^{-1} dok je najviši urod zrna u godini s prosječnom količinom oborina ostvaren u varijantama gnojidbe sa 120 kg N ha^{-1}. Niži urod zrna u vlažnoj godini autori pojašnjavaju slabo prozračenim tlom i manjom sumom toplinskih jedinica. Nadalje, hibrid kukuruza značajno utječe na urod zrna, masu 1000 zrna te broj zrna na klipu (Marković i sur., 2011., Salemi i sur., 2011., Shirazi i sur., 2011., Khodarahmpour i Hamidi, 2012., Marković i sur., 2012.). Inamullah i sur. (2011.),

Khodarahmpour i Hamidi, (2012.) navode broj zrna na klipu kao komponentu uroda koja ima najjaču direktnu korelacijsku vezu s urodom zrna.

4. MATERIJALI I METODE

Tročimbenični poljski pokus postavljen je po split plot shemi u tri ponavljanja na pokušalištu Poljoprivrednog instituta iz Osijeka 2015. godine.

4.1. Navodnjavanje (a)

U istraživanju su primijenjena tri tretmana navodnjavanja gdje je a1 = kontrolni tretman (suho ratarenje). Na a2 tretmanu navodnjavanjem je sadržaj vode u tlu održavan na razini od 60 do 100% poljskoga vodnoga kapaciteta (PVK) a na a3 tretmanu sadržaj vode u tlu održavan je na razini od 80 do 100% PVK.

Obrok navodnjavanja

Obrokom navodnjavanja nazivamo količinu vode koju dodajemo u jednom navodnjavanju, a izražavamo ga u mm ili m^3/ha. U istraživanju je obrok navodnjavanja bio jednak za sve tretmane navodnjavanja – 35 mm (350 m^3/ha), a izračunat je prema sljedećem izrazu:

$$O = 100 * vt * h * (PVK - TV)$$

gdje je:

O = obrok navodnjavanja (mm)
vt = volumna gustoća tla (g/cm^3)
h = dubina tla kojega se vlaži (m)
PVK = poljski vodni kapacitet (%)
TV = točka venuća (%)

Norma navodnjavanja

Norma navodnjavanja predstavlja ukupnu količinu vode koju dodajemo tijekom vegetacije, a izražavamo je u l ili m^3/ha. Norma navodnjavanja za svaki tretman prikazana je tablicom 6 .

Trenutak početka navodnjavanja

Trenutak početka navodnjavanja je moguće odrediti direktnim i indirektnim metodama. Direktne metode uključuju mjerenje sadržaja vode u tlu različitim uređajima koji mjere sadržaj vode u tlu, vodni potencijal tla i dr. Trenutak početka navodnjavanja u ovom

istraživanju određivan je metodom elektrometrije kojom se mjeri vodni potencijal tla pomoću GMS (Granular matrix sensor) senzora (Slika 1.). Senzori su odmah nakon sjetve kukuruza ukopani u tlo na dvije dubine (20 i 30 cm), a trenutak početka navodnjavanja određivan je na osnovu prosjeka dvaju dubina. Senzori su postavljeni na svaki tretman navodnjavanja.



Slika 3. Granular matrix sensor (Preuzeto sa: http://www.irrometer.com/sensors.html)

Sadržaj vode u tlu u prosjeku je mjeren svaka dva dana, odnosno ovisno o navodnjavanju ili oborinama Watermark ručnim uređajem (Slika 4.). Uređaj prikazuje vrijednosti od 0 do 199 cbar gdje 0 predstavlja vrijednost 100% PVK dok se smanjivanjem sadržaja vode u tlu vrijednosti na uređaju povećavaju. Prema ranije provedem baždarenju GMS senzora (Marković, 2013.) trenutak početka navodnjavanja na a3 tretmanu bio je u rasponu od 0 do 40 cbar, a na a2 tretmanu od 40 do 70 cbar.



Slika 4. Watermark uređaj za mjerenje vodnoga potencijala tla (Preuzeto sa: http://www.irrometer.com/sensors.html)

Kukuruz je navodnjavan kišnim krilom Bauer (Slika 5.). Sustav za navodnjavanje kreće se brzinom od 15 m/h, odnosno intenzitet navodnjavanja je 35 l u 20 min.



Slika 5. Kišno krilo (Preuzeto sa: www.bauer.com)



Slika 6. Kišno krilo i kotur (Preuzeto sa: www.bauer.com)

Izvor i kvaliteta vode za navodnjavanje

Voda za navodnjavanje crpljena je iz zdenca 37 m dubine. Voda je prethodno analizirana, odnosno određena je njezina kvaliteta. Analiza uzoraka vode pokazala je da je vodu moguće upotrebljavati uz slabo do umjereno ograničenje.

4.2. Gnojidba dušikom (b)

Drugi čimbenik u istraživanju bila je gnojidba dušikom koja je provedena u tri tretmana gdje je b1 bio kontrolni tretman (0 kg N/ha). Na b2 tretmanu dodano je 100 kg N/ha, a na b3 tretmanu 200 kg N/ha. Dušik je dodan predsjetveno (a2 = 33,5 kg N i a3 = 66,5 kg N) u obliku Uree (46% N) te u dvije prihrane (a2 = 16,5 kg N i a3 = 32,5 kg N) u obliku KAN-a (27% N).

4.3. Hibrid kukuruza (*Zea mays* L.)

Kukuruz je posijan ručno („planterima“) 3. travnja, a kombajniran 23. listopada 2015. godine. U istraživanju je posijan hibrid OSSK602 koji pripada grupi sazrijevanja FAO 600. Međuredni razmak bio je 0,7 m dok je razmak unutar reda bio 0,25 m u dva reda dužine 10 m. Tijekom kombajniranja kukuruza uzeti su uzorci klipova sa svake parcele navodnjavanja i gnojidbe dušikom te su mjerena sljedeća svojstva: dužina klipa, masa klipa, broj redova na klipu, broj zrna u redu i hektolitarska masa.

4.4. Analiza podataka

Prikupljeni podaci statistički su obrađeni pomoću računalnog programa STATISTICA i SPSS. Izračunati su prosjeci te analiza varijance (GLM) za svaki čimbenik te njihovu interakciju ($P<0.01$ i $P<0.05$). Određena je jačina i smjer korelacijskih veza između ispitivanih svojstava ($P<0.01$ i $P<0.05$) te pripadajuća jednadžba regresije.

5. AGROEKOLOŠKI UVJETI

5.1. Klima istočne Hrvatske

Osječko-baranjska županija ima umjereno kontinentalnu klimu s oznakama čestih i intenzivnih promjena vremena. Temeljne karakteristike klime su sljedeće: mjesečna temperatura više od 10°C više od 4 mjeseca godišnje; srednja temperatura najtoplijeg mjeseca ispod 22°C, te srednja temperatura najhladnijeg mjeseca između -3°C i +18°C. Na cjelovitom području Županije izražena je homogenost klimatskih prilika, što je u prvom redu posljedica jedinstvenog reljefnog obilježja. Prosječna godišnja količina oborina kreće se od 642 mm do 753 mm. Glavni maksimum temperaturni javlja se u 6. mjesecu, a sporedni u 11. mjesecu. Glavni minimum oborina je sredinom jeseni u 10. mjesecu, a sporedni krajem zime i početkom proljeća u 2. i 3. mjesecu. Maksimalna dnevna količina oborina otkriva veliku varijabilnost. Maksimalna dnevna količina oborina u razdoblju 1959.-1978. iznosila je 101,2 mm u gradu Osijeku. Oborine u obliku snijega javljaju se u prosjeku 26 dana u godini, ali bez dužeg vremenskog intenziteta. Na području Osječko-baranjske županije zabilježeno je prosječno godišnje sunčanih sati 1.800-1.900. Na području Županije najučestaliji su vjetrovi iz sjeverozapadnog, zapadnog, sjevernog i jugoistočnog smjera (Izvor: OBŽ, 2006.).

5.2. Svojstva tla

Tlo na pokušalištu je hidromeliorirani hipoglej (Škorić, 1986.) s osnovnim svojstvima prikazanim u tablici 6. Tlo je smeđe do svijetlo smeđe boje po teksturi praškasto glinasta ilovača. Cijelom dubinom antropogenizirani horizont je bezkarbonatan uz prisutnost mazotina R_2O_3. Na dubini od 50 cm do 105 cm razvijen je AC horizont ilovasto do praškasto ilovaste teksture, žuto-smeđe do smeđe žute boje u dubljem dijelu profila. Matični supstrat se pojavljuje na dubini od 105 cm do 115 cm, žute je boje, bestrukturan, praškasto ilovaste teksture s puno konkrecija $CaCO_3$. Kako je vidljivo iz tablice 6 volumna gustoća (ρ_v) povećava se dubinom profila od 1,5 gcm^{-3} do 1,34 gcm^{-3} u donjim dijelovima profila. Raspon vrijednosti volumne gustoće ne pokazuje veliku zbijenost horizonata (>2 gcm^{-3}). Gustoća čvrste faze ($\rho_č$) varira od 2,58 gcm^{-3} do 2,8 gcm^{-3} s tendencijom povećanja u dubljim dijelovima profila. Ukupna poroznost tla ispitivanog profila je između 41,82 %vol. i 52,08 %vol.

Tablica 6. Osnovna fizikalna svojstva tla

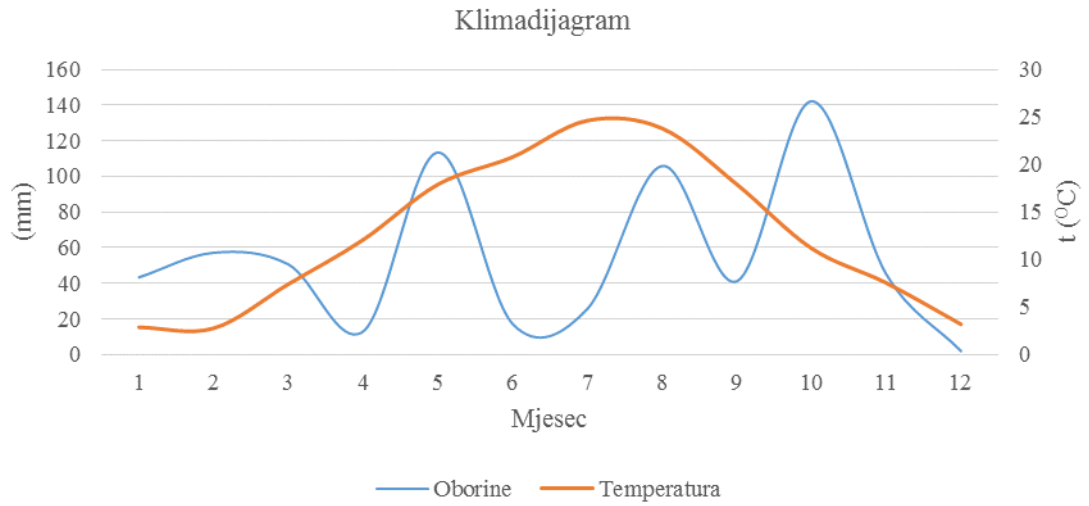
	Volumen pora	**Apsolutni kapacitet tla, vol. (%)**		**Specifična gustoća tla (g cm^{-3})**		**Kapacitet tla za vodu (vol. %)**
Dubina (cm)	**(%)**	**Za vodu**	**Za zrak**	(ρ_v)	($\rho_č$)	
0 – 32	41,82	36,57	5,25	1,50	2,58	36,61
32 – 50	41,83	35,59	6,24	1,54	2,65	37,14
50 – 70	48,59	38,14	10,45	1,38	2,68	
70 – 105	52,08	39,66	12,41	1,34	2,80	
ρv = volumna gustoća tla; ρč = gustoća čvrste faze tla						

5.3. Vremenski uvjeti tijekom razdoblja istraživanja

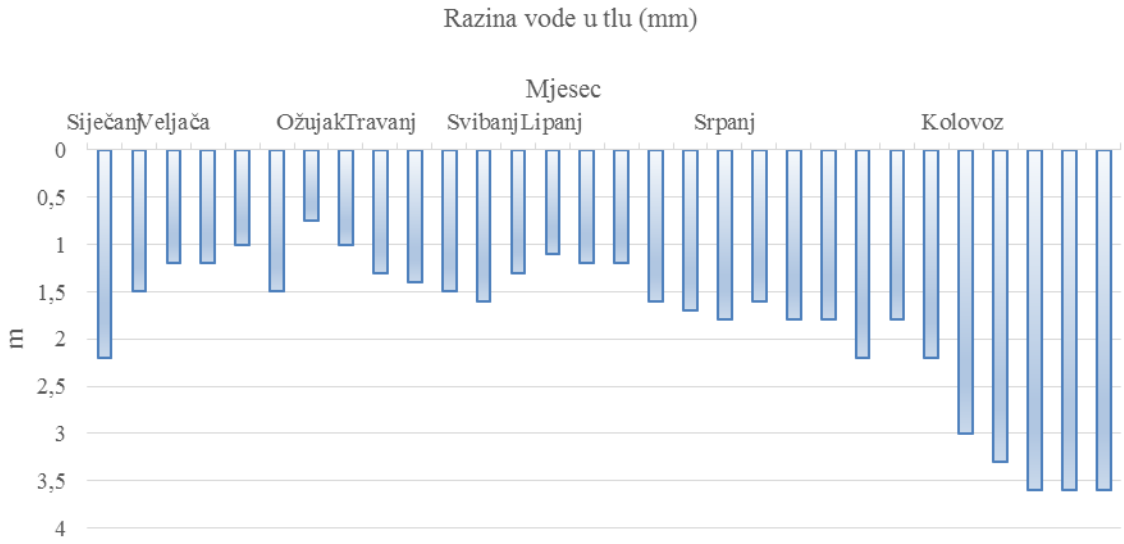
Tijekom razdoblja vegetacije 2015. godine na području Osijeka ukupno je palo 315.9 mm oborine što je za 52.5 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek (1961. – 90. = 368,4 mm). Tijekom mjeseca lipnja palo je 17,1 m oborine što je za 80,6% manje u odnosu na višegodišnji prosjek dok je u mjesecu srpnju palo 25,6 mm oborine što je za 60,55 manje u odnosu na višegodišnji prosjek. Srednje dnevne temperature zraka tijekom razdoblja vegetacije kukuruza bile su u prosjeku više za 2 ^{0}C (2015. = 20 ^{0}C; 1961. – 90. = 18 ^{0}C). Posebno se ističu mjeseci srpanj i kolovoz kada je srednja dnevna temperatura zraka 2015. godine bila viša za 4 ^{0}C u odnosu na višegodišnji prosjek (2015. = srpanj, 25 ^{0}C, kolovoz 24 ^{0}C; 1961. – 90. = srpanj, 21 ^{0}C, kolovoz, 20 ^{0}C).

Nedostatak vode 2015. godine prikazan je klimadijagramom po H. Walteru (Grafikon 1). Iz klimadijagrama vidljivo je razdoblje suše koje je nastupilo od sredine mjeseca svibnja do kraja mjeseca rujna dok je najizraženiji nedostatak vode bio tijekom travnja i lipnja.

U grafikonu 2 prikazana je razina podzemne vode od siječnja do kolovoza 2015. godine. U spomenutom razdoblju razina podzemne vode u prosjeku je bila na 1,8 m. Tijekom razdoblja vegetacije razina podzemne vode u prosjeku je bila na 2 m.



Grafikon 1. Klimadijagram po H. Walteru za 2015. godinu



Grafikon 2. Razina vode u tlu od siječnja do kolovoza 2015. godine

6. REZULTATI I RASPRAVA

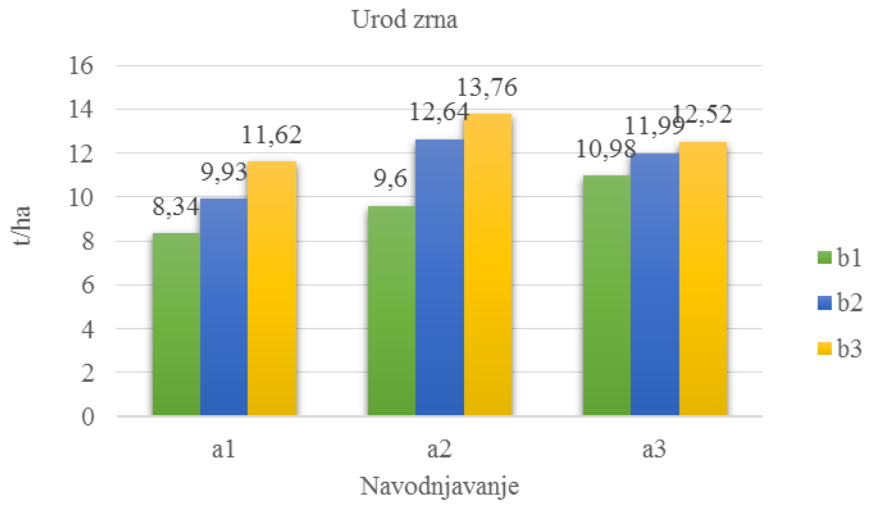
Utjecaj navodnjavanja (a), gnojidbe dušikom (b) te njihova interakcija (a x b) prikazana je u tablici 7. Navodnjavanje je značajno ($p<0,05$) povećalo urod zrna na oba tretmana navodnjavanja. Najviši urod zrna ostvaren je na a2 tretmanu navodnjavanja (12 t/ha), za 20,5% viši u odnosnu na kontrolni tretman. Na a3 tretmanu navodnjavanja urod zrna povećan je za 18,8% u odnosu na kontrolni tretman (Tablica 7.). Gnojidba dušikom vrlo je značajno ($p<0,01$) povećala urod zrna kukuruza na oba tretmana. Urod zrna na tretmanu gnojidbe bio je u rasponu od 9,64 t/ha na b1 tretmanu do 12,63 t/ha na b3 tretmanu gnojidbe. Urod zrna povećan je za 19,5% na a2 tretmanu te za 31% na a3 tretmanu u odnosu na kontrolni tretman gnojidbe.

Tablica 7. Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom te njihova interakcija na urod zrna

Izvori varijacije	Df	SS	MS	F	F<5%	F<1%	LSD	
							0,05	**0,01**
A	2	22,992	11,496	9,653*	6,5914	16,694	1,428	2,369
B	3	41,207	20,603	16,298**	3,5874	6,217	1,155	1,619
a x b	6	6,411	1,603	1,268 n.s.	3,2039	5,316	2,000	2,804

a = navodnjavanje; b =gnojidba; a x b = interakcija navodnjavanja i gnojidbe; * = P<0,05; ** = P<0,01; n.s. = non significant; df = stupanj slobode; SS = suma kvadrata; MS = sredina kvadrata

Inamulah i sur. (2011.) također navode povećanje uroda zrna kukuruza na tretmanima gnojidbe dušikom. Autori u rezultatima istraživanja navode povećanje uroda zrna kukuruza na tretmanu gnojidbe s 240 i 300 kg N/ha. Moraditochaee i sur. (2012.) u rezultatima istraživanja navode značajan utjecaj gnojidbe dušikom na urod zrna kukuruza i apsolutnu masu dok je utjecaj na broj redova zrna na klipu izostao. U pogledu interakcije navodnjavanja i gnojidbe dušikom najviši urod zrna ostvaren je na a2b3 tretmanu (13,76 t/h) premda bez statističke opravdanosti (Grafikon 3.).



Grafikon 3. Urod zrna kukuruza po tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a1 = kontrolni tretman navodnjavanja, a2 = 60-100% PVK; a3 = 80-100% PVK; b1 = kontrolni tretman gnojidbe; b2 = 100 kg N/ha; b3 = 200 kg N/ha)

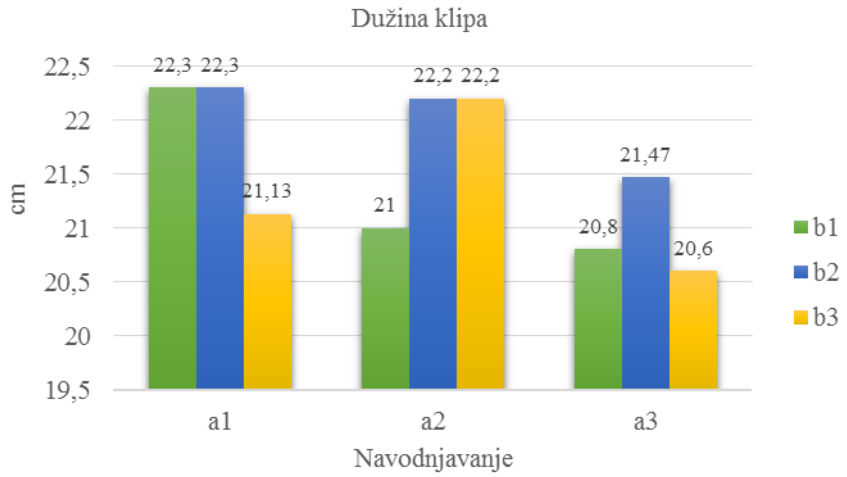
U tablici 8 prikazan je utjecaj navodnjavanja (a), gnojidbe dušikom (b) i njihove interakcije (a x b) na dužinu klipa kukuruza. Po tretmanima navodnjavanja dužina klipa bila je od 20,9 cm (a3) do 21,9 cm (a1). Navodnjavanje je smanjilo dužinu klipa premda ne statistički opravdano. Dužina klipa po tretmanima gnojidbe dušikom bila je od 21,31 cm (b3) do 21,98 cm (b2).

Tablica 8. Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom te njihova interakcija na dužinu klipa kukuruza

Izvori Varijacije	df	SS	MS	F	F<5%	F<1%	LSD	
							0,05	**0,01**
A	2	1,947	0,973	0,745 n.s.	6,591	16,69	2,377	3,941
B	3	2,549	1,274	1,371 n.s.	3,587	6,217	0,990	1,388
a x b	6	4,289	1,072	1,153 n.s.	3,203	5,316	1,715	2,405

a = navodnjavanje; b =gnojidba; a x b = interakcija navodnjavanja i gnojidbe; * = P<0,05; ** = P<0,01; n.s. = non significant; df = stupanj slobode; SS = suma kvadrata; MS = sredina kvadrata

Najduži klip kukuruza izmjeren je na a1b1 (22,3 cm) i na a1b2 (22,3 cm) interakciji (Grafikon 4.) dok je najkraći klip izmjeren na a3b3 interakciji (20,6 cm) premda ne statistički opravdano (Tablica 8.).



Grafikon 4. Dužina klipa kukuruza po tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a1 = kontrolna grupa, a2 = 60-100% PVK; a3 =80-100% PVK; b1 = kontrolni tretman gnojidbe; b2 = 100 kg N/ha; b3 = 200 kg N/ha)

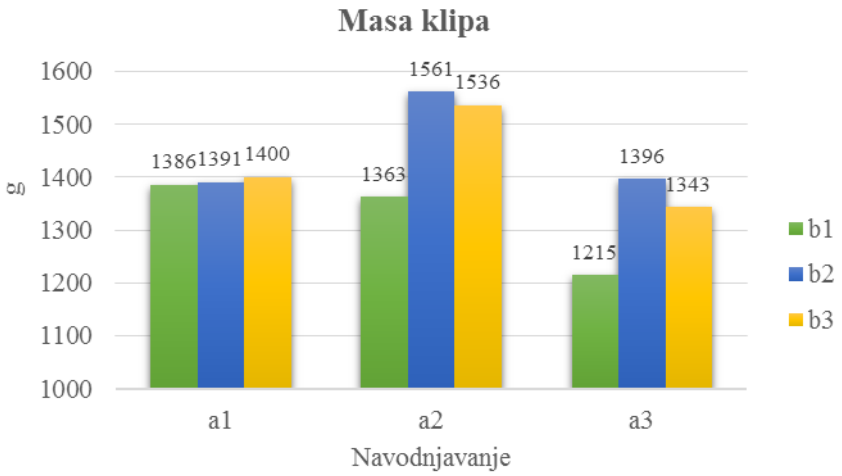
Utjecaj navodnjavanja (a), gnojidbe dušikom (b) i njihove interakcije (a x b) na masu klipa kukuruza prikazan je u tablici 9. Masa klipa kukuruza po tretmanima navodnjavanja (n.s.) bila je u rasponu od 1318 g (a3) do 1487 g (a2) (Tablica 9.). Gnojidba dušikom značajno ($p<0,05$) je utjecala na porast mase klipa kukuruza na oba tretmana. Na b2 tretmanu klip je bio teži u odnosnu na kontrolni tretman za 9,8%, a na b3 tretmanu za 7,9%. Shirazi i sur. (2011.) u rezultatima svojih istraživanja navode značajan utjecaj gnojidbe dušikom na dužinu klipa kukuruza. Autori također navode kako gnojidba dušikom nije imala statistički opravdan utjecaj na broj zrna na klipu kukuruza te ja najdulji klip izmjeren na tretmanu gnojidbe sa 100 kg N/ha u odnosu na 70 kg/ha i 120 kg/ha.

Tablica 9. Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom te njihova interakcija na masu klipa kukuruza

Izvori Varijacije	Df	SS	MS	F	F<5%	F<1%	LSD	
							0,05	**0,01**
A	2	129117	64558	3,906 n.s.	6,5914	16,694	168,261	279,027
B	3	84105	42007	5,842*	3,5874	6,217	87,096	122,102
a x b	6	38345	9586	1,333 n.s.	3,2039	5,316	150,855	211,487

a = navodnjavanje; b =gnojidba; a x b = interakcija navodnjavanja i gnojidbe; * = P<0,05; ** = P<0,01; n.s. = non significant; df = stupanj slobode; SS = suma kvadrata; MS = sredina kvadrata

Najveća masa klipa kukuruza izmjerena je na a2b2 interakciji (1561 g) dok je najmanja bila na a3b1 interakciji (1215 g) premda ne statistički opravdano (tablica 9.).



Grafikon 5. Masa klipa kukuruza po tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a1 = kontrolna grupa, a2 = 60-100% PVK; a3 =80-100% PVK; b1 = kontrolni tretman gnojidbe; b2 = 100 kg N/ha; b3 = 200 kg N/ha)

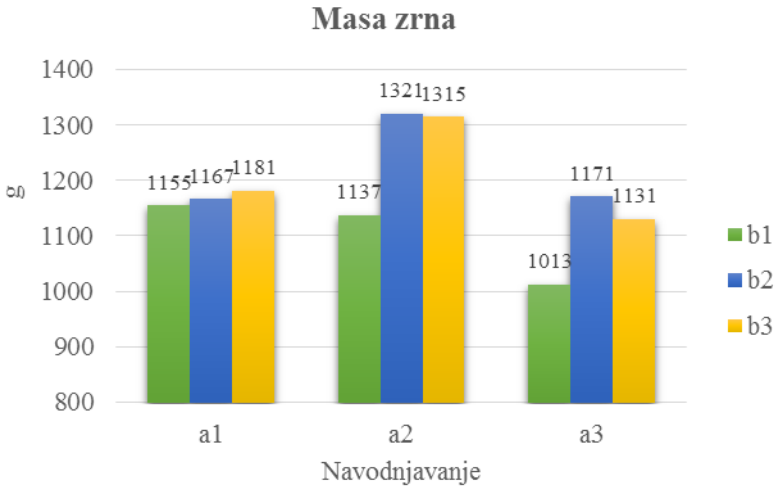
Utjecaj navodnjavanja (a), gnojidbe dušikom (b) i njihove interakcije (a x b) na masu zrna kukuruza prikazan je u tablici 10. Masa zrna po tretmanima navodnjavanja bila je: a1 = 1168 g; a2 = 1258 g i a3 = 1105 g. Gnojidba dušikom vrlo je značajno ($p<0,01$) povećala masu zrna/klipu kukuruza na oba tretmana (Tablica 10.). Masa zrna/klipu bila je od 1102 g (b1) do 1220 g (b2). Na b2 tretmanu gnojidbe masa zrna povećana je za 10,7% u odnosu na kontrolni tretman, a za 9,7% na b3 tretmanu gnojidbe u odnosu na kontrolni tretman.

Tablica 10. Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom te njihova interakcija na masu zrna/klipu kukuruza

Izvori Varijacije	df	SS	MS	F	F<5%	F<1%	LSD	
							0,05	**0,01**
A	2	105697	52848	3,958 n.s.	6,5914	16,694	151,23	250,79
B	3	76674	38337	7,307**	3,5874	6,217	74,397	104,29
a x b	6	30605	7651	1,458 n.s	3,2039	5,316	128,86	180,65

a = navodnjavanje; b =gnojidba; a x b = interakcija navodnjavanja i gnojidbe; * = P<0,05; ** = P<0,01; n.s. = non significant; df = stupanj slobode; SS = suma kvadrata; MS = sredina kvadrata

Najmanja masa zrna u pogledu interakcije navodnjavanja i gnojidbe zabilježena je kod a3b1 (1013 g), a najveća kod a2b2 (1321 g) premda ne statistički opravdano (Tablica 10.).



Grafikon 6. Masa zrna/klipu kukuruza po tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a1 = kontrolna grupa, a2 = 60-100% PVK; a3 =80-100% PVK; b1 = kontrolni tretman gnojidbe; b2 = 100 kg N/ha; b3 = 200 kg N/ha)

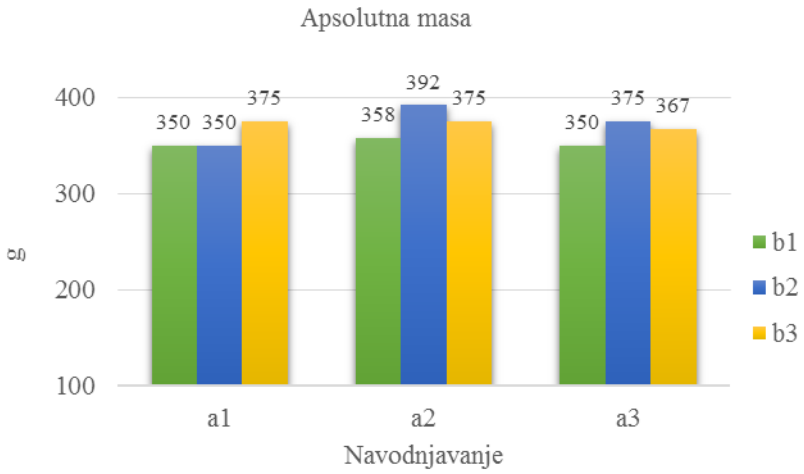
Kako je vidljivo iz tablice 11. nije bilo statistički opravdanog utjecaja čimbenika na apsolutnu masu zrna kukuruza. Na tretmanu navodnjavanja apsolutna masa zrna bila je u rasponu od 359 g (a1) do 375 g (a2) dok je na tretmanu gnojidbe bila u rasponu od 352 g (b1) do 372 g (b2 i b3). Shirazi i sur. (2011.) navode značajno utjecaj gnojidbe dušikom na apsolutnu masu kukuruza. Autori tvrde da je najveća apsolutna masa ostvarena na gojidbenom tretmanu sa 100 kg/ha dok je povećanjem N gnojiva apsolutna masa smanjena.

Tablica 11. Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom te njihova interakcija na apsolutnu masu zrna

Izvori Varijacije	df	SS	MS	F	F<5%	F<1%	LSD	
							0,05	**0,01**
A	2	1296,29	648,148	0,437 n.s.	6,5914	16,694	50,376	83,538
B	3	2268,52	1134,25	0,597 n.s.	3,5874	6,217	21,540	30,197
a x b	6	1620,37	405,093	0,921 n.s.	3,2039	5,316	37,308	52,303

a = navodnjavanje; b =gnojidba; a x b = interakcija navodnjavanja i gnojidbe; * = P<0,05; ** = P<0,01; n.s. = non significant; df = stupanj slobode; SS = suma kvadrata; MS = sredina kvadrata

U pogledu interakcije navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a x b) apsolutna masa zrna bila je u rasponu od 350 g (a1b1 i a1b2) do 392 g (a2b2) ali bez statističke opravdanosti (Grafikon 6., Tablica 11.).



Grafikon 7. Apsolutna masa kukuruza po tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a1 = kontrolna grupa, a2 = 60-100% PVK; a3 =80-100% PVK; b1 = kontrolni tretman gnojidbe; b2 = 100 kg N/ha; b3 = 200 kg N/ha)

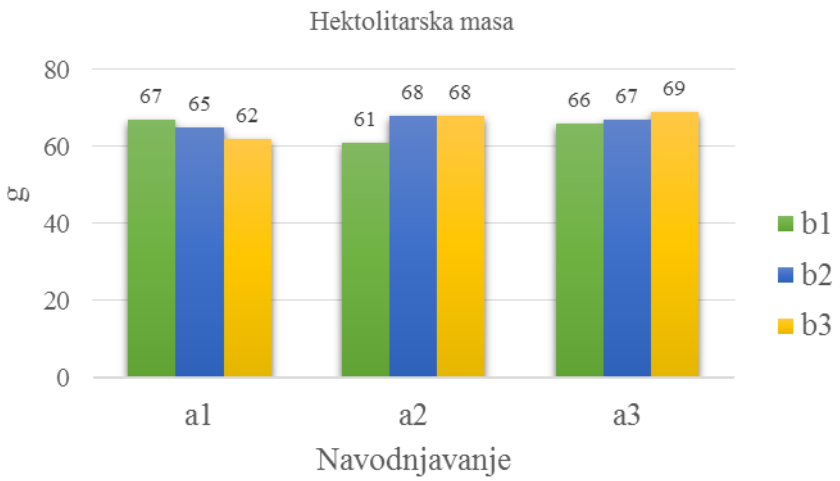
Kako je vidljivo iz tablice 12. navodnjavanje je povećalo hektolitarsku masu zrna kukuruza premda ne statistički opravdano. Hektolitarska masa bila je u rasponu od 64 kg/hl (a1) do 67 kg/hl (a3). Gnojidba dušikom također je povećala hektolitarsku masu zrna, ali isto tako bez statističke opravdanosti (Tablica 12.). Hektolitarska masa bila je u rasponu od 65 kg/hl (b1) do 67 kg/hl (b2).

Tablica 12. Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom te njihova interakcija na hektolitarsku masu (kg/hl) zrna

Izvori varijacije	Df	SS	MS	F	F<5%	F<1%	LSD	
							0,05	**0,01**
a	2	36,407	18,203	0,688 n.s.	6,5914	16,694	6,732	11,164
b	3	22,649	11,324	0,866 n.s.	3,5874	6,217	3,715	5,208
a x b	6	126,958	31,739	2,426 *	3,2039	5,316	6,434	9,020

a = navodnjavanje; b =gnojidba; a x b = interakcija navodnjavanja i gnojidbe; * = P<0,05; ** = P<0,01; n.s. = non significant; df = stupanj slobode; SS = suma kvadrata; MS = sredina kvadrata

Interakcija navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a x b) značajno ($p<0,05$) je povećala hektolitarsku masu. Najmanja hektolitarska masa izmjerena je na a2b1 tretmanu (61 g) dok je najveća hektolitarska masa izmjerena na a3b3 (69 g), (Grafikon 8.).



Grafikon 8. Hektolitarska masa kukuruza po tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a1 = kontrolna grupa, a2 = 60-100% PVK; a3 =80-100% PVK; b1 = kontrolni tretman gnojidbe; b2 = 100 kg N/ha; b3 = 200 kg N/ha)

Analiza korelacijske veze između ispitivanih svojstava prikazana je u tablici 13. Srednje jaka korelacija pozitivnog smjera bila je između uroda zrna i broja zrna (r = 0,43), uroda i sadržaja vode u zrnu (r = 0,41*) te uroda i apsolutne mase (r = 0,45*). Slaba korelacijska veza pozitivnoga smjera bila je između uroda i hektolitarske mase (r = 0,39*). Potpuna korelacija pozitivnoga smjera bila je između mase klipa i mase zrna kukuruza (r = 0,99*). Vrlo jaka pozitivna korelacija bila je između mase klipa i broja zrna/klipu (r = 0,80*) te mase zrna i broja zrna na klipu (r = 0,83*). Jaka korelacijska veza pozitivnoga smjera bila je između dužine klipa i broja redova zrna (r = 0,60*), dužine klipa i broja zrna na klipu (r = 0,55*), dužine klipa i mase klipa (r = 0,62*), mase klipa i randmana (r = 0,52*), mase klipa i apsolutne mase (r = 0,61*), mase zrna i apsolutne mase (r = 0,62*) te dužine klipa i mase zrna (r = 0,62*) te između broja redova zrna i randmana (r = 0,70*). Jaka ali negativna korelacijska veza bila je između hektolitarske mase i sadržaja vode u zrnu (r = -0,66*). Srednje jaka korelacijska veza pozitivnoga smjera bila je između hektolitarske mase i randmana (r = 0,46*) te između apsolutne mase i randmana (r = 0,42*). Srednje jaka povezanost negativnoga smjera bila je između randmana i sadržaja vode u zrnu (r = -0,45*). Sve korelacijske veze izražene su na razini značajnosti $p<0,05$. Na grafikonu 9.

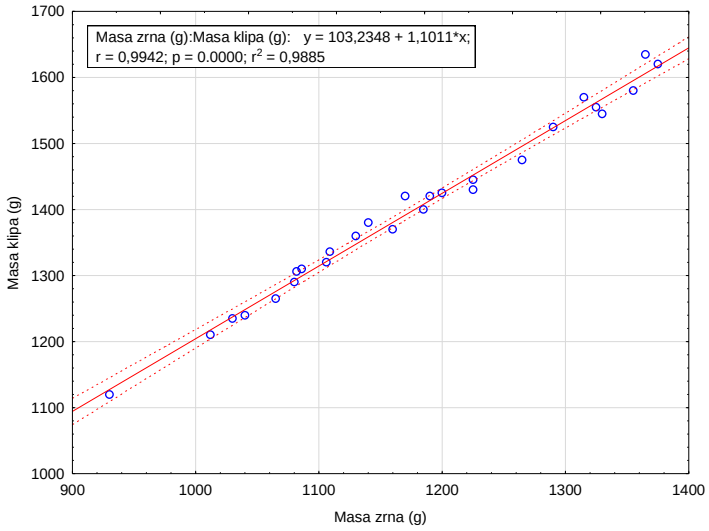
prikazana je korelacijska veza između mase zrna i mase klipa s pripadajućom jednadžbom regresije ($p<0,01$).

Inamulah i sur. (2011.) u rezultatima svojih istraživanja navode da je dužina klipa, broj zrna na klipu te apsolutna masa u jakoj direktnoj korelaciji s urodom kukuruza te se mogu izdvojiti kao svojstva za stvaranje hibrida u oplemenjivački procesu.

Tablica 13. Analiza korelacijske veze između ispitivanih svojstava

	DK	BR	BRZR	MK	MZ	Voda	Randman	Hektolitar	Apsolutna masa
Urod	n.s.	n.s.	0,43*	n.s.	n.s.	0,41*	0,59*	0,39*	0,45*
DK		0,60*	0,55*	0,62*	0,62*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
BR			0,40*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
BRZR				0,80*	0,83*	n.s.	0,70*	n.s.	n.s.
MK					0,99*	n.s.	052*	n.s.	0,61*
MZ						n.s.	0,61*	n.s.	0,62*
Voda							-0,45*	-0,66*	n.s.
Randman								0,46*	0,42*

N = 27; * = p<0,05; n.s. = non significant; DK = dužina klipa; BR = broj redova zrna; BRZR = broj zrna; MK = masa klipa; MZ = masa zrna



Grafikon 9. Korelacijska veza između mase klipa i mase zrna kukuruza

7. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima provedenoga istraživanja može se zaključiti slijedeće:

- povećavanjem biljci pristupačne vode u tlu povećava se urod zrna kukuruza
- urod zrna kukuruza raste povećanjem količine dušičnih gnojiva
- povećanjem količine dušičnog gnojiva povećavana je masa klipa i masa zrna/klipu
- interakcija navodnjavanja i gnojidbe dušikom utječe na povećanje hektolitarske mase kukuruza

8. SAŽETAK

Na pokušalištu Poljoprivrednog instituta iz Osijeka 2015. godine postavljen je tročimbenični poljski pokus po split plot shemi u tri ponavljanja. U istraživanju su provedeni različiti tretmani navodnjavanja i gnojidbe dušikom. Navodnjavanje je provedeno u tri razine kako slijedi: a1 = kontrola (suho ratarenje), a2 = 60 – 100% poljskog vodnog kapaciteta (PVK), te a3 = 80 – 100% poljskog vodnog kapaciteta (PVK). Također gnojidba dušikom provedena je u tri razine: b1 = kontrola (0 kg N ha^{-1}), b2 = 100 kg N ha^{-1} i b3 = 200 kg N ha^{-1}. Praćen je urod i komponente uroda (dužina klipa, broj redova zrna, broj zrna u redu, masa klipa, masa zrna, sadržaj vode u zrnu, randman i hektolitarska masa) OSSK602 hibrida kukuruza. Navodnjavanje je značajno povećalo urod zrna kukuruza. Najviši urod ostvaren je na a2 tretmanu navodnjavanja (a1 = 9,64 t ha^{-1}; a2 = 12,6 t ha^{-1}). Gnojidba dušikom vrlo je značajno (P <0,01) povećala urod zrna (b1 = 9,64 t ha^{-1}; b3 = 12,63 t ha^{-1}) i masu zrna na oba tretmana. Masa zrna na b2 tretmanu gnojidbe bila je za 10,7% viša u odnosu na kontrolu dok je na b3 tretmanu gnojidbe bila veća za 9,7% u odnosnu na kontrolni tretman. Gnojidba dušikom značajno je povećala (P<0,05) masu klipa kukuruza. Na b2 tretmanu gnojidbe masa klipa kukuruza povećana je za 9,8% dok je na b3 povećana za 7,9% u odnosu na kontrolni tretman. Interakcija navodnjavanja i gnojidbe dušikom značajno je povećala hektolitarsku masu, gdje je najmanja hektolitarska masa izmjerena na a2b1 interakciji (61 g), a najveća hektolitarska masa na 23b3 interakciji (69 g). Srednje jaka korelacija pozitivnog smjera bila je između uroda zrna i broja zrna (r = 0,43*), uroda i sadržaja vode u zrnu (r = 0,41*) te uroda i apsolutne mase (r = 0,45*). Slaba korelacijska veza pozitivnoga smjera bila je između uroda i hektolitarske mase (r = 0,39*).

9. SUMMARY

Field study was set up at Agricultural institute in Osijek during the growing season 2015. This study was undertaken to investigate the influence of different irrigation treatments and different levels of nitrogen fertilizer on yield and yield parameters of maize (*Zea mays* L.). Three irrigation treatments were conducted: a1 = rainfed; a2 = 60-100% field capacity (FC) and a3 = 80-100% FC. Furthermore three nitrogen fertilizers treatments were implemented: b1 = 0 kg N ha^{-1}; b2 = 100 kg N ha^{-1} and b3 = 200 kg N ha^{-1}. Maize hybrid OSSK602 was planted. The design of experiment was split plot in three replications. Irrigation treatment very significantly ($P<0.01$) increased yield of maize grain. The highest yield was obtained on a2 irrigation plots (12.6 t ha^{-1}). Nitrogen fertilization very significantly ($P<0.05$) increased maize grain yield (b1 = 9.64 t ha^{-1}; b3 = 12.63 t ha^{-1}) and grain weight. The grain weight on b2 fertilisation plot was for 10.7% higher in compare to control plots while for 9.7% on b3 plots. Nitrogen fertilisation significantly ($P<0.05$) increased cob weight, for 9.8% on b2 and for 7.9% on b3 treatment. The irrigation x nitrogen fertilisation interaction was only significant for hectolitre weight (a2b1 = 61 g; a3b3 = 69 g). Correlation analysis showed moderate positive correlation between yield and grain number (r = 0.43*), yield and grain water content (r = 0.41*) and between yield and 1000 grain weight (r = 0.45*). Weak positive correlation was between yield and hectolitre weight (r = 0.39*).

10. POPIS SLIKA

Slika 1. Samohodna kišna krila (str 23.)

Slika 2. Navodnjavanje kap po kap u sjemenskom kukuruzu (str 25.)

Slika 3. Granular matrix sensor (str 30.)

Slika 4. Watermark uređaj za mjerenje vodnoga potencijala tla (str 30.)

Slika 5. Kišno krilo (str 31.)

Slika 6. Kišno krilo i kotur (str 31.)

11. POPIS TABLICA

Tablica 1. Zasijane površine, prosječni prinosi i proizvodnja kukuruza u Hrvatskoj (1998. – 2007. godine) (str 2.)

Tablica 2. Zasijane površine, prosječni prinosi i proizvodnja kukuruza u Hrvatskoj, (2008. – 2014. godine) (str 2.)

Tablica 3. Zasijane površine, prosječni prinosi i proizvodnja kukuruza u svijetu (1998. – 2007. godine) (str 3.)

Tablica 4. Idealni uvjeti za uzgoj kukuruza (str 10.)

Tablica 5. Optimalna gustoća sklopa u berbi za vegetacijske skupine kukuruza (str 17.)

Tablica 6. Osnovna fizikalna svojstva tla (str 34.)

Tablica 7. Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom te njihova interakcija na urod zrna (str 36.)

Tablica 8. Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom te njihova interakcija na dužinu klipa (str 37.)

Tablica 9. Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom te njihova interakcija na masu klipa kukuruza (str 38.)

Tablica 10. Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom te njihova interakcija na masu zrna/klipu kukuruza (str 39.)

Tablica 11. Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom te njihova interakcija na apsolutnu masu zrna (str 40.)

Tablica 12. Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom te njihova interakcija na hektolitarsku masu (kg/hl) zrna (str 41.)

Tablica 13. Analiza korelacijske veze između ispitivanih svojstava (str 43.)

12. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Klimadijagram po H. Walteru za 2015. godinu (str 35.)

Grafikon 2. Razina vode u tlu od siječnja do kolovoza 2015. godine (str 35.)

Grafikon 3. Urod zrna kukuruza po tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a1 = kontrolni tretman navodnjavanja, a2 = 60-100% PVK; a3 = 80-100% PVK; b1 = kontrolni tretman gnojidbe; b2 = 100 kg N/ha; b3 = 200 kg N/ha) (str 37.)

Grafikon 4. Dužina klipa kukuruza po tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a1 = kontrolna grupa, a2 = 60-100% PVK; a3 =80-100% PVK; b1 = kontrolni tretman gnojidbe; b2 = 100 kg N/ha; b3 = 200 kg N/ha) (str 38.)

Grafikon 5. Masa klipa kukuruza po tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a1 = kontrolna grupa, a2 = 60-100% PVK; a3 =80-100% PVK; b1 = kontrolni tretman gnojidbe; b2 = 100 kg N/ha; b3 = 200 kg N/ha) (str 39.)

Grafikon 6. Masa zrna/klipu kukuruza po tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a1 = kontrolna grupa, a2 = 60-100% PVK; a3 =80-100% PVK; b1 = kontrolni tretman gnojidbe; b2 = 100 kg N/ha; b3 = 200 kg N/ha) (str 40.)

Grafikon 7. Apsolutna masa kukuruza po tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a1 = kontrolna grupa, a2 = 60-100% PVK; a3 =80-100% PVK; b1 = kontrolni tretman gnojidbe; b2 = 100 kg N/ha; b3 = 200 kg N/ha) (str 41.)

Grafikon 8. Hektolitarska masa kukuruza po tretmanima navodnjavanja i gnojidbe dušikom (a1 = kontrolna grupa, a2 = 60-100% PVK; a3 =80-100% PVK; b1 = kontrolni tretman gnojidbe; b2 = 100 kg N/ha; b3 = 200 kg N/ha) (str 42.)

Grafikon 9. Korelacijska veza između mase klipa i mase zrna kukuruza (str 43.)

LITERATURA

1. Abrecht D.G., Carberry P.S. (1993). The influence of water deficit prior to tassel initiation on maize growth, development and yield. Field Crops Res. 31:55-69.
2. Claassen M.M., Shaw R.H. (1970): Water deficit effects on corn: II. Grain components. Agron. J. 62:652 - 655.
3. Državni zavod za staistiku Republike Hrvatske, (2012.): Biljna proizvodnja, 2012. Dostupno na: http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2013/01-01-14_01_2013.htm, 25.3.2016.; 15:45.
4. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, (2009.): Biljna proizvodnja, 2009. Dostupno na: http://www.dzs.hr/hrv_eng/publication/2010/01-01-14_01_2010.htm, 25.3.2016.; 15:40.
5. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, (2011.): Biljna proizvodnja, 2011. Dostupno na: http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2012/01-01-13_01_2012.htm, 25.3.2016.; 15:43.
6. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, (2013.): Biljna proizvodnja, 2013. Dostupno na: http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2014/01-01-14_01_2014.htm, 25.3.2016.; 15:48.
7. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, (2014.): Biljna proizvodnja, 2014. Dostupno na: http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2015/01-01-14_01_2015.htm, 25.3.2016.; 15:51.
8. Golubičić M., Stipešević B., Jambrović A., Jug D., Brozović B., Stošić M., Jug I., Mikić B., Sabo M. (2009.): Efekti različitih vremensih prilika na urod hibrida kukuruza raznih FAO grupa, Poljoprivredni fakultet Osijek, 2009. Dostupno na: http://sa.agr.hr/pdf/2010/sa2010_p0516.pdf, 3.3.2016.; 15:03.
9. Hammad, H.M., Ahmad, A., Abbas, F., Farhad, W., (2012): Optimazing water and nitrogen use for maize production under semiarid conditions. Turk. J. Agric. For, 36: 519-532.
10. Inamullah N. R., Nazeer H. S., Muhammad A., Muhammad S., Ishaq A. M. (2011.): Correlations among grain yield and yield attributes in maize hybrids at various nitrogen levels. Sarhad J. Agric. 27(4): 531-538.
11. IPCC (2007): Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment - Report of the Intergovernmental. Panel on Climate Change. Editors: Parry M.L., Canziani O.F.,

Palutikof J.P., Van der Linden P.J., Hanson C.E. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.

12. Josipović M., Jambrović A., Plavšić H., Liović I., Šoštarić J. (2007.): Responses of grain composition traits to high plant density in irrigated maize hybrids. Proceedings of VI. Alps-Adria Scientific Conference, Obervellach, Austria, 30th April to 5th May 2009., 549-550.
13. Josipović M., Kovačević V., Rastija D., Tadić L., Šoštarić J., Plavšić H., Tadić Z., Dugalić K., Marković M., Dadić T., Šreng Ž., Ljikar Ž. (2013.): Priručnik o navodnjavanju za edukaciju polaznika projekta IRRI. Poljoprivredni institut, 2013. Dostupno na: https://bib.irb.hr/datoteka/655132.2013_11_18_3867505_prirucnik_o_navodnjavanju.pdf, 22.03.2016.; 10:52.
14. Karancsi L. G., Pepó P. (2012.): Study of the effect of fertilization of maize (Zea mays L.) in crop years with different water supply. Proceedings of 11th Alps-Adria Scientific Workshop, Smolenice, 26th to 31th March 2012, Slovakia, 2012., 89-92.
15. Khaliq, T., Ahmad, A., Hussain. A., Ali. M.A. (2009): Maize hyrids response to nitrogen ratees at multiple locations in semiarid environment. Pak. J. Bot., 41(1): 207-244.
16. Khodarahmpour, Z., Hamidi, J. (2012): Study of yield and yield components of corn (Zea mays L.) inbred lines to drought stress. African Journal of Biotechnology, 11(13): 3099-3105.
17. Kovačević J. (2015.): Utjecaj vremenskih prilika na prinos sjemenskog kukuruza, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 2015.
18. Mađar S., Šoštarić J. (2009.): Navodnjavanje poljoprivrednih kultura, Poljoprivredni fakultet Osijek, 2009.
19. Marković. M., Josipović, M., Plavšić, H., Brkić, I., Šoštarić, J. (2011): Yield and yield parameters of maize (Zea mays L.) genotypes in irrigated and N fertilized conditions. Növénytermelés, 346 (6): 345-348.
20. Marković, M., Josipović, M., Plavšić, H., Jambrović, A., Liović, I., Teodorović, R. (2012): Influence of genotype on maize (Zea mays L.) yield and yield parameters in irrigated and N fertilized conditions. Proceedings of 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. Opatija. Croatia, 640-644.

21. Marković M. (2013.): Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza (*Zea mays* L.). Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Doktorska disertacija. Osijek, 2013.
22. Moraditochaee M., Motamed M.K., Azarpour E., Danesh R.K., Bozorgi H.R. (2012.): Effects of nitrogen fertilizer and plant density management in corn farming. 7(2): 133-137.
23. Moraditochaee, M., Mohammad, K.M., Azarpour, E., Danes, K.R., Bozorgi, H.R. (2012): Effects of nitrogen fertilizer and plant density management in corn farming. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 7(2): 134-137.
24. NeSmith D.S., Ritchie J.T. (1992). Short - and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. Agronomy Journal 84: 107-113.
25. Osječko – Baranjska županija, (2006.): Regionalni operativni program, temeljna analiza, Zagreb, 2006. Dostupno na: http://www.obz.hr/hr/pdf/Temeljna%20analiza.pdf, 6.4.2016.; 15:15.
26. Pepó P., Vad A., Bereényi S. (2008): Effect of irrigation on yield of maize (Zea mays L.) in different crop rotation. Proceedings of VII. Alps-Adria Scientific Conference, Stara Lesna, Slovakia, 28th April to 1st May 2008., 735-738.
27. Pospišil A. (2010.): Ratarstvo I-dio, Zrinski d.d., Čakovec, 2010.
28. Pucarić A., Ostojić Z., Čuljat M., (1997.): Proizvodnja kukuruza, Hrvatski i zadružni savez, Zagreb, 1997.
29. Pucarić, A. (1992.): Proizvodnja sjemena hibrida kukuruza. Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja, Zagreb. 5-95
30. Robins J.S., Domingo C.E. (1953). Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. Agronomy Journal 45: 618-621.
31. Salemi, H., Soom, M.AM., Lee, T.S., Yusoff, M.K., Ahmad, D. (2011): Effects of Deficit Irrigation on Water Productivity and Maize Yields in Arid Regions of Iran. Pertanika J. Trop. Agric. Sci. 34(2): 207 – 216.
32. Shirazi S.M., Sholichin M., Jameel M., Akib S., and Azizi M. (2011.): Effects of different irrigation regimes and nitrogenous fertilizer on yield and growth parameters of maize. International Journal of Physical Sciences, 6(4), 677 – 683.
33. Škorić A. (1986.): Postanak, razvoj i sistematika tala. Fakultet Poljoprivrednih znanosti, Zagreb.

34. Vukobratović M., Pintić-Pukec N., Samobor V., Vukobratović Ž., Pintić V., Kalember Đ. (2008.): Utjecaj gnojidbe na urod, kemijski sastav i hranidbenu vrijednost klipa i zrna kukuruza. Krmiva 50: 137-145.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomskij studij, smjer Biljna proizvodnja

Diplomski rad

Urod i komponente uroda kukuruza (Zea mays L.) u uvjetima navodnjavanja i gnojidbe dušikom

Slobodan Šujdović

Sažetak:

Na pokušalištu Poljoprivrednog instituta iz Osijeka 2015. godine postavljen je tročimbenični poljski pokus po split – split plot shemi u tri ponavljanja. U istraživanju su provedeni različiti tretmani navodnjavanja i gnojidbe dušikom. Navodnjavanje je provedeno u tri razine kako slijedi: a1 = kontrola (suho ratarenje), a2 = 60 – 100% poljskog vodnog kapaciteta (PVK), te a3 = 80 – 100% poljskog vodnog kapaciteta (PVK). Također gnojidba dušikom provedena je u tri razine: b1 = kontrola (0 kg N ha-1), b2 = 100 kg N ha-1 i b3 = 200 kg N ha-1. Praćen je urod i komponente uroda (dužina klipa, broj redova zrna, broj zrna u redu, masa klipa, masa zrna, sadržaj vode u zrnu, randman i hektolitarska masa) OSSK602 hibrida kukuruza. Navodnjavanje je značajno povećalo urod zrna kukuruza. Najviši urod ostvaren je na a2 tretmanu navodnjavanja (a1 = 9,64 t ha-1; a2 = 12,6 t ha-1). Gnojidba dušikom vrlo je značajno (P <0,01) povećala urod zrna (b1 = 9,64 t ha-1; b3 = 12,63 t ha-1) i masu zrna na oba tretmana. Masa zrna na b2 tretmanu gnojidbe bila je za 10,7% viša u odnosu na kontrolu dok je na b3 tretmanu gnojidbe bila veća za 9,7% u odnosnu na kontrolni tretman. Gnojidba dušikom značajno je povećala (P<0,05) masu klipa kukuruza. Na b2 tretmanu gnojidbe masa klipa kukuruza povećana je za 9,8% dok je na b3 povećana za 7,9% u odnosu na kontrolni tretman. Interakcija navodnjavanja i gnojidbe dušikom značajno je povećala hektolitarsku masu, gdje je najmanja hektolitarska masa izmjerena na a2b1 interakciji (61 g), a najveća hektolitarska masa na 23b3 interakciji (69 g). Srednje jaka korelacija pozitivnog smjera bila je između uroda zrna i broja zrna (r = 0,43*), uroda i sadržaja vode u zrnu (r = 0,41*) te uroda i apsolutne mase (r = 0,45*). Slaba korelacijska veza pozitivnoga smjera bila je između uroda i hektolitarske mase (r = 0,39*).

Rad je izrađen na: Poljoprivrednom fakultetu Osijek

Mentor: doc.dr.sc Monika Marković

Broj stranica: 53

Broj slika: 6

Broj grafikona: 9

Broj tablica: 13

Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: navodnjavanje, gnojidba dušikom, kukuruz, urod, komponente uroda

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Prof.dr.sc. Jasna Šoštarić, predsjednik
2. Doc.dr.sc. Monika Marković, mentor
3. Doc.dr.sc. Miro Stošić, član
4. Dr.sc. Dario Iljkić, zamjenski član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Faculty of Agriculture

University graduate study Plant production course *Plant production*

Graduate Thesis

Yield and yield paramteres of maize (zea mays L.) in different irrigation and N fertilizer treatments

Slobodan Šujdović

Summary:

Field study was set up at Agricultural institute in Osijek during the growing season 2015. This study was undertaken to investigate the influence of different irrigation treatments and different levels of nitrogen fertilizer on yield and yield parameters of maize (*Zea mays* L.). Three irrigation treatments were conducted: a1 = rainfed; a2 = 60-100% field capacity (FC) and a3 = 80-100% FC. Furthermore three nitrogen fertilizers treatments were implemented: b1 = 0 kg N ha^{-1}; b2 = 100 kg N ha^{-1} and b3 = 200 kg N ha^{-1}. Maize hybrid OSSK602 was planted. The design of experiment was split plot in three replications. Irrigation treatment very significantly ($P<0.01$) increased yield of maize grain. The highest yield was obtained on a2 irrigation plots (12.6 t ha^{-1}). Nitrogen fertilization very significantly ($P<0.05$) increased maize grain yield (b1 = 9.64 t ha^{-1}; b3 = 12.63 t ha^{-1}) and grain weight. The grain weight on b2 fertilisation plot was for 10.7% higher in compare to control plots while for 9.7% on b3 plots. Nitrogen fertilisation significantly ($P<0.05$) increased cob weight, for 9.8% on b2 and for 7.9% on b3 treatment. The irrigation x nitrogen fertilisation interaction was only significant for hectolitre weight (a2b1 = 61 g; a3b3 = 69 g). Correlation analysis showed moderate positive correlation between yield and grain number (r = 0.43*), yield and grain water content (r = 0.41*) and between yield and 1000 grain weight (r = 0.45*). Weak positive correlation was between yield and hectolitre weight (r = 0.39*).

Theis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: Monika Marković, assistant professor

Number of pages: 53

Number of figures: 6

Number of chart: 9

Number of tables: 13

Original in: Croatian

Key words: irrigation, nitrogen fertilization, maize, yield, yield parameters

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. Prof.dr.sc. Jasna Šoštarić, preident of the Commision
2. Doc.dr.sc. Monika Marković, mentor
3. Doc.dr.sc. Miro Stošić, member of the Commision
4. Dr.sc. Dario Iljkić, the Replacement member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University in Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.