

# SUSTAVI NAVODNJAVANJA KUKURUZA (Zea mays L.) NA POLJOPRIVREDNOM INSTITUTU U OSIJEKU

---

**Tolić, Antonio**

**Undergraduate thesis / Završni 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:151:811028>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-28**



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](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA**  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Antonio Tolić, apsolvent

Preddiplomski studij smjera Bilinogojstvo

**SUSTAVI NAVODNJAVANJA KUKURUZA (*Zea mays* L.) NA**  
**POLJOPRIVREDNOM INSTITUTU U OSIJEKU**

**Završni rad**

**Osijek, 2016.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Antonio Tolić, apsolvent

Preddiplomski studij smjera Bilinogojstvo

**SUSTAVI NAVODNJAVANJA KUKURUZA (*Zea mays* L.) NA  
POLJOPRIVREDNOM INSTITUTU U OSIJEKU**

**Završni rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog 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. Kukuruz.....	1.
1.2. Navodnjavanje.....	3.
2. Agroekološki uvjeti proizvodnje kukuruza.....	5.
2.1. Potrebe kukuruza za svjetlosti.....	5.
2.2. Potrebe kukuruza za toplinom.....	5.
2.3. Potrebe kukuruza za tlom.....	6.
2.4. Potrebe kukuruza za hranivima.....	6.
2.5. Potrebe kukuruza za vodom.....	7.
3. Agrotehnika uzgoja kukuruza.....	10.
3.1. Obrada i sjetva.....	10.
3.2. Gnojidba.....	11.
3.3. Zaštita i njega usjeva.....	11.
4. Navodnjavanje kukuruza na primjeru Poljoprivrednog Instituta.....	12.
4.1. Utjecaj vremenskih uvjeta na urod kukuruza na Poljoprivrednom Institutu.....	12.
4.2. Norma navodnjavanja.....	17.
4.3. Obrok navodnjavanja.....	17.
4.4. Sustavi navodnjavanja na Poljoprivrednom Institutu.....	18.
5. Zaključak.....	22.
6. Popis literature.....	23.
7. Sažetak.....	25.
8. Summary.....	26.
9. Popis tablica, slika i grafikona.....	27.
10. Temeljna dokumentacijska kartica.....	28.

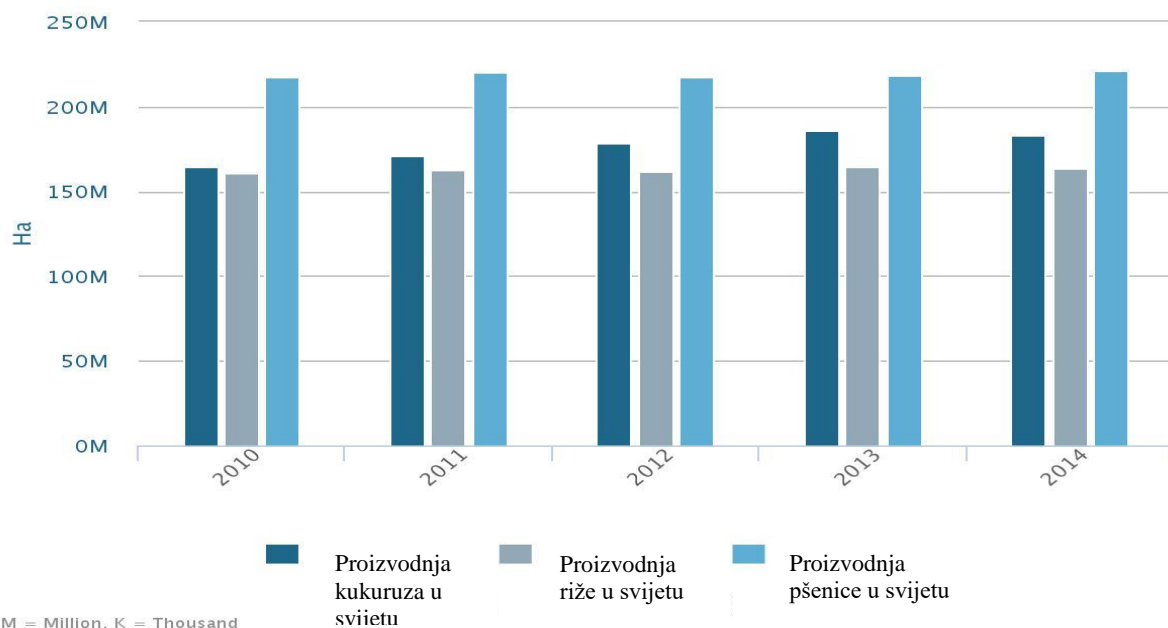
## 1. UVOD

### 1.1. Kukuruz

Kukuruz (*Zea mays* L.) je danas jedna od najvažnijih žitarica. Zbog najvećeg potencijala rodnosti od svih žitarica i dobrih kemijskih osobina zrna i stabljike, sirovinna je osnova za oko 1000 industrijskih proizvoda (škrob, alkohol, ulje, papir, dječja hrana, lijekovi), a također je i neizostavna komponenta obroka u ishrani stoke (zrno, silaža). Kukuruz je jednogodišnja, jednodomna, stranooplodna kulturna biljka koju prema botaničkoj pripadnosti svrstavamo u porodicu Graminaea (trava), a nadalje ga svrstavamo u skupinu prosolikih žitarica. Žiličasti korijen kukuruza dijeli se na primarno i sekundarno korijenje, a ukupna dubina koju dostiže prelazi 2,5 m. Visina stabljike varira ovisno o duljini vegetacije hibrida te se kreće od 0,5 m do 3 m visine. Na vrhu stabljike nalaze se muški cvjetovi skupljeni u cvat- metlicu, dok se ženski cvjetovi nalaze u pazušcima listova i čine klip. U vegetaciji kukuruza razlikujemo tri vrste listova: klicini listovi, pravi ili listovi stabljike i listovi omotači klipa.

Uz pšenicu i rižu, kukuruz je najzastupljenija kultura po zasijanim površinama u svijetu te iz dana u dan raste važnost kukuruza kao izvor hrane ali i kao industrijske biljke (biomasa, ulje). Porijeklom je iz tropskih krajeva Srednje Amerike, smatra se da je pradomovina kukuruza Meksiko, što potvrđuju arheološki nalazi iz toga područja kako su čak i drevne civilizacije Maja i Inka prije 10 000 god. koristile kukuruz kako namirnicu i sirovinu. U Europu dolazi u 15 st. nakon povratka Columbove istraživačke ekspedicije, a iz Španjolske pomorskim putem stigao je u Dalmaciju 1572. god. odakle se proširio na krajeve istočne Europe.

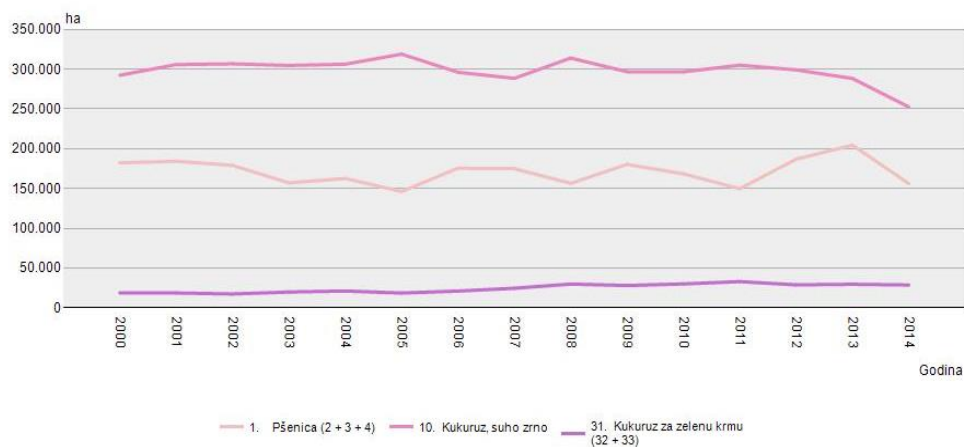
Kukuruz je biljka širokog areala rasprostranjenosti, prilagođena je različitim klimatskim uvjetima te uspješno se uzgaja od Kanade i sjeverne Europe do juga Argentine i Novog Zelanda. Optimalno područje uzgoja kukuruza je od 15 do 45 stupnjeva sjeverne hemisfere i na jugu od 21 do 35° j.g.š. Najveći svjetski proizvođači kukuruza su SAD, Kina, Brazil, Meksiko, dok u pojedinim godinama samo SAD proizvede i do 50 % ukupne količine. U 2014. godini požete površine kukuruza iznosile su 183 319 737 ha, što je na svjetskoj razini povećanje proizvodnje u odnosu na prethodne godine. (Grafikon 1.)



Grafikon 1. Požnjevne površine kukuruza u svijetu u odnosu s pšenicom i rižom

(Izvor: FAO, 2015.)

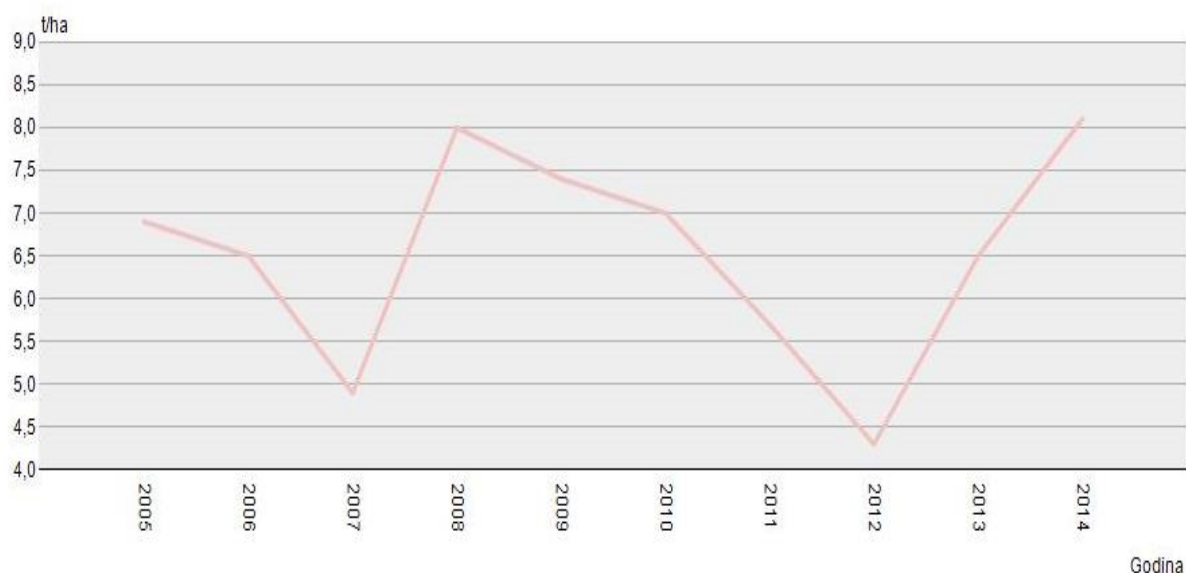
U Hrvatskoj posijane površine pod kukuruzom u značajnom su padu, u proteklih 10 godina (2005.-2014.) broj hektara pod ovom kulturom smanjio se za gotovo 80 000 ha (Grafikon 2.).



Grafikon 2. Površine zasijane kukuruzom u Republici Hrvatskoj od 2000. do 2014. godine

(Izvor: DZS, 2014.)

Razlog pada proizvodnje kukuruza vidljiv je u činjenici da se na globalnoj razini povećavaju zasijane površine kukuruza što dovodi do smanjenja otkupne cijene. Također pad proizvodnje nastaje zbog klimatskih uvjeta koji se javljaju u našem podneblju i utječu na prinos ove žitarice, u navedenom razdoblju prosječan prinos zrna po hektaru kretao se od 4,3 t/ha (2012.) do 4,8 t/ha (2007.), pa do 8,1 t/ha zrna u 2014. godini (Grafikon 3.)



Grafikon 3. Urod zrna kukuruza (t/ha) u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2005. do 2014. godine (Izvor: DZS, 2014.)

## 1.2. Navodnjavanje

Počeci navodnjavanja datiraju još prije oko 7000 g. kada se navodnjavanje koristilo u Mezopotamiji i drevnom Egiptu. Nakon toga značaj navodnjavanja uvidjeli su i od Egipćana preuzeli Rimljani i Grci koji su počeli koristiti i složenije sustave, a najpoznatiji i najstariji sustav vodovoda u svijetu nalazi se u Rimu (Akvadukt) koji je i danas još u upotrebi. U svijetu se danas navodnjava oko 20% poljoprivrednih površina s kojih se dobije približno ista količina hrane kao i sa ostalih četiri puta većih nenavodnjavanih površina. Prema prognozama znanstvenika smatra se kako će do 2050. g. Zemlju nastanjivati 9 milijardi ljudi, stoga će navodnjavanje imati krucijalnu ulogu u povećanju proizvodnje hrane i iskoristivosti poljoprivrednih površina. U Hrvatskoj se trenutno navodnjava oko 18 000 ha, što je oko 1% ukupne poljoprivredne površine. Hrvatska raspolaže s oko 250 000 ha pogodnih tala za

navodnjavanje i 600 000 ha umjereno pogodnih tala, dok se u Osječko- baranjskoj županiji nalazi 50 000 ha tala bez ograničenja za navodnjavanje. Šoštarić i sur. (2012.) navode učestaliju pojavu suše na području Osijeka u razdoblju od 2000. do 2010. g. u odnosu na prethodno 30-godišnje razdoblje (1971.-2000.), te će s toga od velikog značaja biti povećavanje navodnjavanih površina za uspješnu i rentabilnu poljoprivrednu proizvodnju.

Značaj navodnjavanja je u tome što je voda u velikom postotku sastavni dio biljaka, otapa hraniva u tlu koji jedino otopljeni mogu biti usvojeni korijenom, sudjeluje u procesu fotosinteze, pogoduje razvoju zemljišnih mikroorganizama te smanjuje temperaturu biljaka. Vlaženjem tla navodnjavanje pozitivno utječe na poboljšanje uvjeta ishrane biljaka, kvalitetnu i pravovremenu obradu tla, mogućnost uzgoja visokorodnih biljaka, pravovremene rokove sjetve i nicanje usjeva, povećanje sklopa a time i prinosa te proizvodnju naknadnih i postrnih usjeva (Dragović i sur., 2006.). S navodnjavanjem treba biti oprezan i ne treba navodnjavati pod svaku cijenu, jer su voda i tlo ograničeni resursi, a navodnjavanje može imati i negativne posljedice ako se nepravilno primjenjuje i u neodgovarajućim uvjetima. Na taj način navodnjavanje može isprati raspoloživa hraniva iz tla, može doći do zabarivanja i zaslanjivanja zemljišta i pogoršanja vodo-fizičkih svojstava tla (slaba poroznost, zbijenost i erozija).



## **2. AGROEKOLOŠKI UVJETI PROIZVODNJE KUKURUZA**

### **2.1. Potrebe kukuruza za svjetlošću**

Kukuruz je heliofitna biljka kratkog dana te za uspješan rast i razvoj zahtjeva određenu količinu, kakvoću i intenzitet svjetlosti. U uvjetima dugog dana kukuruz produžava rast i razvoj, te najčešće ne može prijeći ili jako teško dolazi u generativnu fazu. Također je osjetljiv i na zasjenjivanje, na što možemo utjecati veličinom sklopa, a u novije vrijeme oplemenjivanjem se želi postići što uspravniji položaj gornjih listova kako ne bi došlo do zasjenjivanja donjih listova. Smanjeni intenzitet svjetlosti može utjecati na produženje vegetacije što je posebno značajno za hibride duge vegetacije, ali smanjeni intenzitet svjetlosti ili duži period oblačnog vremena utječe na razvoj korijenove mase, stvaranje lisne mase i metličanje.

### **2.2. Potrebe kukuruza za toplinom**

Kukuruz ima velike potrebe za toplinom, a zahvaljujući selekciji moguće ga je uzgajati i u hladnijim predjelima. Međutim vegetacija kukuruza mora se uklopiti u dio godine kada nema mogućnosti pojave mraza. Minimalna temperatura za klijanje kukuruza je 8 °C, ali nicanje traje 3- 4 tjedna i klijanci su podložni zarazi raznih bolesti. Optimalna temperatura za klijanje je 25 °C i tada nicanje traje 5-6 dana, u našim uvjetima temperatura pri klijanju najčešće iznosi 18-20 °C. U početnom porastu može izdržati temperaturu i do -3°C do razvojne faze 6-8 listova kada je konus rasta ispod površine tla i tako zaštićen od mraza i niske temperature, tada strada samo lisna masa koja se kroz sedam dana povoljnih uvjeta može potpuno oporaviti. U fazi intenzivnog porasta na dinamiku rasta temperatura najveći utjecaj ima od nicanja do metličanja, u ovim fazama najpovoljnija temperatura kreće se u rasponu od 15 °C do 27 °C, iznad ili ispod navedenih temperatura dinamika rasta bitno se usporava. U cvatnji i oplodnji visoke temperature i niska relativna vlažnost zraka skraćuju biološku aktivnost peluda i svile, te na taj način dolazi do slabijeg intenziteta oplodnje što se odražava kasnije na prinos. Optimalne temperature od 22-23 °C poželjne su u formiranju, nalijevanju i sazrijevanju zrna, a pojava ranog jesenskog mraza u fazi nalijevanja dovodi do prisilne zriobe i također se negativno odražava na prinos.

### **2.3. Potrebe kukuruza za tlo**

Za što veći prinos kukuruza su potrebna duboka, plodna, strukturna tla, slabo kisele do neutralne reakcije te dobrog toplinskog režima i vodo-zračnih odnosa, međutim takvih je tala vrlo malo pa se sije i na dosta lošijim tlima. Loša tla potrebno je hidromelioracijama i agromelioracijama prevesti u što pogodnija tla kako bi se korijenov sustav dobro razvio i na taj način iskoristio dostupna hraniva i povoljne vremenske uvjete.

### **2.4. Potrebe kukuruza za hranivima**

Za normalan rast i razvoj kukuruza potreban je veći broj mikro i makroelemenata mineralne ishrane. Analizom režima ishrane utvrđeno je oko 35 elemenata u biljci kukuruza od kojih su najznačajniji dušik, fosfor, kalij, kalcij, sumpor i magnezij. Prema francuskim istraživačima za prinos kukuruza od 5000 kg zrna/ha iz tla se iznosi 125 kg/ha dušika, 50 kg/ha fosfora i 100 kg/ha kalija (Zovkić, 1981). Dušik je jedan od najznačajnijih elemenata ishrane kukuruza, ulazi u sastavih osnovnih organskih tvari, aminokiselina, ugrađen je u molekule klorofila. U biljci se nalazi pretežno u organskom obliku, a usvaja se isključivo preko korijena u nitratnom i amonijskom obliku. Za postizanje visokog prinosa potrebno je od 100 do 150 kg/ha čistog dušika, ako je u povoljnom međusobnom odnosu sa ostalim elementima. Povećan sadržaj dušičnih gnojiva povećava visinu biljke do metlice i klipa (Amanullah, K. 2009.) što utječe na urod kukuruza obzirom na pozitivnu direktnu korelaciju između uroda i visine biljke kukuruza (Malik i sur., 2005.) Zahtjevi za fosforom najizraženiji su u početnim faza rasta i razvoja, jer utječe na razvoj korijenovog sustava, ali također povoljno djeluje na cvatnju i oplodnju. Sastavni je dio nukleinskih kiselina u stanici, a u najvećoj koncentraciji nalazimo ga u zrnu. Osnovna uloga kalija je regulacija osmotskog tlaka protoplazme stanice. U sušnim uvjetima smanjuje stres uzrokovan nedostatkom vode, a sudjelovanjem u izgradnji mehaničkog tkiva daje čvrstoću stabljici. Cink je najznačajniji od svih mikroelemenata, sudjeluje u sintezi proteina i značajan je za porast kukuruza. Ako se gnojidbom unese prevelika količina fosfora negativno utječe na njegovo usvajanje.

## 2.5. Potrebe kukuruza za vodom

Potrebe kukuruza za vodom zavise od vremenskih uvjeta u razdoblju vegetacije, intenzitetu porasta biljaka i dužini vegetacije. Upotrebna, tržišna i hranidbena vrijednost kukuruza značajno ovisi o klimatskim uvjetima, posebno na godišnjoj razini, a također ovisi i o stanju vlažnosti tla (Varallyay G., 2008). Voda je stabilizator temperature biljke, jer se isparavanjem vode odnosi i višak topline. Kukuruz je biljka koja ekonomično troši vodu, međutim njegove potrebe za vodom su vrlo velike zbog stvaranja visokog prinosa zrna, velike količine biljne mase i duge vegetacije. Zbog vrlo jakog i dubokog korijena (prodire do 3 m) kukuruz može iskorištavati vodu iz dubljih slojeva tla što mu omogućuje da podnese sušu u kraćem vremenskom razdoblju. Od suše se također odupire uvijanjem listova što dovodi da smanjenja lisne površine a time i smanjenja transpiracije. Listovi su građeni tako da i najmanju količinu vode koja dođe na površinu lista provede do rukavca lista i stabljike kako bi se mogla usvojiti. Za klijanje sjeme treba upiti 45% vode, a optimalna vlažnost u klijanju i nicanju iznosi 70-80% maksimalnog vodnog kapaciteta. Transpiracijski koeficijent iznosi 250-500 mm zavisno o svojstvima tla, klimatskim uvjetima i osobinama hibrida. U početnim fazama porasta voda se više troši isparavanjem s površine tla nego transpiracijom, da bi se porastom biljne mase taj odnos značajno zamijenio u korist transpiracije. Tijekom vegetacije kukuruza potrebe za vodom rastu od početka vegetacije do sredine ili kraja mjeseca srpnja, a nakon toga u kolovozu i rujnu potrebe za vodom opadaju. Najkritičniji razdoblje za potrebama vode u vegetaciji kukuruza traje 50-tak dana i može se podijeliti u dvije faze. Prva kritična faza počinje 7 do 10 dana prije metličanja i svilanja do kraja oplodnje, ako u ovom periodu nastupe sušni uvjeti dolazi do smanjenja vitalnosti peluda i lošije oplodnje što utječe na broj formiranih zrna a time i na prinos. Druga faza je u nalijevanju zrna, nedovoljna količina vode uzrokuje slabije nalijevanje, štura zrna loše kvalitete, a kod sjemenskog kukuruza slabo nalivena zrna imaju slabiju klijavost i energiju klijanja te na taj način utječe na kvalitetu sjemenske robe. Maksimović L. (1999.) navodi kako prosječne mjesečne potrebe za vodom iznose: svibanj 64 mm, lipanj 106 mm, srpanj 121 mm, kolovoz 124 mm i rujna 63 mm. Za cijeli period vegetacije prosječna dnevna potrošnja vode iznosi 3-3,5 mm, a varira od 1-5 mm. Maksimalna dnevna potrošnja iznosi 5-7 mm u prvoj polovini srpnja u razdoblju metličanja do završetka oplodnje, a jedna biljka tijekom cijele vegetacije u navodnjavanim uvjetima potroši u prosjeku 95 mm vode.

Posljedice nedostatka vode različite su u različitim razvojnim faza kukuruza. Suša nakon sjetve produžava razdoblje od sjetve do nicanja što može uzrokovati nejednoliko nicanje

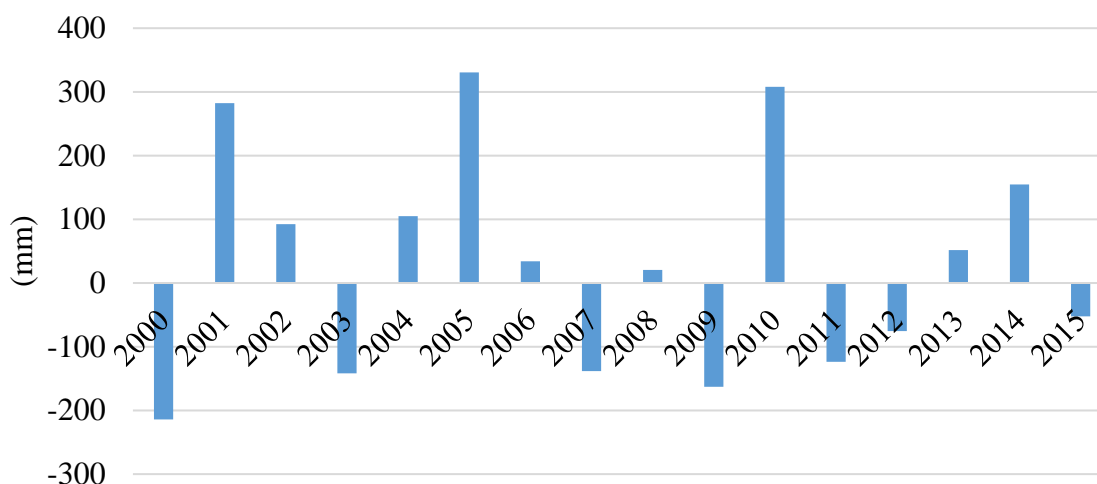
usjeva i prorjeđivanje sklopa. Manji nedostatak vode poželjan je u ranom porastu kako bi biljka razvila dobar korijen koji će kasnije smanjiti moguće štete od suše i polijeganja stabljike. Deficit vode i niska vlažnost zraka u fazi cvatnje dovodi do većeg udjela sterilnih cvjetova, stvara se manje peluda kojem opada sposobnost za oplodnju, također je kraće trajanje cvatnje metlice, svila se brzo suši što za rezultat ima nepotpunu oplodnju cvjetova. Kao posljedica nedostatka vode u fazi formiranja i nalijevanja zrna javlja se slabo naliveno zrno, uz kraći oklasak i nepotpuno razvijen klip, manja je masa 1000 zrna i prinos znatno opada.

U istraživanjima provedenim u Iowi (SAD) utvrđeni su idealni klimatski uvjeti za uzgoj kukuruza prikazani u Tablici 1. Ako se usporede idealni uvjeti s klimatskim uvjetima u Osječko-baranjskoj županiji vidi se kako je količina oborina u mjesecu srpnju koja u prosjeku iznosi 54 mm, nedovoljna za ostvarivanje punog potencijala rodosti kukuruza. (Pospišil, A., 2010.)

Tablica 1. Idealni uvjeti za proizvodnju kukuruza

<b>Mjesec</b>	<b>Srednja temperatura/ °C</b>	<b>Oborine/ mm</b>
<b>Svibanj</b>	18,3	87,5
<b>Lipanj</b>	21,7	87,5
<b>Srpanj</b>	22,8	112,5
<b>Kolovoz</b>	22,8	112,5

Na grafikonu 4. prikazani su podaci o oborinama za područje Osijeka tijekom vegetacije kukuruza (od 4 do 9 mj.) u razdoblju od 2000. do 2015. godine te odstupanje od godišnjeg prosjeka (1961-1990.) koji iznosi 368,4 mm.



Grafikon 4. Količina oborina tijekom vegetacije kukuruza i odstupanje od višegodišnjeg prosjeka (1961. – 1990.) za područje Osijeka

U razdoblju od 2000. do 2015. g. u šest godina tijekom vegetacije količina oborina je bila ispod prosjeka, ali u pojedinim godinama iako je palo više od prosjeka raspored oborina je većinom bio nepovoljan. U Osječko-baranjskoj županiji prosječna količina oborina u mjesecu lipnju iznosi 84 mm što nije zadovoljavajuće jer kukuruz u tom razdoblju zahtjeva 106 mm, dok u srpnju prosječna količina oborina iznosi 55 mm, a potrebno je 121 mm. Prema tome na području Osječko-baranjske županije tijekom vegetacije kukuruza najčešće nema dovoljno oborina, a taj nedostatak još je izraženiji jer se nedostatak vode u lipnju i srpnju poklapa sa fazama velikih potreba za vodom od metličanja do nalijevanja zrna što se drastično odražava na nestabilnost prinosa i proizvodnje kukuruza u našoj županiji. Farkas i sur. (2012.) navode kako je prinos kukuruza nelinearan u odnosu na godišnju količinu oborina, prinosi su bili niski u sušnim godinama i izrazito vlažnim godinama, dok su najveći prinosi bili u godinama sa prosječnom količinom oborina.

### 3. AGROTEHNIKA UZGOJA

#### 3.1 Obrada tla i sjetva

Svojstva kukuruza uglavnom su određena genetikom, međutim također su pod velikim utjecajem agrotehnike proizvodnje. Kukuruz vrlo dobro podnosi monokulturu i ponovljenu sjetvu, međutim za ostvarivanje što većeg potencijala rodosti određenog hibrida potrebno je primjenjivati plodored od minimalno tri godine. Sjetvom u monokulturi dolazi do degradacije plodnosti tla, intenzivira se pojava bolesti i štetnika te dolazi do iscrpljivanja zaliha pojedinih elemenata.

U osnovnoj obradi potrebno je provesti duboko jesensko oranje na dubinu od 30 cm, ovom operacijom omogućeno je nakupljanje oborina u tlu kako bi biljka imala dovoljnu količinu vode u proljeće prilikom nicanja i u ranom porastu. Ako je predkultura strnina tada je prije oranja potrebno obaviti prašenje strništa kako bi spriječili gubitak vode iz tla. Nakon oranja kada nam vremenski uvjeti dozvole zatvara se zimska brazda drljačama kako bi prekinuli evaporaciju vode i spriječili gubitak vlage. Predsjetvena priprema provodi se sjetvospremačem ili rotodrljačom kako bi stvorili rahli sjetveni sloj od tri do četiri centimetra i tvrdi posteljicu kako bi sjeme ravnomjerno poglelo u tlo i imalo što bolji kontakt sa česticama tla i na taj način lakše isključalo. Svaku operaciju obrade tla potrebno je provesti što kvalitetnije kako bi površina za sjetvu omogućila najoptimalniji razvoj biljke uz minimalan utrošak energije, hrane i vode. Sjetva se obavlja pneumatskim ili mehaničkim sijačicama, na međuredni razmak 70 cm te razmak unutar reda od 18 do 24 cm, ovisno o namjeni i FAO skupini hibrida kukuruza. Kada se temperatura tla na sjetvenoj dubini zagrije na 10-12°C tada se obavlja sjetva, a u našem području to je najčešće treća dekada travnja.

U današnjoj suvremenoj proizvodnji sve se više primjenjuje reducirana obrada kojoj je cilj ispunjavanje svih zahtjeva biljke i održavanje tla u dobrom fizikalnom i biološkom stanju izbjegavanje oštećenja tla i smanjivanja troškova. Velika pozornost pridaje se čuvanju vlage koja započinje prilikom žetve predusjeva, kada se vodi računa o usitnjenosti stabljike (ugrađivanje sječkalica na kombajne) i njenoj ravnomjernoj raspoređenosti po tlu kako bi sloj slame što više spriječio gubitak vode iz tla, te traje skroz do sjetve glavnog usjeva. Prašenje strništa obavlja se na dubinu 6-10 cm, a smjer prašenja mora biti pod kutom u odnosu na redove biljaka, a također se ublažava gubitak vode. Ako se ova operacija ne provede zaliha vode u tlu može se izgubiti kroz par dana pri velikim ljetnim vrućinama, a kasnije je otežana kvalitetna jesenska obrada. Na zbijenim tlama obavlja se i dubinsko

rahljenje (podrivanje) najčešće 4 tjedna nakon prašenja, kako bi se korijen nesmetano razvijao u dubinu. (Jug, D. i sur., 2015.)

### **3.2. Gnojidba**

Za pravilnu gnojidbu potrebno je izvršiti analizu tla te potrebnu količinu gnojiva dodati prema preporuci analize. Za pravilno usvajanje i raspored hraniva gnojiva je potrebno dodati u osnovnoj obradi, predsjetvenoj pripremi, startnoj gnojidbi i prihrani kako bi se tijekom cijele vegetacije osigurale dovoljne količine hraniva. Na srednje plodnim tlima na našem području okvirno se dodaje 150-200 kg/ha dušika, 120-130 kg/ha fosfora i 130-150 kg/ha kalija. Ako je nakon predkulture ostalo puno žetvenih ostataka, prije zaoravanja dodaje se 100-150 kg/ha UREE za rad mikroorganizama koji za razgradnju organske mase koriste velike količine dušika i kako bi se spriječila pojava dušične depresije. U osnovnoj obradi dodaje se 2/3 od ukupne količine N:P:K gnojiva različite formulacije sa većim udjelom fosfora i kalija dok preostalu količinu dodajemo u predsjetvenoj pripremi tla. Startna gnojidba provodi se zajedno sa sjetvom pomoću ulagača na dubinu 5-8 cm kako bi tek iznikli korijen imao odmah dostupna hraniva za rast i razvoj, a koriste se N:P:K gnojiva sa povećanom fosfornom komponentom. Prihrana se najčešće izvodi dušičnim gnojivima (KAN i UREA) zajedno sa kultivacijom i to prva prihrana u fazi razvoja 3-5 listova a druga u fazi razvoja 7-9 listova. Prihrana se može obaviti i folijarnom gnojidbom (UAN) ali u manjoj koncentraciji kako ne bi došlo do oštećenja lisne površine.

### **3.3. Zaštita i njega usjeva**

Usjev kukuruza potrebno je svake godine zaštititi od napada bolesti, štetnika i korova. Mjere borbe mogu biti mehaničke, biološke, fizikalne a najznačajnije se kemijske mjere i primjena pesticida. Kada biljka dođe u fazu razvoja tri do četiri lista, tj. kada se redovi dobro uočavaju potrebno je provesti prvu međurednu kultivaciju (Slika 1.). Kultivacijom se mehanički uništavaju korovi, prekida se kapilarni uspon i isparavanje vode, tlo se prozračuje i omogućuje se lakše nakupljanje oborinske vode, što dovodi do bržeg porasta korijena i stabljike. Druga kultivacija se provodi u razvojnoj fazi 7-9 listova te nije poželjno provoditi kada je biljka veća od ove visine jer je moguće oštećenje stabljike, ujedno s kultivacijom provodi se i prihrana dušičnim gnojivima.



Slika 1. Međuredna obrada tla  
(Fotografija: M. Marković)



Slika 2. Mjehurasta snijet (*Ustilago maydis*)  
(Izvor: [www.biovirt.com](http://www.biovirt.com))

Od korova najčešće se javljaju obični koštan (*Echinochola crus-galli*), divlji sirak (*Sorghum halepense*), ambrozija (*Ambrosia artemisifolia*) i abutilon (*Abutilon theophrasti*) te na njihovu pojavu i brojnost utječe se svakim zahvatom obrade tla. Palež klijanaca (*Fusarium*), mjehurasta snijet (*Ustilago maydis*) (Slika 2.) i pjegavost lista su najznačajnije bolesti koje se javljaju na kukuruzu, kao prevenciju u borbi s bolestima bitno je pridržavati se plodoreda, uništavati korove koji su prijelazni domaćini te zaoravati žetvene ostatke na kojima bolest prezimljuje. Od štetnika koji se pojavljuju najznačajniji su kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera*), kukuruzni moljac (*Ostrinia nubilalis*) i žičnjaci (*Elateridae*).



## 4. NAVODNJAVANJE KUKURUZA NA PRIMJERU POLJOPRIVREDNOGA INSTITUTA IZ OSIJEKA

### 4.1. Utjecaj vremenskih uvjeta na urod kukuruza na Poljoprivrednom Institutu

Nestabilni i promjenjivi vremenski uvjeti u proteklom desetljeću u Osječko-baranjskoj županiji imali su značajan utjecaj na prinos i kvalitetu kukuruza. Stoga se na Poljoprivrednom Institutu u suradnji s Poljoprivrednim fakultetom redovito provode istraživanja o utjecaju navodnjavanja i gnojidbe dušikom na prinos kukuruza. Pokusi su provedeni u tri varijante gdje je A1 varijanta bila kontrolna parcela (samo prirodne oborine), A2 varijanta je bila navodnjavana od 60- 100% poljskog vodnog kapaciteta, a A3 varijanta je bila navodnjavana od 80-100% PVK. Tip tla na kojem su pokusi provedeni je eutrični kambisol, glinasto- ilovaste teksture s pH vrijednosti u KCl-u od 6,5 do 6,9.

Kako je vidljivo u Grafikonu 5. prinos zrna kukuruza na kontrolnom tretmanu (A1) tijekom istraživanja (2006.-2012.) bio je u rasponu od 7,4 t/ha (2012.) do 10,3 t/ha (2009.). Niži urodi zrna ostvareni su u godinama s količinom oborine ispod višegodišnjeg prosjeka te nepravilnim rasporedom oborine tijekom vegetacije kukuruza. U spomenutom razdoblju na području Osijeka sušne godine bile su 2007., 2009. te 2011. godina.



Grafikon 5. Odstupanje prinosa kukuruza u odnosu na oborine u vegetaciji

Tijekom tromjesečnog perioda od lipnja do kolovoza u vremenskom razdoblju od 2006. do 2011. godine količina oborina u Osijeku kretala se od 105 do 377 mm, a prosječna temperatura zraka od 21 do 22,3°C, te prema tim podacima potrebna količina vode za navodnavanje kretala se od 40 do 160 mm za vrijednost PVK 60-100%, i od 80-280 mm za PVK 80-100% (Josipović i sur., 2012.). Na pokusnoj parceli Poljoprivrednog instituta u vegetacijskoj sezoni 2007. godine, u navodnjavanim uvjetima na A3 varijanti (80-100% PVK) izmjeren je prinos od 10,7 t/ha dok je u kontrolnoj A1 varijanti prinos bio 8,4 t/ha. Povećanje prinosa od 2,3 t/ha rezultat je navodnjavanja gdje je ukupna količina dostupne vode biljkama iznosila 501,7 mm (301,7 mm (A1) + 120 mm (A2)) (Marković i sur., 2012.).

Tablica 2. Prinosi zrna kukuruza tijekom istraživanja (2006.-2012.) na Poljoprivrednom institutu

Godina	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A2-A1 (%)</b>	<b>A3-A1 (%)</b>
<b>2006</b>	8537	9263	9618	8,50	12,66
<b>2007</b>	8426	9165	10778	8,77	27,91
<b>2008</b>	8212	8955	9240	9,05	12,52
<b>2009</b>	10343	10573	11657	2,22	12,70
<b>2010</b>	9237	9114	8587	-1,33	-7,04
<b>2011</b>	7468	8823	9350	18,14	25,20
<b>2012</b>	7373	9041	10282	22,62	39,45

Prema podacima iz Tablice 2. vidljivo je kako u pojedinim sušnim godinama navodnjavanje može povećati prinos i do 40% što je bio slučaj u 2012. godini kada je količina oborina u vegetaciji iznosila 293 mm a norma navodnjavanja u A3 varijanti (80-100% PVK) 245 mm, što znači da je ukupna količina dostupne vode u vegetacijskoj sezoni iznosila 538 mm. U toj godini prinos na kontrolnoj parceli iznosio je 7,4 t/ha, a primjenom navodnjavanja povećao se za 2,9 t/ha što je u proizvodnji kukuruza značaj porast. U 2006. godini kroz cijelu vegetaciju palo je dovoljno oborina (402 mm) s povoljnim raspored u svim mjesecima osim u srpnju, kada je palo nedovoljnih 14 mm, te je zbog toga u navodnjavanim uvjetima pokušališta prinos porastao za 13% uz dodatnih 175 mm vode dodanih u A3 varijanti navodnjavanja. Na pokusnoj parceli Poljoprivrednog Instituta u vegetacijskoj sezoni 2007. godine, u navodnjavanim uvjetima na A3 varijanti (80-100% PVK) izmjeren je prinos od

10,7 t/ha dok je u kontrolnoj A1 varijanti prinos iznosio 8,4t/ha. Povećanje prinosa od 2,3 t/ha rezultat je navodnjavanja gdje je ukupna količina dostupne vode biljkama iznosila 501,7 mm (301,7 mm (A1) + 120 mm (A2)) (Marković i sur., 2012.). Za tu godinu karakteristična su dva razdoblja manjka oborina, u travnju kada je palo samo 0,7 mm te drugo razdoblje u srpnju kada je voda dodana navodnjavanjem značajno smanjila stres i smanjenje prinosa. U toj godini prosječan prinos u Hrvatskoj iznosio je 4,9 t/ha što je rezultat nepovoljnih vremenskih uvjeta u kritičnim fazama razvoja kukuruza.

Isti autori navode sljedeće podatke za 2008. i 2009. godinu. U 2008. bili su izrazito povoljni uvjeti za proizvodnju kukuruza. Tijekom travnja i svibnja palo je ukupno 166 mm kiše, te je tako značajan iznos vode sačuvan za ljetni sušno razdoblje, koje je bilo u drugoj polovici lipnja i srpnja. Prinos na kontrolnoj parceli je iznosio 8,2 t/ha uz 437 mm tijekom cijele vegetacije. U A2 varijanti dodano je normom navodnjavanja 80 mm te je prinos povećan na 8,9 t/ha, dok je A3 varijantom dodano 120 mm vode za konačni prinos od 9,2 t/ha. Iako je 2009. godina bila sušna, raspored oborina je bio povoljan uz jedan sušni period u srpnju te je prinos na kontrolnoj parceli pri 230 mm oborina u vegetaciji iznosio 10,3 t/ha. A2 varijantom navodnjavanja uz normu od 200 mm prinos je povećan tek za 2%, dok je A3 varijantom dodano 250 mm uz povećanje prinosa od 1,4 t/ha odnosno 12,5%.

Vegetacijsko razdoblje 2010. godine znatno se razlikuje po količini oborine i ostvarenim prinosima zrna po varijantama navodnjavanja. Naime kako je vidljivo iz Tablice 2. najveći prinos ostvaren je na kontrolnoj varijanti navodnjavanja (A1 = 9,2 t/ha) dok je dodanim obrocima prinos na A2 varijanti smanjen za 1,3% i za 7% na A3 varijanti. Smanjenje prinosa posljedica je prekomjerne količine vode u tlu uslijed čega je došlo do zagušenja biljaka te stvaranja redukcijских uvjeta u tlu.

Osim velike važnosti i velikog učinka na prinos, navodnjavanje također ima izuzetnu važnost i na fizikalna i kemijska svojstva zrna kukuruza. Najznačajnija kemijska svojstva na koja navodnjavanje ima utjecaj su sadržaj proteina, ulja i škroba u zrnu, dok su fizikalna svojstva masa 1000 zrna, broj zrna po klipu, masa klipa i dužina klipa. Prema rezultatima četverogodišnjeg istraživanja (2006.-2009.) Josipović i sur. (2010.) navode kako navodnjavanje i odgovarajuća dušična gnojidba povećavaju prinos zrna kukuruza i do 19%, međutim navodnjavanje snižava sadržaj bjelančevina u zrnu dok gnojidba dušikom povećava. Sadržaj bjelančevina u zrnu u A3 navodnjavanoj varijanti iznosio je 8,51%, što je za 0,3% manje u odnosu na A1 kontrolnu varijantu (8,81%). Očekivani pad bjelančevina

može se anulirati dušičnom gnojidbom, istraživanja su pokazala kako gnojidbom s 200kg N/ha sadržaj bjelančevina u zrnu iznosi 8,92 %, dok u kontrolnoj parceli iznosi 8,28 %. Josipović i sur. (2014.) također su proveli istraživanja o zavisnosti navodnjavanja na sadržaj škroba i ulja u zrnu kukuruza u četverogodišnjem istraživanju (2006.-2009.). U ispitivanim uzorcima prosječan sadržaj škroba iznosio je 70,15 %, s variranjem tijekom godina od 68,51% do 70,93%, međutim utjecaj navodnjavanja je bio značajan ali s malim razlikama manje od 0,34% u usporedbi s ostalim iznosima. Sadržaj ulja u četverogodišnjem prosjeku iznosio je 3,80% sa značajnim razlikama tijekom godina od 3,50% u 2008. do 4,17% u 2009. godini, ali utjecaj navodnjavanja na sadržaj ulja bio je neznačajan.

Osim navodnjavanja značajan utjecaj na kemijska svojstva zrna ima i genotip odnosno hibrid kukuruza. Za sadržaj bjelančevina razlika od hibrida do hibrida može biti i do 1% (10,93% naspram prosječnih 9,93% za preostala tri ispitivana hibrida), dok sadržaj škroba može biti veći za 0,7% (od 69,83% do 70,58%), te ulja za 0,53% (od 3,56% do 4,09%). (Josipović i sur., 2014.)

U dvogodišnjem istraživanju (2006. i 2007.) koje su proveli Marković i sur. (2011.) potvrđuje se već ranije napisano a to je da navodnjavanje povećava prinos u obe varijante navodnjavanja a najveći prinos je izmjeren u A3 varijanti: u 2006.- 9618 kg/ha i u 2007.- 10777 kg/ha, ali u tim pokusima istraživan je i odnos navodnjavanja i komponenti prinosa. Učinak navodnjavanja u 2006. godini pokazao je značajan utjecaj na sve komponente prinosa osim na dužinu klipa, dok jako velik utjecaj ima na broj zrna, masu zrna i masu klipa. Broj zrna i broj redi po klipu povećani su u A3 varijanti navodnjavanja, broj zrna po klipu se povećao s 564 na 584 u odnosu na kontrolnu varijantu te se ova komponenta smatra primarnim čimbenikom u određivanju ukupnog prinosa. Najveća hektolitarska masa izmjerena je u 2007. godini u A3 varijanti navodnjavanja te je iznosila 137,1 g, što je za 10 grama više od uzorka suhog ratarenja, dok je u 2006. g. hektolitarska masa povećana za nepunih 5 g u istoj varijanti navodnjavanja. Povećana količina dodane vode također povećava i masu klipa sa 210,5 g na A1 varijanti do 216 g na A3 varijanti.

Iako navodnjavanje ima puno prednosti i pozitivnih učinaka na biljnu proizvodnju, također može imati negativne učinke, a jedan od najznačajnijih je ispiranje nitrata u dublje slojeve tla i podzemne vode te zagađenje okoliša. S pojačanom dušičnom gnojidbom i prekomjernim dodavanjem vode dolazi do ispiranja veće količine i koncentracije perkolata (procjeđene tekućine). Najveća količina nitrata ispire se iz tla u varijantama navodnjavanja 80-100%

PVK i s gnojdbom od 200 kg N/ha, te je najveća količina zabilježena u A3 varijanti navodnjavanja kad je isprano 21,5 kg/ha nitrata (suho ratarenje 10,8 kg/ha i A2 varijanta 14,2 kg/ha), a količine perkolata iznosile su u suhom ratarenju 38,3 l/m<sup>2</sup>, 47,2 l/m<sup>2</sup> za A2 varijantu navodnjavanja i 57,7 l/m<sup>2</sup> u A3 varijanti. (Marković i sur., 2011.)

#### **4.2. Norma navodnjavanja**

Norma navodnjavanja predstavlja ukupni nedostatak vode u vegetaciji jedne kulture, odnosno količinu vode koju je navodnjavanjem potrebno dodati biljci tijekom cijele vegetacije. Određuje se tako da se od ukupno potrebne vode oduzme ukupno raspoloživa voda u vegetaciji. Ukupno potrebna voda dobije se određivanjem vrijednosti evapotranspiracije koja predstavlja ukupnu količinu vode koja se gubi iz tla isparavanjem (evaporacijom), odnosno iz biljke preko puči listova (transpiracijom). Na procese evapotranspiracije utječu klimatski uvjeti (temperatura zraka, vjetar), nagib terena, fizikalna svojstva tla. Međutim kada se izračuna norma navodnjavanja, njemu vrijednost treba uzeti s rezervom jer mogući su gubici vode koji nastaju uslijed isparavanja tijekom navodnjavanja kada su visoke temperature, površinskog otjecanja vode te zbog neispravnog sustava za navodnjavanje (gubici na spojevima, oštećenja). (Mađar i Šoštarić, 2009.)

Prema istraživanjima koja su provodili Marković i sur. od 2006. do 2012. na Poljoprivrednom institutu norma navodnjavanja za kukuruz kretala se od 35 mm u kišnoj 2010. do najvećih 250 mm u sušnoj 2009. godini kada je bila najveća razlika u prinosu između kontrolne (205 mm) i navodnjavane varijante.

#### **4.3. Obrok navodnjavanja**

Za uspješno i precizno provođenje navodnjavanja potrebno je poznavati dva osnovna pojma a to su obrok i norma navodnjavanja. Obrok navodnjavanja je količina vode koju dodajemo u jednom navodnjavanju, a zbroj svih obroka predstavlja normu navodnjavanja. Tijekom cijele vegetacije obroci navodnjavanja nisu jednaki nego ovise o fazi razvoja biljke. U početnim faza razvoja dodajemo manju količinu vode, tj manji obrok, jer biljka tada ima i male potrebe za vodom. Međutim porastom biljke rastu i potrebe za vodom a paralelno s porastom raste i količina vode u obroku navodnjavanja. Obrokom navodnjavanja tlo se treba navlažiti do stanja poljskog vodnog kapaciteta (PVK) koji je specifičan za svako tlo, a obrok

ovisi još i o trenutnoj vlažnosti tla i dubini tla do koje želimo navlažiti tlo. Obrokom navodnjavanja najčešće se održava vlažnost tla na 60- 100 % poljskog vodnog kapaciteta. Računamo ga pomoću formule:

$$O = 100 \times v_t \times h \text{ (PVK- } T_v)$$

gdje je O- obrok navodnjavanja,  $v_t$ - gustoća tla, h- dubina tla do koje navodnjavamo, PVK- poljski vodni kapacitet i  $T_v$ - trenutna vlažnost tla. (Mađar i Šoštarić, 2009.)

U poljoprivrednoj praksi obrok navodnjavanja najčešće je isti za cijelu vegetacijsku sezonu.

#### **4.4. Sustavi navodnjavanja na Poljoprivrednom Institutu**

Poljoprivredni Institut u Osijeku koristi tri sustava za navodnjavanje u ratarskoj proizvodnji, navodnjavanje kišenjem obavlja se „Tifon“ sustavom te kišnim krilom, a u sjemenskoj proizvodnji kukuruza koristi se sustav navodnjavanja kap po kap.

Samohodni sektorski rasprskivač odnosno Tifon sustav (Slika 3.) zbog svoje praktičnosti i jednostavnosti korištenja ima sve veću primjenu u navodnjavanju ratarskih kultura. Pogodan je za sve ratarske kulture, a naročito za kulture širokog sklopa. Tifon sustav sastoji se od vitla koje je namotano plastičnim crijevom i jednog rasprskivača velikog intenziteta i dometa. Najčešće se nalazi na pomičnom postolju te navodnjava samo određeni dio površine, ne pravi cijeli krug prilikom rada što mu omogućuje kretanje unazad po suhom tlu. Tijekom rada trošni znatnu količinu energije u toku navodnjavanja i koristi se velikim pritiskom vode od 6-8 bara. Prije početka navodnjavanja postolje s rasprskivačem se odvlači na suprotni kraj parcele pomoću traktora. U radu vitlo se lagano pokreće pomoću pritiska vode iz sustava te istovremeno namata crijevo koje odmah povlači i rasprskivač. (Mađar i Šoštarić, 2009.)



Slika 3. Tifon sustav za navodnjavanje

(Fotografija: M. Marković)

Kišno krilo (Slika 4.) sastoji se od aluminijskih cijevi postavljenih na kotače i maloga pogonskog motora koji pokreće krilo. Širina zahvata kišnog krila može se prilagođavati prema obliku i veličini parcele za navodnjavanje i kreće se od 100 do 400 m radnog zahvata. Intenzitet kišenja kišnog krila iznosi 10 do 15 mm/h, a radni pritisak u cjevovodu je od 3,5 do 4,5 bara. Vrlo uspješno se upotrebljava za navodnjavnaje širokorednih ratarskih kultura ali tako i za livade, pašnjake i lucerne. Kišno krilo može se primjenjivati na ravnim terenima i pravilnim tablama a jedan sustav može navodnjavati površinu od 30 do 70 hektara. (Mađar i Šoštarić, 2009.)



Slika 4.: Kišno krilo

(Izvor: [www.media.agrostandard.rs](http://www.media.agrostandard.rs))

Osim već navedenih sustava koji se koriste za navodnjavanje u proizvodnji merkantilnog kukuruza, na Poljoprivrednom institutu za navodnjavanje sjemenskog kukuruza koristi se sustav za navodnjavanje kapanjem („kap po kap“). Takav sustav potpuno je automatiziran i programiran te tijekom rada gotovo ne zahtijeva prisustvo čovjeka. Najveća značajka ovog sustava navodnjavanje je da uz minimalnu količinu vode postiže maksimalne učinke u biljnoj proizvodnji. Gubici vode svedeni su na minimum jer se prilikom navodnjavanja vlaži vrlo mali dio površine uz svaku biljku (Slika 5.). Sustav kapanja ublažava velike promjene vlažnosti tla koje većinom nastaju kod ostalih sustava, jer zbog visoke učinkovitosti i moderne tehnologije omogućeno je neprekidno umjereno dodavanje vode biljci u optimalnoj količini. Sustav se sastoji od pogonskog dijela s filterom, plastičnih cijevi i kapaljki, a pogodan je za navodnjavanje vrlo intenzivnih i dohodovnih kultura te zbog visokih troškova izgradnje, korištenja i održavanja, sustav nije rentabilan u ratarskoj proizvodnji. (Mađar i Šoštarić, 2009.)





Slika 5. Navodnjavanje kapanjem  
(Izvor: [www.blog.netafim.com](http://www.blog.netafim.com))

## 5. ZAKLJUČAK

Iz godine u godinu sve je osjetniji utjecaj klimatskih promjena na ratarsku proizvodnju u Osječko-baranjskoj županiji. Brojnim istraživanjima i praćenjem klimatskih pokazatelja proteklih godina dokazano je kako su vremenske prilike za uzgoj kukuruza često nepovoljne zbog sve učestalije pojave suše. Navodnjavanjem se može uspješno kontrolirati jako bitan čimbenik u biljnoj proizvodnji, a to je sadržaj i pristupačnost vode u tlu. Iz navedenih razloga navodnjavanje postaje neophodna agrotehnička mjera za rentabilnu, uspješnu i stabilnu proizvodnju kukuruza. Poljska istraživanja na Poljoprivrednom Institutu Osijek pokazuju kako su u sušnim uvjetima obje varijante navodnjavanja djelovale izrazito povoljno na povećanje prinosa. U promatranom razdoblju, tek je jedna godina bila prosječna u pogledu količine oborine te nije bilo potrebe za navodnjavanjem, dok je u tri godine primjenom navodnjavanja prinos značajno rastao.

Iako Osječko-baranjska županija prednjači po broju navodnjavanih površina, to je i dalje nedovoljno jer su preduvjeti i potrebe za navodnjavanjem iznimno povoljni. Međutim uz pomoć državnih institucija i akademske struke pokrenut je projekt planskog širenja i izgradnje sustava za navodnjavanje (NAPNAV) kojem je cilj kroz idućih nekoliko godina udvostručiti navodnjavane površine u Osječko-baranjskoj županiji, što bi bilo od iznimne važnosti za stabilnu proizvodnju kukuruza.

## 6. POPIS LITERATURE

1. Amanullah, K., Bahadar, M., Paigham, S. (2009.): Nitrogen levels and its time of application influence leaf area, height, biomass of maize plantlet at low and high density. Pak, J. Bot.
2. Dragović, S., Maksimović, L., Radojević, V., Cicmil, M.(2006): Navodnjavanje u biljnoj proizvodnji, Partenon, Beograd
3. Farkas, I., Kassai, K., Nyarai, F. H., Jolankai, M. (2012.): Impact of water availability on the performanc of maize (*Zea mays* L.). 11th Alps- Adria Scientific Workshop. Smolenice, Slovakia
4. Josipović, M., Plavšić, H., Brkić, I., Sudar, R., Marković, M. (2010.): Irrigation, nitrogen fertilization and genotype impacts on yield and quality of maize grain. 9th Alps- Adria Scientific Workshop. Špičak, Czech Republic
5. Josipović, M., Plavšić, H., Kovačević, V., Marković, M., Iljkić, D. (2014.): Impacts of irrigation and genotype on yield, protein, starch and oil contents in grain of maize ingred lines. Genetika, Vol 46, No 1,243-253
6. Josipović, M., Kovačević, V., Šošćarić, J., Plavšić, H., Marković, M. (2012.): Irrigation and nitrogen fertilization needs for maize in Osijek- Baranja county. 11th Alps- Adria Scientific Workshop. Smolenice, Slovakia
7. Jug, D.; Birkas, M.; Kisić, I. (2015): Obrada tla u agroekološkim okvirima, HDPOT, Osijek
8. Mađar, S., Šošćarić, J. (2009.): Navodnjavanje poljoprivrednih kultura, 22.7.2016. [http://www.obz.hr/hr/pdf/poljoprivredni\\_info\\_pult/2010/Navodnjavanje.pdf](http://www.obz.hr/hr/pdf/poljoprivredni_info_pult/2010/Navodnjavanje.pdf)
9. Maksimović L. (1999.): Zavisnost prinosa i morfoloških karakteristika od vlažnosti zemljišta i sistema đubrenja u navodnjavanju. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
10. Malik, H. N., Malik, S. I., Mozamil, H., Chughtai, S. R., Javed, H. I. (2005): Genetic Correlation among Various Quantitative Characters in Maize (*Zea mays* L.) Hybrids. J. Agri. Soc. Sci.

11. Marković, M., Josipović, M., Plavšić, H., Jambrović, A., Liović, I., Teodorović, R. (2011.): Influence of genotype on maize yield and yield parameters in irrigated and N fertilized conditions. 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. Opatija, Croatia
12. Marković, M., Kovačević, V., Šošarić, J., Josipović, M., Iljkić, D. (2012): Maize production in climate change conditions.
13. Marković, M., Josipović, M., Šošarić, J., Brkić, I., Krizmanić, G., Plavšić, H. (2011.): Irrigation and N fertilization impact on maize yield and nitrogen leaching. 5. hrvatska konferencija o vodama, Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena
14. Pospišil, A. (2010.): Ratarstvo, 1. dio. Zrinski d.d., Čakovec
15. Šošarić, J., Marković, M., Šimunović, I., Josipović, M. (2012): Irrigation- wish or necessity. Proceedings of 4th International Scientific and Expert Conference of the International TEAM Society. 17-19 October, Slavonski Brod, Croatia
16. Varallyay G. (2008.): Extreme soil moisture regime as limiting factor of the plants' water uptake. Cereal Research Communications
17. Zovkić, I. (1981): Proizvodnja kukuruza, Sarajevo
18. [http://www.obz.hr/vanjski/CD\\_AGBASE2/HTM/kukuruz.htm](http://www.obz.hr/vanjski/CD_AGBASE2/HTM/kukuruz.htm)
19. Državni zavod za statistiku, 2015.  
[http://www.dzs.hr/App/PXWeb/PXWebHrv/Chart.aspx?layout=chartViewLine&px\\_tableid=BP211\\_HR.px&px\\_path=Poljoprivreda,%20lov,%20%C5%A1umarstvo%20i%20ribarstvo\\_Biljna%20proizvodnja&px\\_language=hr&px\\_db=Poljoprivreda,%20lov,%20%C5%A1umarstvo%20i%20ribarstvo&rxid=49f70812-ed6a-40f7-ac92-5218675410ca](http://www.dzs.hr/App/PXWeb/PXWebHrv/Chart.aspx?layout=chartViewLine&px_tableid=BP211_HR.px&px_path=Poljoprivreda,%20lov,%20%C5%A1umarstvo%20i%20ribarstvo_Biljna%20proizvodnja&px_language=hr&px_db=Poljoprivreda,%20lov,%20%C5%A1umarstvo%20i%20ribarstvo&rxid=49f70812-ed6a-40f7-ac92-5218675410ca)
20. <http://www.biovrt.com/uploads/2012/08/Ustilago-maydis-4.jpg>
21. [http://media.agrostandard.rs/2013/08/rainguns\\_Spray\\_Boom1.jpg](http://media.agrostandard.rs/2013/08/rainguns_Spray_Boom1.jpg)
22. <http://blog.netafim.com/wp-content/uploads/2015/02/Untitled.png>

## 7. SAŽETAK

U Hrvatskoj kukuruz je kultura s najviše zasijanih površina i najvećim obujmom proizvodnje. Međutim u proteklom desetljeću proizvodnja je smanjena za gotovo 80 000 ha. Kukuruz je biljka velikih potreba za vodom, a učestala pojava suše i nadprosječno visoke temperature izrazito su utjecale na cjelokupnu proizvodnju. Prema analiziranim podacima Poljoprivrednog Instituta vidljiv je značaj navodnjavanja na proizvodnju kukuruza (povećanje prinosa i do 40%) te je zbog toga navodnjavanje postalo neizostavna mjera za postizanje visokih i stabilnih prinosa. Norme navodnjavanja ovisile su o rasporedu i količini oborina a kretale su se zavisno o varijanti navodnjavanja od 35 mm u kišnoj 2010., do 245 mm u sušnoj 2012. Prinos zrna kukuruza na kontrolnom tretmanu (A1) tijekom istraživanja (2006.-2012.) bio je u rasponu od 7,4 t/ha (2012.) do 10,3 t/ha (2009.). U pojedinim sušnim godinama navodnjavanje može povećati prinos i do 40% što je bio slučaj u 2012. godini kada je ukupna količina dostupne vode od 538 mm (293 mm oborine + 245 mm navodnjavanje) povećala prinos od 7,4 t/ha na 10,3 t/ha. Osim izravnog utjecaja na prinos, navodnjavanje pozitivno utječe i na fizikalna i kemijska svojstva zrna. Primjenom navodnjavanja smanjuje se sadržaj bjelančevina u zrnu, dok na sadržaj škroba i ulja nema značajniji utjecaj (promjena sadržaja izuzetno niska, gotov zanemariva). Izuzetno povoljan utjecaj navodnjavanja vidi se na hektolitarskoj masi zrna (bez navodnjavanja 127g, s navodnjavanjem 137g), broju zrna po klipu (A1- 564, A3- 584), te masi klipa (A1-210 g, A3-216), dok je utjecaj na dužinu klipa neznačajan. Iako navodnjavanje ima puno prednosti i pozitivnih učinaka na biljnu proizvodnju, također može imati negativne učinke, a jedan od najznačajnijih je ispiranje nitrata u dublje slojeve, najveća količina ispranih nitrata iznosila je 21,5 kg/ ha za A3 varijantu navodnjavanja.

## **8. SUMMARY**

Maize is the most widely grown crop in the Republic of Croatia. The frequent drought phenomena as well as the air temperatures above the long term average are the reason for yield reduction. According to data from Agricultural Institute in Osijek the irrigation practice is significant for maize yield as well as for yield components and chemical compounds. Amount of irrigation water ranged from 355 (2010.) to 245 mm (2012.). In average the maize yield ranged from 7.4 to 10.3 t/ha. The irrigation practice decreases the protein content, hectolitre weight ( $a_1 = 127$  g;  $a_2 = 137$  g), grain number per cob ( $A_1 = 564$ ;  $A_3 = 584$ ) and cob weight ( $A_1 = 210$  g,  $A_3 = 216$  g) while the influence of irrigation on cob length was non-significant.

Key words: maize, irrigation, drought, amount of irrigation water, yield

## **9. POPIS TABLICA, SLIKA I GRAFIKONA**

### **Popis tablica**

Tablica 1. Idealni uvjeti za proizvodnju kukuruza, str. 8.

Tablica 2. Urod kukuruza i povećanje prinosa u navodnjavanim uvjetima, str. 14.

### **Popis slika**

Slika 1. Međuredna obrada tla, str. 12

Slika 2. Mjehurasta snijet, str. 12.

Slika 3. Tifon sustav za navodnjavanje, str. 19

Slika 4. Kišno krilo, str. 20

Slika 5. Navodnjavanje kapanjem, str. 21.

### **Popis Grafikona**

Grafikon 1. Požnjevene površine kukuruza u svijet u odnosu s pšenicom i rižom, str. 1

Grafikon 2. Površine zasijane kukuruzom u RH od 2000. do 2014., str 2.

Grafikon 3. Urod zrna kukuruza u RH u razdoblju od 2005. do 2014., str 3.

Grafikon 4. Količina oborina tijekom vegetacije kukuruza i odstupanje od godišnjeg prosjeka za Osijek, str 9.

Grafikon 5. Odstupanje prinosa kukuruza u odnosu na oborine u vegetaciji, str. 13.

## **TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Završni rad

### **SUSTAVI NAVODNJAVANJA KUKURUZA (*Zea mays* L.) NA POLJOPRIVREDNOM INSTITUTU U OSIJEKU**

#### **MAIZE (*Zea mays* L.) IRRIGATION SYSTEMS ON AGRICULTURAL INSTITUTE IN OSIJEK**

Antonio Tolić

#### **SAŽETAK**

Na proizvodnim površinama U Republici Hrvatskoj kukuruz je najzastupljenija kultura. Učestala pojava suše i nadprosječno visoke temperature zraka tijekom razdoblja vegetacije kukuruza uzrokuju variranje uroda kukuruza. Prema analiziranim podacima Poljoprivrednog Instituta vidljiv je značaj navodnjavanja na proizvodnju kukuruza (povećanje prinosa i do 40%) te je zbog toga navodnjavanje postalo neizostavna mjera za postizanje visokih i stabilnih prinosa. Norme kretale su se od 35 mm u kišnoj 2010., do 245 mm u sušnoj 2012. Prinos zrna kukuruza na kontrolnom tretmanu (A1) tijekom istraživanja (2006.-2012.) bio je u rasponu od 7,4 t/ha (2012.) do 10,3 t/ha (2009.). Osim izravnog utjecaja na prinos, navodnjavanje pozitivno utječe i na fizikalna i kemijska svojstva zrna. Primjenom navodnjavanja smanjuje se sadržaj bjelančevina u zrnu, dok na sadržaj škroba i ulja nema značajniji utjecaj (promjena sadržaja izuzetno niska, gotov zanemariva). Izuzetno povoljan utjecaj navodnjavanja vidljiv je na hektolitarskoj masi zrna (bez navodnjavanja 127g, s navodnjavanjem 137g), broju zrna po klip (A1- 564, A3- 584), te masi klipa (A1-210 g, A3-216 g), dok je utjecaj na dužinu klipa neznakačan.

Ključne riječi: kukuruz, navodnjavanje, suša, norma navodnjavanja, prinos

#### **SUMMARY**

Maize is the most widely grown crop in the Republic of Croatia. The frequent drought phenomena as well the air temperatures above the long term average are the reason for yield reduction. According to data from Agricultural institute in Osijek the irrigation practice is significant for maize yield as well as for yield components and chemical compounds. Amount of irrigation water ranged from 355 (2010) to 245 mm (2012). In average the maize yield ranged from 7.4 to 10.3 t/ha. The irrigation practice decreases the protein content, hectolitre weight (a1 =127 g; a2= 137 g), grain number per cob (A1= 564; A3= 584) and cob weight (A1-210 g, A3-216 g) while the influence of irrigation on cob length was non-significant.

Key words: maize, irrigation, drought, amount of irrigation water, yield