

Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza (*Zea mays* L.)

Marković, Monika

Doctoral thesis / Disertacija

2013

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:854731>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-23**



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](#)



REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Monika Marković, dipl. inž. polj.

**UTJECAJ NAVODNJAVANJA I GNOJIDBE DUŠIKOM NA
UROD I KVALITETU ZRNA HIBRIDA KUKURUZA (*Zea mays* L.)**

- Doktorski rad -

Osijek, 2013.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Monika Marković, dipl. inž. polj.

**UTJECAJ NAVODNJAVANJA I GNOJIDBE DUŠIKOM NA
UROD I KVALITETU ZRNA HIBRIDA KUKURUZA (*Zea mays* L.)**

- Doktorski rad -

Osijek, 2013.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Monika Marković, dipl. inž. polj.

**UTJECAJ NAVODNJAVANJA I GNOJIDBE DUŠIKOM NA
UROD I KVALITETU ZRNA HIBRIDA KUKURUZA (*Zea mays* L.)**

- Doktorski rad -

Voditelj: prof. dr. sc. Jasna Šoštarić

Povjerenstvo za ocjenu:

- 1. prof. dr. sc. Blaženka Bertić, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, predsjednik**
- 2. prof. dr. sc. Jasna Šoštarić, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, mentor i član**
- 3. dr. sc. Marko Josipović, znanstveni savjetnik Poljoprivrednog instituta u Osijeku, član**

Osijek, 2013.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Monika Marković, dipl. inž. polj.

**UTJECAJ NAVODNJAVANJA I GNOJIDBE DUŠIKOM NA
UROD I KVALITETU ZRNA HIBRIDA KUKURUZA (*Zea mays* L.)**

- Doktorski rad -

Voditelj: prof. dr. sc. Jasna Šoštarić

**Javna obrana doktorske disertacije održana je 6. prosinca 2013. godine pred
Povjerenstvom za obranu:**

- 1. prof. dr. sc. Blaženka Bertić, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, predsjednik**
- 2. prof. dr. sc. Jasna Šoštarić, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, mentor i član**
- 3. dr. sc. Marko Josipović, znanstveni savjetnik Poljoprivrednog instituta u Osijeku, član**
- 4. prof. dr. sc. Dragutin Petošić, redoviti profesor Agronomskog fakulteta u Zagrebu, član**
- 5. dr. sc. Ivo Brkić, znanstveni savjetnik na Poljoprivrednom institutu u Osijeku, član**

Osijek, 2013.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorski rad

Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Poslijediplomski doktorski studij: Poljoprivredne znanosti
Smjer: Agrokemija

UDK: 631.67+631.811.1:633.15

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Poljoprivreda
Grana: Bilinogojstvo

Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom na urod i kvalitetu zrna hibrida
kukuruza (*Zea mays* L.)

Monika Marković, dipl. inž. polj.

Rad je izrađen na Poljoprivrednom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Mentor: prof. dr. sc. Jasna Šoštarić

Trogodišnje istraživanje (2010./2012.), provedeno je kao stacionarno istraživanje utjecaja navodnjavanja, gnojidbe dušikom na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza na Poljoprivrednom institutu u Osijeku. U istraživanju su korištene tri varijante navodnjavanja i gnojidbe dušikom, po split split-plot shemi u tri ponavljanja. Navodnjavanje je provedeno u tri razine: A1 = kontrola (suho ratarenje), A2 = 60-100% poljskog vodnog kapaciteta (PVK) i A3 = 80-100% PVK. Gnojidba dušikom provedena je u tri razine: B1 = kontrola (0 kg N ha⁻¹), B2 = 100 kg N ha⁻¹, B3 = 200 kg N ha⁻¹. U istraživanju su korišteni hibridi kukuruza (FAO 500 i 600), C1= OSSK596, C2 = OSSK617, C3 = OSSK602 i C4 = OSSK552. Urod zrna kukuruza varirao je ovisno o godini istraživanja (vremenski uvjeti) i razinama čimbenika. U sušnim godinama (2011. i 2012.) najviši urodi zrna ostvareni su na varijantama na kojima je razina vode u tlu 80 do 100% PVK i najvećom količinom gnojiva (100 kg N ha⁻¹). U ekstremno kišnoj godini (2010.) najviši urod zrna ostvaren je na kontrolnoj varijanti navodnjavanja, a rastao je povećanjem količine dodanog N gnojiva. Sadržaj proteina u zrnu smanjen je povećanjem sadržaja vode u 2010. i 2012. god. Sadržaj škroba i ulja u zrnu rastao je u objema varijantama navodnjavanja. Najizraženije povećanje sadržaja škroba zabilježeno je u 2012. god. Porastom količine dodane vode rasla je hektolitarska masa kukuruza dok je apsolutna masa smanjena. Gnojidba dušikom vrlo značajno je povećala urod zrna, sadržaj proteina u zrnu te hektolitarsku i apsolutnu masu. Utvrđen je vrlo značajan učinak genotipa na sva ispitivana svojstva tijekom trogodišnjeg istraživanja.

Broj stranica: 127

Broj slika: 30

Broj tablica: 33

Broj literaturnih navoda: 96

Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: navodnjavanje, gnojidba dušikom, genotip, urod, kemijski sastav zrna

Datum obrane: 6. prosinca 2013. god.

Povjerenstvo za obranu:

1. dr. sc. Blaženka Bertić, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, predsjednik
2. dr. sc. Jasna Šoštarić, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, mentor i član
3. dr. sc. Marko Josipović, znanstveni savjetnik Poljoprivrednog instituta u Osijeku, član
4. dr. sc. Dragutin Petošić, redoviti profesor Agronomskog fakulteta u Zagrebu, član
5. dr. sc. Ivo Brkić, znanstveni savjetnik na Poljoprivrednom institutu u Osijeku, član

Rad je pohranjen u:

Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agriculture in Osijek

Postgraduate study: Agricultural sciences

Course: Agrochemistry

UDK: 631.67+631.811.1:633.15

Scientific Area: Biotechnical Sciences

Scientific Field: Agriculture

Branch: Plant production

Influence of irrigation and nitrogen fertilization on yield and quality of maize (*Zea mays* L.) grain

Monika Marković, dipl. ing. agr.

Thesis performed at Faculty of Agriculture in Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Supervisor: prof. dr. sc. Jasna Šoštarić

The three year's research (2010 - 2012), conducted on a trial field of the Institute of Agriculture in Osijek, is a part of a long stationary experiment. The field examined was the impact that irrigation (A), nitrogen fertilization (B), and the genotype (C) had on the yield, and the quality of maize hybrids (*Zea mays* L). The irrigation was conducted in means of three variants, A1 being the control variant. In A2 variant the capacity of soil water content was held on 60 - 100% level of the filed water capacity (FWC), while in the A3 variant the soil water content was held on a 80 to 100% FWC. Nitrogen fertilization was conducted in three variants, B1 being the control variant (0 kg N ha⁻¹). In B2 variant 100 kg N ha⁻¹ was added, while in B3 variant 200 kg N ha⁻¹ was added. Four maize hybrids (FAO 500 and 600) were used in the research, C1 = OSSK596, C2 = OSSK617, C3 = OSSK602 and C4 = OSSK552. Statistically meaningful differences of yield in all three years of research were established. Yield grew as the irrigation norm was increased, with an exception of year 2010, when the highest yield was achieved on control plots. The most distinctive impact the irrigation had on maize yield was during the very warm and very dry vegetation period of the year 2012. The amount of protein in grain was reduced by increasing soil water content. In opposition, the amount of starch and oil in the grain grew in both irrigation variants. With the increase of the water added, the hectoliter mass of maize grew, while the absolute mass was decreased. Nitrogen fertilization significantly amplified the grain yield, the protein amount, as well as the hectoliter and absolute. It was established that the genotype had a highly significant impact on all three characteristics. The course and the strength of correlation references between the characteristics (in relation to one another), and the components of the research differed in means of the years of research, most of all on account of the weather conditions in the year 2010.

Number of pages: 127

Number of figures: 30

Number of tables: 33

Number of references: 96

Original in: Croatian

Key words: irrigation, nitrogen fertilization, genotype, yield, chemical compounds

Date of the thesis defense: December 6. 2013.

Reviewers:

1. **PhD Blaženka Bertić**, Professor, Commission president
2. **PhD Jasna Šoštarić**, Professor, PhD Supervisor, Member
3. **PhD Marko Josipović**, Scientific Advisor, Member
4. **PhD Dragutin Petošić**, Professor, Member
5. **PhD Ivo Brkić**, Scientific Advisor, Member

Thesis deposited in:

National and University Library in Zagreb, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb, University of Rijeka, University of Split

KAZALO

1. UVOD	1
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	4
3. PREGLED LITERATURE	5
3.1. Utjecaj navodnjavanja na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza	5
3.2. Utjecaj gnojidbe dušikom na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza	8
3.3. Utjecaj genotipa na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza	10
3.4. Utjecaj interakcije navodnjavanja, gnojidbe dušikom i genotipa na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza	11
4. MATERIJALI I METODE RADA	16
4.1. Provedba istraživanja	16
4.2. Osnovna obilježja poljskog pokusa	16
4.3. Glavni čimbenik – navodnjavanje (A)	18
4.3.1. Sustav za navodnjavanje	20
4.3.2. Određivanje elemenata navodnjavanja	20
4.3.2.1 Određivanje trenutka početka navodnjavanja	21
4.3.2.2 Određivanje obroka navodnjavanja	25
4.3.2.3 Određivanje norme navodnjavanja	26
4.3.3. Učinkovitost navodnjavanja	26
4.3.4. Kakvoća vode za navodnjavanje	27
4.3.5. Izvor vode za navodnjavanje	28
4.3.6. Analiza procjedne vode iz Ebermayerovih lizimetarskih posuda	28
4.4. Podčimbenik - Gnojidba dušikom (B)	30
4.4.1. Učinkovitost gnojidbe dušikom	31
4.5. Pod-podčimbenik – Hibrid (C)	32
4.6. Agrotehnika poljskog pokusa kukuruza	32
4.7. Analize tla	35
4.8. Urod i kvaliteta zrna kukuruza	36
4.8.1. Fizikalna svojstva zrna	36
4.8.2. Kemijska svojstva zrna	37
4.9. Analiza vremenskih uvjeta	37
4.10. Statistička obrada podataka	38
5. AGROEKOLOŠKI UVJETI	39
5.1. Klima	39
5.1.1. Opća klimatska obilježja istraživanog područja	39
5.1.2. Vremenske prilike tijekom razdoblja istraživanja	40
5.1.2.1 Vremenske prilike tijekom 2010. godine	40

5.1.2.2 Vremenske prilike tijekom 2011. godine	44
5.1.2.3 Vremenske prilike tijekom 2012. godine	45
5.2. Evapotranspiracija i određivanje vodne bilance	49
5.3. Dinamika sadržaja vode u tlu tijekom trogodišnjeg istraživanja	51
5.3.1. Dinamika sadržaja vode u tlu 2010. godine	51
5.3.2. Dinamika sadržaja vode u tlu 2011. godine	54
5.3.3. Dinamika sadržaja vode u tlu 2012. godine	57
5.4. Tlo	60
5.4.1. Obilježja tla na pokusnoj parceli	60
5.4.2. Rezultati analize tla u razdoblju istraživanja	63
5.5. Kakvoća vode za navodnjavanje	65
5.6. Analiza procjedne vode iz lizimetarskih posuda	66
6. REZULTATI	69
6.1. Urod zrna	69
6.2. Sadržaj proteina u zrnu kukuruza	72
6.3. Sadržaj škroba u zrnu kukuruza	75
6.4. Sadržaj ulja u zrnu kukuruza	78
6.5. Hektolitarska masa zrna kukuruza	80
6.6. Apsolutna masa zrna kukuruza	82
6.7. Rezultati analize korelacije	85
7. RASPRAVA	88
8. ZAKLJUČCI	100
9. LITERATURA	104
10. SAŽETAK	113
11. SUMMARY	115
12. PRILOG	117
12. 1. Prilog A	117
12. 2. Prilog B	118
12. 3. Prilog C	119

1. UVOD

Kukuruz (*Zea mays* L.) je treća žitarica po zastupljenosti na obradivim površinama u svijetu, a prva u Republici Hrvatskoj. Prema dostupnim podacima za 2012. god. (www.indexmundi.com, 26.04.2013., 22:12) vodeći svjetski proizvođači uzgajali su kukuruz na 35 360 000 ha u SAD-u (8 t ha⁻¹), 34 950 000 ha u Kini (6 t ha⁻¹) i 15 500 000 ha u Brazilu (5 t ha⁻¹). Prema podacima Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske, *DZS (2012.)*, kukuruz je u razdoblju od 2010. do 2012. god. u prosjeku bio zasijan na 303 922 ha. Urod zrna kukuruza u 2010. god. iznosio je 4 t ha⁻¹ (-33,3% u odnosu na višegodišnji prosjek 2000.-2009.), 5,7 t ha⁻¹ (-5%) u 2011. god. i 4,4 t ha⁻¹ (-26,6%) u 2012. god.

Prema većem broju autora (*Josipović i sur., 2009., Kovačević, 2004., Kovačević i sur., 2007.^{a,b,c}, Kovačević i sur., 2009., Oseni i Masarirambi, 2011.*) variranja uroda zrna kukuruza najvećim dijelom rezultat su nepovoljnih vremenskih uvjeta. Brojna istraživanja govore o negativnom utjecaju klimatskih promjena na urod kukuruza. Klimatske promjene očituju se kao nadprosječno visoke srednje dnevne temperature zraka, nedovoljna količina oborina, nepravilan raspored godišnjih kao i oborina tijekom vegetacije (*Hu i Buyanovsky, 2003., Kovačević i sur., 2005., Kucharik i Serbin, 2008., Lobell i Field, 2007., Šimunić i sur. 2008., Vučetić (2011.)* u rezultatima svojih istraživanja temeljenih na DSSAT (*Decision Support System for the Agrotechnology Transfer*) globalnom klimatskom modelu za istraživanje klimatskih promjena navodi kako bi Republika Hrvatska u budućnosti mogla pripadati području u kojem će doći do smanjenja uroda zrna kukuruza radi promjene klime. Prema *Mađaru i sur. (1998.)* suše se u Republici Hrvatskoj javljaju svake treće do pete godine, a ovisno o intenzitetu i dužini trajanja mogu smanjiti urod poljoprivrednih kultura i do 90%. *Šoštarić i sur. (2012.)* istraživali su vremenske uvjete za područje Osječko-baranjske županije tijekom 39-godišnjeg razdoblja (1973.-2011.). Autori navode kako je u spomenutom razdoblju četrnaest godina bilo sušno. U posljednjih osamnaest godina (1994.-2012.) svaka šesta godina bila je sušna, a svaka osma godina ekstremno kišna. Obzirom da su se u razdoblju od 1982. do 1993. god. sušne godine na području istočne Hrvatske javljale svakih šest do deset godina (*Šoštarić, 1996.*), zamjećuje se sve učestalija pojava sušnih godina na spomenutom području. Također i prekomjerna količina oborina može dovesti do ispiranja hraniva iz tla i do stanja zasićenosti vodom koja ometa normalnu ishranu biljke (*Sprague, 1962.*). Prema *Tomiću (2012.)* klimatske promjene koje su sve učestalije, čine uzgoj poljoprivrednih kultura ovisnim

o primjeni navodnjavanja. Isti autor navodi kako se trenutno u svijetu navodnjava oko 18% obradivih površina i na njima se proizvodi oko 40% korištene hrane.

Sve veća učestalost pojava suša na području Republike Hrvatske utjecala je na donošenje odluke o potrebi za navodnjavanjem koju je prepoznala i Vlada Republike Hrvatske te je u skladu s tim 2005. god. pokrenut projekt navodnjavanja pod naslovom „Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj - NAPNAV“. Po udjelu navodnjavanih površina, Republika Hrvatska nalazi se na posljednjem mjestu u Europi (*Tomić i sur., 2011.*). Premda je vrlo jasna dobrobit (poboljšanje uroda i kakvoće proizvoda, mogućnost uzgoja većeg broja kultura) i korist agrotehničke mjere navodnjavanja, trenutno u Republici Hrvatskoj navodnjavano je tek od 18 000 do 20 000 ha (*Josipović i sur., 2011.*) što nas i dalje drži pri dnu ljestvice navodnjavanih površina u Europi.

Osim što se navodnjavanjem može značajno utjecati na visinu i stabilnost uroda zrna kukuruza (*Josipović i sur., 2009., Pepo, 2008., Šimunić i sur., 2007.*), brojna istraživanja govore o utjecaju biljci pristupačne vode na kvalitetu odnosno kemijski sastav zrna (*Mahmood i sur., 2000., Hegyi i sur., 2008., Josipović i sur., 2007.*). Zrno kukuruza cijenjena je sirovina u prehrambenoj, prerađivačkoj, kemijskoj industriji kao i u proizvodnji alkohola i biogoriva te je stoga opravdana težnja proizvođača i oplemenjivača u nastojanjima da stvore hibride kukuruza povećanog sadržaja škroba, ulja i proteina u zrnu u odnosu na standardne hibride. Ukoliko za vrijeme oplodnje vladaju visoke temperature i suša, može doći smanjenog zametanja sjemena i time smanjenja uroda (*Moser i sur., 2005., Sprague, 1962.*). *Grbeša i sur. (2012.)* pojašnjavaju negativan utjecaj suše u pogledu vremena pojavljivanja (stadij razvoja biljke) i duljini trajanja na kvalitetu kukuruza. Autori navode kako je u sušom pogođenoj zelenoj masi u reproduktivnim stadijima razvoja najviši udio zrna, odnosno škroba u biljkama te da zbog manjka vode sintetizirani šećeri i aminokiseline nakupljeni u listu ne premještaju se u zrno već u stabljiku. Umjerena suša vrlo malo smanjuje sadržaj vode, ulja i škroba (2,0-3,0%), a blago povisuje sadržaj proteina (1,0-1,5%) i ukupnih vlakana (2,0%) u zrnu.

Najveća korist od navodnjavanja može se ostvariti samo ako je usjev dobro opskrbljen hranivima (*Abbas i sur., 2005., Mansouri-Far i sur., 2010., Moser i sur., 2005., Pandey i sur., 2000., Stringfield, 1962.*), a dušik je jedan od čimbenika koji najviše ograničavaju proizvodnju kukuruza. Brojna istraživanja govore o povećanju uroda zrna primjenom dušičnih gnojiva kao i povećanju sadržaja proteina u zrnu kukuruza, dok je sadržaj škroba u pravilu bio smanjivan (*Blumenthal i sur., 2008., Josipović i sur., 2010.^{a,b,c}, Miao i sur., 2006.*). Rezultati dosadašnjih istraživanja ne potvrđuju značajan utjecaj dušičnih gnojiva na sadržaj ulja u zrnu. Smatra se da

je sadržaj ulja uglavnom ovisan o godini te da su od veće važnosti povećanje uroda dušičnom gnojidbom, a s tim u svezi i povećanje ulja po jedinici površine (*Blumenthal i sur., 2008.*).

Brojna istraživanja govore o značajnosti hibrida kao pojedinačnog čimbenika i u interakciji s navodnjavanjem (*Ali i sur., 2010., Kaman i sur., 2011., Moser i sur., 2005.*) i dušičnom gnojidbom (*Mayer i sur., 2012., Moser i sur., 2005., Plavšić i sur., 2007., Sipos i sur., 2009.*) za urod i kemijski sastav zrna kukuruza. Rezultati istraživanja govore o različitosti hibrida kako po tolerantnosti na sušu, tako i mogućnosti iskorištenja i usvajanja hraniva pri različitim stanjima vlažnosti tla, a kao rezultat toga javlja se variranje uroda.

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA

2.1. Ciljevi istraživanja

Zbog nedovoljne istraženosti utjecaja biljci lako pristupačne vode u tlu, gnojidbe dušikom te genotipa, kao i interakcija spomenutih čimbenika na urod i kvalitetu zrna kukuruza u agroekološkim uvjetima istočne Hrvatske, postavljeni su sljedeći ciljevi:

- ispitati utjecaj sadržaja vode u tlu na urod i kvalitetu zrna kukuruza (fizikalna i kemijska svojstva zrna),
- istražiti utjecaj gnojidbe dušikom na urod i kvalitetu zrna kukuruza,
- proučiti genetsku varijabilnost zrna hibrida kukuruza u visini uroda i kvaliteti zrna,
- ispitati utjecaj interakcije čimbenika (navodnjavanje x gnojidba dušikom x genotip) na urod i kvalitetu zrna kukuruza (fizikalna i kemijska svojstva zrna) i
- na temelju dobivenih rezultata dati preporuku praksi o pravilno provedenoj agrotehničkoj mjeri navodnjavanja i gnojidbe za pojedine hibride u cilju postizanja visokih i stabilnih uroda.

2.2. Hipoteza

- navodnjavanjem, odnosno održavanjem vode u tlu na najvišoj razini, 80-100% poljskog vodnog kapaciteta postiže se najviši urod zrna kukuruza,
- održavanjem vode u tlu na najvišoj razini, 80 do 100% poljskog vodnog kapaciteta povećava se sadržaj škroba u zrnu kukuruza dok se sadržaj proteina smanjuje,
- gnojidba dušikom povećava urod zrna kukuruza i sadržaj proteina, a zamijećeno je smanjenje sadržaja škroba u zrnu,
- sadržaj ulja u zrnu kukuruza različit je ovisno o genetskoj varijabilnosti hibrida te uvjetima okoline (klimatskim uvjetima),
- očekuje se genetska varijabilnost zrna hibrida u sadržaja ulja, proteina i škroba u zrnu kukuruza kao i visini uroda.

3. PREGLED LITERATURE

Pregled literature podijeljen je u poglavlja prema utjecaju ispitivanih čimbenika kako bi se opisao utjecaj svakog čimbenika posebno kao i interakcija ispitivanih čimbenika.

3.1. Utjecaj navodnjavanja na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza

Cakir R. (2004.) postavio je trogodišnje istraživanje u kojem je proučavao utjecaj različitih varijanti navodnjavanja na urod zrna i komponente uroda kukuruza. Navodnjavanje je provedeno prema fazama razvoja biljke, sveukupno šesnaest tretmana uključujući suho ratarenje. Rezultati istraživanja ukazuju da nedostatak vode u tlu tijekom bilo koje faze razvoja biljke uzrokuje značajno sniženje ($P \leq 0,01$) uroda zrna i masu 1000 zrna. Kratkotrajni deficit biljci pristupačne vode tijekom faze intenzivnog vegetativnog porasta prouzrokovao je sniženje uroda za 28% do 32%. Najviši urod zrna postignut je na varijantama navodnjavanja s najvećim obrocima. Autori navode kako je učinak navodnjavanja ovisio o količini i raspodjeli oborina, te da je zabilježeno smanjenje uroda u sušnoj godini.

Dioudis i sur. (2009.) proveli su dvogodišnje istraživanje u kojem su proučavali utjecaj različitih varijanti navodnjavanja na visinu uroda zrna kukuruza. Kukuruz su navodnjavali u intervalima od dva, pet i devet dana. Autori navode kako je najviši urod zrna ostvaren na varijantama koje su bile navodnjavane svaka dva dana, međutim nije utvrđena statistička značajnost između različitih tretmana navodnjavanja. U rezultatima istraživanja autori navode kako je najveća iskoristivost vode (oborine + navodnjavanje) na varijantama navodnjavanja u intervalu od devet dana te su time postigli uštedu vode.

Hegy i sur. (2008.) istraživali su utjecaj sadržaja biljci pristupačne vode na urod i kemijski sastav zrna hibrida. Nedostatak oborina tijekom ispitivanog razdoblja nadoknađivali su navodnjavanjem obrom od 80 mm. Navodnjavanje je provedeno u vrijeme cvatnje kukuruza. U rezultatima svoga istraživanja autori navode kako je u uvjetima navodnjavanja sadržaj škroba u zrnu kukuruza rastao.

Huzsvai i Ványiné (2009.) proučavali su uvjete u kojima dolazi do smanjenja uroda kukuruza u uvjetima navodnjavanja 2005. i 2006. godine u Mađarskoj. Smanjenje uroda kukuruza nisu objasnili nedostatkom zraka u tlu uslijed navodnjavanja jer je kukuruz bio posijan na černozevu povoljne strukture. U rezultatima istraživanja autori navode da je glavni čimbenik smanjenja uroda u navodnjavanju bio sadržaj dušika u tlu. Najveće smanjenje uroda u uvjetima navodnjavanja kukuruza zabilježili su na varijantama koje nisu bile gnojene

petnaest godina (0 kg N ha^{-1}), dok je najmanje smanjenje uroda zabilježeno na varijantama na kojima su gnojili s najvećom količinom dušičnih gnojiva (240 kg N ha^{-1}). Smanjenje uroda u navodnjavanjem uvjetima je bilo manje što je količina dodanih gnojiva bila veća.

Josipović i sur. (2007.) proveli su trogodišnje istraživanje u kojem su koristili dva tretmana navodnjavanja (navodnjavano ($65\text{-}100\%$ PVK) i nenavodnjavano) i deset hibrida kukuruza kako bi istražili utjecaj navodnjavanja na urod i sastav zrna kukuruza. Urod zrna kukuruza bio je značajno veći ($P > 0,001$) u navodnjavanjem uvjetima u sve tri godine istraživanja, dok je sadržaj proteina i ulja značajno porastao u sušnoj godini.

Mahmood i sur. (2000.) proveli su istraživanje u kojemu su proučavali utjecaj različitih razina biljci pristupačne vode na urod i kvalitetu zrna kukuruza. Različite razine biljci pristupačne vode u tlu održavali su navodnjavanjem koje je provedeno deset dana nakon sjetve i kada bi sadržaj vode u tlu smanjio na kritičnu razinu. U rezultatima istraživanja autori navode kako je urod zrna rastao smanjenjem vodnog deficita. Također, razina biljci pristupačne vode je značajno utjecala na sadržaj škroba i ulja u zrnu koji je rastao uslijed smanjenja vodnog deficita. Smanjenje sadržaja škroba u zrnu uslijed vodnog stresa autori pojašnjavaju pojačanom aktivnosti enzima amilaze koja razlaže škrob na jednostavne šećere. Nasuprot sadržaju ulja i škroba, sadržaj proteina je rastao uslijed vodnog deficita.

Maqsood i sur. (2003.) proučavali su utjecaj pet različitih tretmana navodnjavanja (0, 3, 4, 5 i 6 navodnjavanja u vegetaciji) na urod zrna kukuruza. Navodnjavanje je značajno utjecalo na povećanje uroda zrna. Najveći urod ostvaren je sa šest navodnjavanja ($7,59 \text{ t ha}^{-1}$). Autori preporučuju dva navodnjavanja tijekom vegetativnog porasta, jedno navodnjavanje tijekom svilanja, formiranja zrna i jedno navodnjavanje u zriobi.

Pepó i sur. (2008.) proučavali su urod zrna kukuruza u ekstremno sušnoj 2007. god. tretmani navodnjavanja su bili kako slijedi: O_1 = bez navodnjavanja, O_2 = navodnjavanje s pola potrebnog obroka ($4 \times 25 \text{ mm}$), O_3 = navodnjavanje s punom količinom vode ($4 \times 50 \text{ mm}$). Navodnjavanje je u ekstremno sušnoj 2007. god. imalo vrlo značajan učinak na visinu uroda u obe varijante navodnjavanja (O_2 i O_3) postignuto povećanje uroda zrna za $3\ 100 \text{ kg}$ do $4\ 000 \text{ kg}$.

Saif i sur. (2003.) proveli su istraživanje u kojem su proučavali utjecaj različitih varijanti navodnjavanja na urod zrna i parametre uroda kukuruza. Navodnjavanje po varijantama provedeno je kako slijedi: 0 (I_0), 3 (I_1), 4 (I_2), 5 (I_3) i 6 (I_4) navodnjavanja tijekom vegetacije. Rezultati istraživanja pokazuju značajan učinak navodnjavanja na urod zrna i masu 1000 zrna. Najviši urod zrna ostvaren je na varijanti navodnjavanja I_4 (6 navodnjavanja, $7,59 \text{ t}$

ha⁻¹) dok je najniži urod ostvaren na kontroli (0,40 t ha⁻¹). Značajno veća masa 1000 zrna (277,73 g) ostvarena je također na I₄ varijanti navodnjavanja.

Sepaskhah i sur. (2006.) istraživali su različite varijante navodnjavanja kako bi odredili učinak na urod zrna i parametre uroda kukuruza. Navodnjavanje sustavom „kap po kap“ proveli su u dvije varijante. U prvoj varijanti kukuruz su navodnjavali tako da su cijevi za navodnjavanje postavili na svakom drugom redu kukuruza, dok su u drugoj varijanti kukuruz navodnjavali u određenim fazama razvoja biljke. Različiti tretmani navodnjavanja statistički su značajno (5%) utjecali na urod zrna u obje istraživane lokacije dok je navodnjavanje značajno utjecalo na masu 1000 zrna samo na jednoj od istraživanih lokacija. Navodnjavanje temeljeno na određenim fazama razvoja biljke dovelo je do smanjenja mase 1000 zrna što autori nadalje pojašnjavaju kao povezanost nižeg uroda zrna na pojedinim varijantama navodnjavanja sa manjom masom 1000 zrna. Navodnjavanje nije značajno utjecalo na sadržaj proteina i ulja u zrnu kukuruza.

Šimunić i sur. (2007.^a) proučavali su nedostatak vode u tlu tijekom dvadeset godina i njegov utjecaj na visinu uroda uzgajanih kultura. Na temelju analize oborina i temperatura u desetogodišnjem razdoblju autori zaključuju kako je biljna proizvodnja rizična bez primjene hidromelioracijske mjere navodnjavanja i da se manjak vode u tlu može nadoknaditi raspodjelom vode kroz potrebni obrok navodnjavanja i pravovaljani turnus navodnjavanja.

Šimunić i sur. (2007.^b) istraživali su učinak suše na smanjenje uroda poljoprivrednih kultura u dvije godine (2003. i 2005. god.). Rezultati istraživanja kazuju kako je visina uroda u funkciji količine i rasporeda oborina. Autori zaključuju kako je više i sigurnije urode moguće ostvariti osiguranjem dovoljne količine vode u tlu u svim fazama razvoja za što je potrebno izgraditi odgovarajuće sustave za navodnjavanje.

Zhang i sur. (2004.) proučavali su utjecaj nedostatka vode u tlu na urod i parametre uroda zrna kukuruza. U istraživanju su koristili dvije varijante navodnjavanja u kojem je prvi tretman bio kontrola, a u drugom tretmanu kukuruz je navodnjavan od faze metličanja do faze nalijeivanja zrna. Navodnjavanje u godini sa dovoljnom količinom oborina nije imalo značajan učinak za urod zrna, urodi su bili gotovo jednaki na obje varijante navodnjavanja. Urod zrna kukuruza kao i masa 1000 zrna značajno su bili veći u uvjetima navodnjavanja u sušnoj godini.

3.2. Utjecaj gnojidbe dušikom na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza

Bertić i sur. (2006.) proučavali su utjecaj različitih tretmana NPK gnojidbe na urod kukuruza (zrna, zelene mase i biološki urod). Tretmani NPK gnojidbe bili su: 1. bez gnojidbe, 2. N_1P_1 (80:100:0), 3. N_1K_1 (80:0:100), 4. P_1K_1 (0:100:100), 5. $N_1P_1K_1$ (80:100:100), 6. $N_2P_1K_1$ (120:200:200), 7. $N_2P_2K_2$ (120:200:200), 8. $N_3P_2K_2$ (160:200:200), 9. $N_4P_2K_2$ (200:200:200), 10. $N_5P_2K_2$ (240:200:200). Rezultati istraživanja pokazuju značajan učinak godine (vremenskih uvjeta) na urod kukuruza. Gnojidba sa 240 kg N ha⁻¹ je udvostručila urod zrna, premda statistički opravdano do tretmana 7. gdje je dodano 120 kg N ha⁻¹.

El Hallof i Sárváry (2007.) istražili su utjecaj dušičnih gnojiva na urod i sadržaj proteina, ulja i škroba u zrnu kukuruza. U istraživanju su primijenili pet različitih varijanti gnojidbe dušikom: 0, 40, 80, 120, 160 i 200 kg N ha⁻¹. Gnojidba dušikom sa 80 i 120 kg N ha⁻¹ značajno je utjecala na povećanje uroda zrna, dok slijedeće povećanje dušika nije rezultiralo značajnim povećanjem uroda. Sadržaj škroba smanjivo se povećanjem količine N gnojiva, dok je sadržaj proteina u zrnu rastao. Sadržaj ulja nije značajno promijenjen uslijed gnojidbe, on je ovisan o svojstvu genotipa i okolišnim čimbenicima.

Holou i Kindomihou su proveli istraživanje sa varijantama N gnojidbe: 0, 45, 90, 134, 179, 224 i 269 kg N ha⁻¹. (2007. i 2009. god.). Analizirali su utjecaj N gnojidbe na urod i sadržaj ulja, proteina i škroba u zrnu kukuruza. Sadržaj ulja kretao se od 3,8% do 4,2%, sadržaj proteina od 6,7% do 8,9%, a sadržaj škroba od 70,6 do 77,7%. Autori navode kako je povećanjem količine N gnojiva sadržaj ulja i škroba se smanjivao dok je sadržaj proteina rastao. Također, povećanjem N gnojiva rastao je urod ulja, škroba i proteina s ostvarenim maksimum pri gnojidbi s 179 kg N ha⁻¹. Utvrđena je negativna korelacija između doze N gnojiva i sadržaja škroba.

Izsáki Z. (2007.) proučavao je kvalitetu zrna kukuruza, sadržaj proteina i ulja u različitim varijantama gnojidbe dušikom (0, 80, 160, 240 kg N ha⁻¹). Zabilježen je značajan porast proteina u zrnu kukuruza od 1,1% do 1,5% na varijanti gnojidbe s 80 do 100 kg N ha⁻¹ u odnosu na kontrolu. Autor navodi kako je sadržaj proteina većim dijelom varirao u odnosu na godinu nego na varijantu gnojidbe dušikom. Sadržaj ulja u zrnu kukuruza pokazao se kao stabilno svojstvo jer je variranje u godinama istraživanja kao i po varijantama gnojidbe dušikom bilo minimalno.

Karancsi i Pepó (2012.) na temelju dvogodišnjeg istraživanja u kojem su koristili šest N gnojidbenih tretmana (0, 30, 60, 90, 120 i 150 kg N ha⁻¹) 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. Veći urod zrna u prosječnoj godini objašnjavaju dovoljnom količinom i rezervom vode u tlu, optimalnom količinom oborina u srpnju i većom sumom toplinskih jedinica.

Muhhamad i sur. (2004.) istraživali su utjecaj gnojidbe dušikom na urod i kvalitetu zrna kukuruza. Primijenili su tri varijante dušika: 0, 100 i 150 kg N ha⁻¹. Autori navode kako je najviši urod zrna (8,59 t ha⁻¹), sadržaj proteina i ulja ostvaren na varijanti gnojidbe sa 150 kg N ha⁻¹. Sadržaj ulja u zrnu rastao je povećanjem dušika i fosfora.

Siam i sur. (2008.) proveli su dvogodišnje istraživanje utjecaja različitih tretmana N gnojiva (0, 100, 120 i 140 kg) na urod i komponente uroda zrna kukuruza. Najviši urod zrna, sadržaj proteina i ulja je ostvaren na varijantama gnojidbe sa 140 kg N ha⁻¹.

Uribelarrea i sur. (2004.) proveli su dvogodišnje. Analizirali su utjecaj osam različitih gojidbenih tretmana N gnojivima (0 kg N ha⁻¹ do 235 kg N ha⁻¹) na urod i sadržaj proteina, ulja i škroba u zrnu kukuruza. Gnojidba dušikom je značajno utjecala na povećanje uroda zrna prvenstveno povećanjem broja zrna po klipu. Također, N gnojidba je utjecala na sadržaj proteina i škroba u zrnu, povećanjem sadržaja škroba smanjivao se sadržaj proteina. Autori djelomično pojašnjavaju pozitivnu korelaciju između sadržaja proteina i ulja različitostima strukturnih komponenti zrna. Gnojidba N gnojivima nije utjecala na sadržaj ulja što autori pojašnjavaju nemogućnošću dušika da promijeni proporciju zrna i embrija. Učinak N gnojiva na negativnu korelaciju između sadržaja proteina i škroba u zrnu autori pojašnjavaju utjecajem N na sintezu proteina i škroba. Dušik mijenja sastav zrna stimulirajući sintezu proteina.

Vukobratović i sur. (2008.) utvrđivali su optimalnu gnojidbu i njezin utjecaj na kemijski sastav i hranidbenu vrijednost zrna i klipa kukuruza. U trogodišnjem istraživanju korišten je hibrid OSSK 444 i jedanaest gnojidbenih tretmana (kontrola + 11). Količine N gnojiva kretale su se 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. Sadržaj proteina u zrnu kukuruza je značajno rastao povećanjem N gnojiva.

3.3. Utjecaj genotipa na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza

Hegy i sur. (2008.) istraživali su utjecaj genotipa na urod i kvalitetu zrna kukuruza. U istraživanju su koristili 96 hibrida kukuruza FAO grupa 200, 300, 400 i 500 tijekom 2006. i 2007. godine na dvije lokacije u Mađarskoj (Martonvásár i Szarvas). Autori u rezultatima istraživanja navode veći sadržaj proteina i ulja u zrnu kukuruza FAO grupa 200 i 300 kraćeg razdoblja vegetacije, ali niži urod u odnosu na hibride dužeg razdoblja vegetacije koji imaju veći sadržaj škroba u zrnu i time veći urod, ali manji sadržaj ulja i proteina. Pored toga autori navode kako su u vlažnim godinama zapazili viši sadržaj škroba, a u sušnim godinama veći sadržaj ulja i proteina u zrnu. Također, utvrdili su snažnu korelaciju (0,68) između uroda i sadržaja škroba, negativnu srednje jaku korelaciju (-0,52) između uroda i sadržaja proteina i slabu negativnu korelaciju (-0,19) između uroda i sadržaja ulja u zrnu kukuruza.

Hegy i Berzy (2009.) proučavali su utjecaj hibrida i abiotskog stresa (vremenski uvjeti) na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza. U istraživanju su koristili 96 hibrida kukuruza FAO grupa 200, 300, 400 i 500 tijekom 2008. godine na četiri lokacije u Mađarskoj (Debrecen, Iregszemcse, Martonvásár i Szarvas). U rezultatima istraživanja autori navode kako je najveći urod zrna ($12,95 \text{ t ha}^{-1}$) kukuruza kao i najviši sadržaj škroba (72,86%) ostvaren kod hibrida FAO grupe 300 na lokaciji s najvećom količinom oborina. Najmanji urod zrna zabilježen je na lokacijama s nedovoljnom količinom oborina i nepravilnim rasporedom oborina tijekom vegetacije. Zamijetili su negativnu korelaciju između sadržaja škroba i proteina/ulja u zrnu.

Idikut i sur. (2009.) navode vrlo značajan utjecaj ($P < 0,001$) hibrida na sadržaj škroba i proteina u zrnu, dok utjecaj na urod zrna, proteina i škroba nije bio značajan ($P > 0,05$). Uočena je jaka korelacija ($P < 0,001$) između škroba proteina i uroda zrna. Sadržaj proteina smanjivao se povećanjem sadržaja škroba i uroda zrna.

3.4. Utjecaj interakcije navodnjavanja, gnojidbe dušikom i genotipa na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza

Abbas i sur. (2005.) proučavali su utjecaj navodnjavanja i različitih tretmana N gnojidbe na urod zrna i parametre uroda. Urod zrna rastao je porastom količine dodanih obroka navodnjavanja i količine dodanih N gnojiva. Najviši urod zrna ($> 7 \text{ t ha}^{-1}$) i masa 1000 zrna ostvareni su na varijantama gnojidbe s 200 kg N ha^{-1} i navodnjavanjem s tlakom od -8 bar.

Ali i sur. (2010.) proučavali su promjene kemijskog sastava zrna hibrida tolerantnih i osjetljivih na sušu. Oba hibrida su tijekom početnog vegetativnog rasta podvrgnuti uvjetima suše i navodnjavanja. U rezultatima istraživanja autori navode kako je u uvjetima suše smanjen sadržaj proteina u zrnu dok je sadržaj škroba ostao nepromijenjen u oba genotipa. Nadalje, autori navode kako genotip nije pokazao statističku značajnost u promjeni kemijskog sastava zrna te da bi nastale promjene mogle biti rezultat reduciranog rada enzima u uvjetima suše. Sadržaj ulja u zrnu smanjivao se nedostatkom vode što autori objašnjavaju duljinom vodnog i toplinskog stresa kao i vremena sazrijevanja hibrida.

Dóka i Pepó (2007.) istraživali su važnost biljci pristupačne vode za urod kukuruza u monokulturi. U istraživanju su koristili pet gnojidbenih varijanata: kontrola + 60, 120, 180, 240 kg N ha⁻¹ i tri varijante navodnjavanja (kontrola + 50 mm i 100 mm). Autori navode značajan utjecaj N gnojiva na povećanje uroda zrna kukuruza u obje varijante navodnjavanja te zaključuju da je usvajanje dušika veće kada je tlo dovoljno opskrbljeno vodom (180 kg N ha⁻¹) u navodnjavanjem uvjetima. U rezultatima istraživanja autori daju preporuku za racionalnu N gnojidbu na svim varijantama navodnjavanja.

Ibrahim i Kadil (2007.) proučavali su utjecaj različitih gnojidbenih tretmana (40, 80 i 120 kg N ha⁻¹) na urod i komponente uroda zrna kukuruza uzgajanog u različitim varijantama navodnjavanja (turnusi od 10, 14 i 18 dana). Navodnjavanje turnusima od deset dana značajno je povećalo urod, sadržaj proteina, škroba i ulja u zrnu kukuruza.

Josipović i sur. (2010.^{a,b,c}) tijekom četverogodišnjeg istraživanja proučavali su kako će različit sadržaj vode u tlu koji su održavali navodnjavanjem (kontrola, 60 do 100% PVK i 80 do 100% PVK), količina N gnojiva (kontrola, 100 kg N ha⁻¹ i 200 kg N ha⁻¹) i genotip utjecati na visinu uroda i kvalitetu zrna kukuruza u pogledu sadržaja ulja, proteina i škroba u zrnu. Navodnjavanjem je sadržaj proteina u zrnu značajno ($P \geq 0,05$) smanjivan, dok je sadržaj škroba ($P \geq 0,01$) rastao. Gnojidba N imala je značajan učinak ($P \geq 0,05$) na sadržaj ulja u zrnu kukuruza u vegetaciji sa količinom oborina manjom od višegodišnjeg prosjeka. Sadržaj škroba je smanjivan dodavanjem N gnojiva ($P \geq 0,001$) dok je sadržaj proteina značajno rastao ($P \geq 0,01$). Genotip je imao vrlo značajan učinak ($P \geq 0,01$) na sadržaj ulja u zrnu u svim godinama istraživanja osim u sušnoj godini kada je bio značajan utjecaj N gnojiva, također vrlo značajan učinak ($P \geq 0,01$) na sadržaj škroba i proteina u zrnu. Autori zaključuju kako je sadržaj ulja pored genotipa ovisan o okolišnim čimbenicima. U prosječnoj godini značajna je bila interakcija navodnjavanja i N gnojidbe na sadržaj ulja. Tijekom četverogodišnjeg istraživanja svi ispitivani čimbenici kao i interakcija navodnjavanje x N gnojidba, navodnjavanje x hibrid,

navodnjavanje x N gnojdba x hibrid su imali vrlo značajan ($P \geq 0,01$) utjecaj na visinu uroda kukuruza.

Jurišić M. (1997.) postavio je istraživanje u kojem je proučavao utjecaj biljci pristupačne vode (oborine) i količinu N gnojiva (90, 180 i 270 kg N ha⁻¹) na urod i LAI kukuruza. Rezultati istraživanja ukazuju na vodni deficit tijekom lipnja i srpnja što autor tumači kao razdoblje u kojem je voda od presudnog značaja za urod. Rezultati analize korelacije upućuju na značajan utjecaj trenutne vlažnost tla na visinu uroda ($r=0,993^{**}$; $r=0,995^{**}$) u fazama predmetličanja, metličanja, formiranja zrna i mliječne zrelosti. Porastom količine N gnojiva urod je rastao. Vrlo značajno povećanje uroda zabilježeno je gnojidbom sa 180 kg N ha⁻¹ u odnosu na varijantu gnojidbe sa 90 kg N ha⁻¹. Između varijanti gnojidbe sa 180 kg N ha⁻¹ i 270 kg N ha⁻¹ nije bilo značajnih razlika. Autor navodi vrlo značajno povećanje uroda gnojidbom sa 180 kg N ha⁻¹ u vegetaciji s većom količinom oborina i boljim rasporedom što pojašnjava boljim iskorištenjem dušika u povoljnim vodozračnim uvjetima.

Kaman i sur. (2011.) proučavali su utjecaj pet različitih genotipova kukuruza uzgojenih u različitim varijantama navodnjavanja metodom kišenja na visinu uroda zrna kukuruza. Genotipovi su odabrani radi dobre tolerantnosti na vodni stres tijekom ranijih istraživanja. U istraživanju su koristili tri varijante navodnjavanja. U kontrolnoj varijanti su navodnjavali do 100% PVK. U varijanti djelomičnog navodnjavanja korijena (partial root zone irrigation) umanjili su obroke za 35% u odnosu na kontrolu, a navodnjavanje su proveli u svakom drugom redu kukuruza. U trećoj varijanti navodnjavanja proveli su konvencionalno deficitno navodnjavanje (*conventional deficit irrigation*) s jednakom količinom vode kao i u varijanti djelomičnog navodnjavanja korijena, ali u svakom redu kukuruza. Najviši urod zrna ostvaren je na varijantama kontrole (100% PVK), a najniži urod na varijantama konvencionalnog deficitnog navodnjavanja pri čemu je značajan učinak imala genetska varijabilnost ($P \leq 0,05$). Viši urod zrna ostvaren na varijantama djelomično navodnjavanog korijena autori pojašnjavaju bolje razvijenim korijenskim sustavom.

Mansouri-Far i sur. (2010.) proučavali su utjecaj vodnog stresa i različitih doza N gnojiva (100 i 200 kg N ha⁻¹) na fiziološka i agronomska svojstva zrna kukuruza. Urod zrna kukuruza smanjivo se u uvjetima vodnog stresa. Veće količine N gnojiva povećale su urod zrna te rezultirale boljom iskoristivosti vode iz sustava za navodnjavanje, ali samo tijekom jednog izostanka navodnjavanja tijekom faze vegetacijskog porasta. Svaki daljnji vodni deficit tijekom vegetacijskog porasta i reproduktivne faze rezultiralo je smanjenjem uroda čak i povećanjem N gnojiva.

Mayer i sur. (2012.) proveli su dvogodišnje istraživanje u kojem su proučavali utjecaj N gnojiva i genotipa na visinu uroda te kvalitetu zrna kukuruza. U istraživanju su koristili dva hibrida (AX820 i AX877) i dvije varijante N gnojidbe: N_0 : kontrola i N_{200} : 200 kg N ha⁻¹ bez vodnog stresa. Autori navode kako je najniži urod zrna ostvaren u varijantama kontrole (0 kg N ha⁻¹) u kojima je zabilježen i najmanji sadržaj proteina u zrnu ($N_0 = 66,7$ g kg⁻¹ i $N_{200} = 95,5$ g kg⁻¹). U rezultatima istraživanja navode značajnost interakcije N x hibrid ($P \leq 0,05$) za sadržaj škroba u zrnu. Također navode kako je učinak N gnojidbe nije bio statistički značajan samo za sadržaj ulja u zrnu, a da je sadržaj škroba snižavan uslijed povećanja količine gnojiva.

Miao i sur. (2006.) istraživali su utjecaj gnojidbe dušikom i genotipa na urod i kvalitetu zrna kukuruza. U istraživanju su koristili pet razina dušika (0, 112, 168, 224 i 336 kg N ha⁻¹). Autori navode kako je gnojidba dušikom značajno povećavala urod, sadržaj proteina i hektolitarsku masu, a smanjila sadržaj ulja i proteina. U rezultatima istraživanja autori navode ekonomski optimalnu količinu N gnojiva od 125 kg N ha⁻¹, međutim količina N od 143 do 303 kg N ha⁻¹ rezultirala je najvećim sadržajem proteina u zrnu. Genotip je pokazao statističku značajnost u visini uroda, sadržaja ulja, proteina, škroba i hektolitarske mase. Zaključuju kako je selekcija važnija za hektolitarsku masu i sadržaj ulja u zrnu nego za urod zrna, sadržaj proteina i škroba.

Moser i sur. (2005.) proveli su trogodišnje istraživanje (1995.-1997.) s dva tretmana navodnjavanja (navodnjavanje od faze cvatnje i navodnjavanje tijekom čitave vegetacije), tri razine N gnojidbe (0, 80 i 160 kg N ha⁻¹) i dva hibrida kukuruza. Cilj istraživanja bio je odrediti učinak interakcije spomenutih čimbenika na urod zrna i komponente uroda kukuruza. Rezultati istraživanja pokazuju da je urod zrna kukuruza (prosjeak N gnojidbe i hibrida) bio za 32% (1995.), 13% (1996.) i 21% (1997.) niži u varijantama navodnjavanja od faze cvatnje u odnosu na navodnjavanje tijekom čitave vegetacije. Prema rezultatima 80 kg N ha⁻¹ bilo je dovoljno za postizanje najviših uroda zrna u varijanti navodnjavanja do faze cvatnje, dok je u varijanti navodnjavanja tijekom čitave vegetacije najviši urod zrna ostvaren na varijantama gnojidbe sa 160 kg N ha⁻¹. Suša do faze cvatnje uzrokovala je smanjenje mase 1000 zrna. Značajna je interakcija navodnjavanja i hibrida na urod zrna u dvije od tri istraživane vegetacije.

Pandey i sur. (2000.) proučavali su utjecaj različitih varijanti navodnjavanja i N gnojidbe na urod zrna i parametre uroda kukuruza tijekom dvije godine. Količina vode dodana navodnjavanjem određena je prema turnusu navodnjavanja. Urod zrna kukuruza smanjivan je povećanjem turnusa navodnjavanja, odnosno smanjenjem količine dodane vode. Najveće smanjenje uroda od 52% zrna zabilježeno je na varijantama navodnjavanja s najmanjom količinom dodane vode na svim varijantama N gnojidbe. Niži urodi zrna bili su povezani sa

smanjenom masom 1000 zrna. Smanjenje uroda bilo je proporcionalno trajanju turnusa navodnjavanja. Učinak N gnojiva na urod ovisio je varijanti navodnjavanja. Smanjenje uroda zrna bilo je značajnije na varijantama gnojidbe s većim količinama N gnojiva što autori pojašnjavaju utjecajem N gnojidbe na učinkovitost navodnjavanja na svim varijantama.

Plavšić i sur. (2007.) koristili su tri varijante navodnjavanja (A1 = 80 do 100% PVK, A2 = 65% do 100% PVK i A3 = kontrola) i tri gnojidbena tretmana (B1 = 100 kg N ha⁻¹, B2 = 150 kg N ha⁻¹ i B3 = 200 kg N ha⁻¹) kako bi proučili njihov utjecaj na urod zrna kukuruza u dvije godine istraživanja. Rezultati istraživanja pokazuju vrlo značajan utjecaj navodnjavanja (A1 i A2) i N gnojidbe (B2 i B3) na urod zrna kukuruza u obe godine istraživanja. Najviši urod zrna ostvaren je u interakciji navodnjavanja i gnojidbe (A x B) gdje je korištena najviša razina vode za navodnjavanje (80 do 100% PVK) i N gnojiva (200 kg N ha⁻¹).

Sipos i sur. (2009.) su proučavali utjecaj navodnjavanja na urod i sadržaj škroba u zrnu kukuruza. Utjecaj navodnjavanja su proučavali pojedinačno i u interakciji s genotipom i NPK gnojidbom. Autori navode značajan utjecaj sva tri ispitivana čimbenika na urod zrna dok na sadržaj škroba značaj učinak navodnjavanja i gnojidbe. U zaključku autori navode kako je pored pristupačnih hraniva urod zrna kukuruza ovisan o genotipu i navodnjavanju, a za optimalnu NPK gnojidbu autori preporučuju 120: 90:110.

Svečnjak i sur. (2007.) su iznijeli rezultate četverogodišnjeg istraživanja u kojem su proučavali utjecaj okolišnih i agrotehničkih mjera na kvalitetu zrna kukuruza. Od agrotehničkih mjera, proučavali su utjecaj različitih varijanti N gnojidbe (100 kg N ha⁻¹ i 200 kg N ha⁻¹) i različite genotipove. U rezultatima istraživanja navode značajno povećanje uroda i sadržaja proteina u varijantama gnojidbe s 200 kg N ha⁻¹, dok je sadržaj ulja ostao nepromijenjen. Genotip je pokazao značajan utjecaj na visinu uroda i kvalitetu zrna stoga autori preporučuju analize zrna radi formuliranja obroka za životinje. Analiza korelacije je pokazala negativnu korelaciju ($r=-0,48^*$) uroda i sadržaja proteina kao i uroda i sadržaja ulja ($r=-0,19^*$).

Ványiné Széles i sur. (2012.) su primijenili šest tretmana N gnojidbe (0, 30, 60, 90, 120 i 150 kg N ha⁻¹) i dvije varijante navodnjavanja te proučavali utjecaj na urod zrna kukuruza u dvije godine istraživanja. Rezultati pokazuju linearan porast uroda u obe godine istraživanja na varijantama kontrole (bez navodnjavanja) gnojenih do 60 kg N ha⁻¹. Izostanak daljnjeg povećanja uroda autori pojašnjavaju nedovoljnom količinom vode u tlu uslijed čega nije moglo doći do usvajanja dušika iz tla. U navodnjavanim varijantama najviši urod zrna ostvaren je gnojdbom sa 120 kg N ha⁻¹ ($P<0,001$). Zabilježeno je sniženje uroda uslijed navodnjavanja na varijantama kontrole (0 kg N ha⁻¹) i 30 kg N ha⁻¹. Autori zaključuju kako je uobičajeno da je u sušnim godinama učinak navodnjavanja vidljiv do početka faze nalijevanja zrna, međutim

rezultati istraživanja dokazuju da je sadržaj vode u gornjem sloju profila bio niži u navodnjavanim varijantama u odnosu na kontrolu što ukazuje na bolje usvajanje vode i hraniva u navodnjavanim uvjetima.

4. MATERIJALI I METODE RADA

4.1. Provedba istraživanja

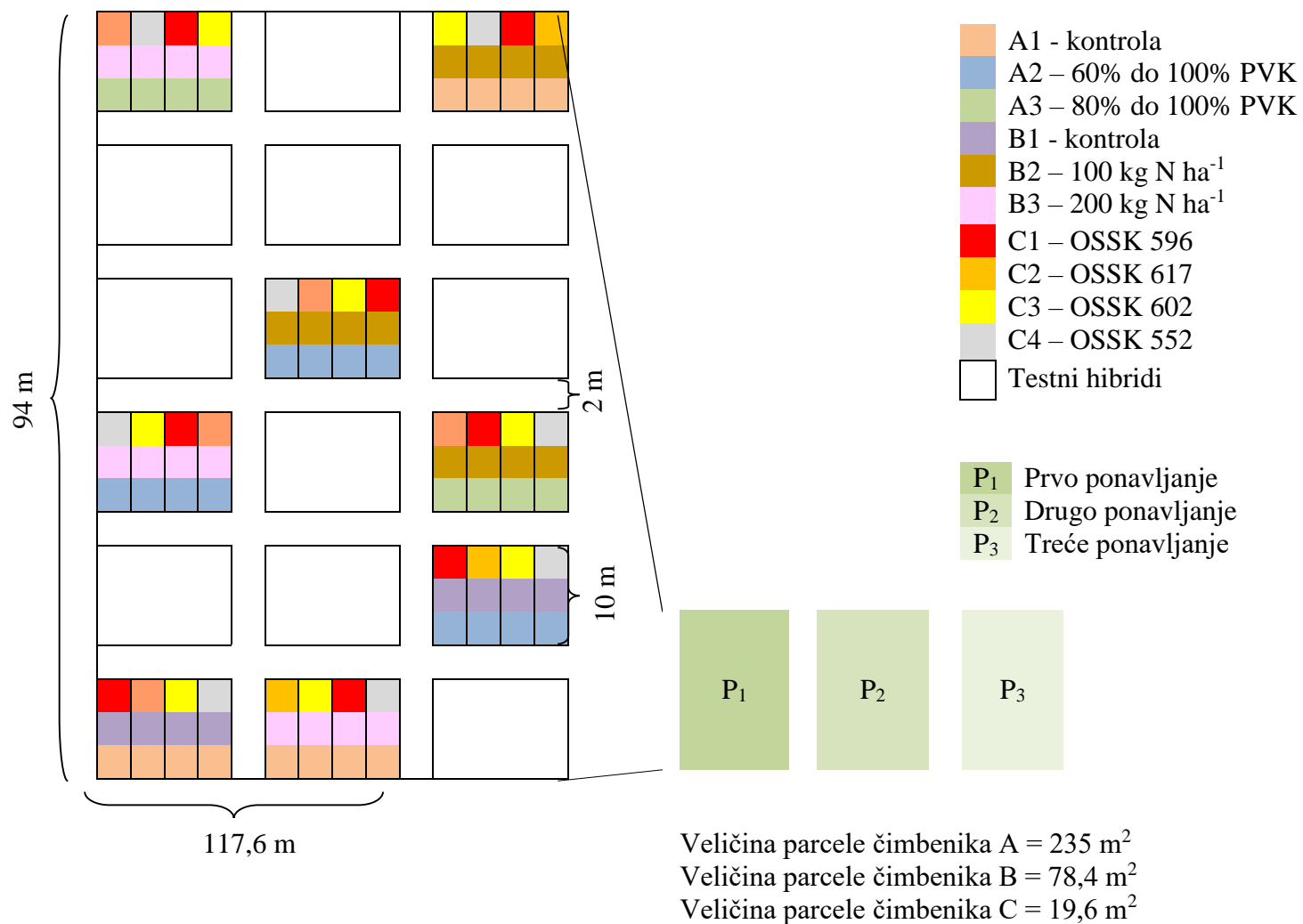
Istraživanje je provedeno tijekom vegetacijskih razdoblja 2010., 2011. i 2012. god. na pokušalištu Poljoprivrednog instituta iz Osijeka (45°32' SŠ i 18°44' ID, 88 m iznad Jadrana), odjel za poljoprivrednu tehniku i melioracije. Istraživanje je dio dugogodišnjeg stacionarnog poljskog pokusa koji je postavljen 2000. godine.

4.2. Osnovna obilježja poljskog pokusa

Ukupna površina pokusne parcele (hibridi uključeni u istraživanje + testni hibridi) iznosila je oko 1 ha. Osnovna sjetvena parcelica sastojala se od dva reda kukuruza dužine 10 m. Sa svake strane gnojidbene parcelice bila su četiri reda kukuruza (zaštita), a na kraju i na početku pokusne parcele nalaze se tri reda. Obilježja osnovnih pokusnih parcela istraživanih čimbenika prikazana su na shemi 1. Istraživanjem su obuhvaćena tri najvažnija čimbenika u biljnoj proizvodnji: sadržaj biljci pristupačne vode (navodnjavanje), sadržaj biljci pristupačnih hraniva (gnojidba N) i genotip (hibridi kukuruza). U svrhu istraživanja proveden je -tro čimbenični (A x B x C) poljski pokus postavljen je po split split-plot shemi u tri ponavljanja. Razine ispitivanih čimbenika prikazane su u tablici 1. Shematski prikaz pokusa sa varijantama istraživanja prikazan je u prilogu C.

Tablica 1. Čimbenici i razine u istraživanju

Čimbenici	A Navodnjavanje	B Gnojidba N	C Hibrid
Razine	A1 - kontrola	B1 – kontrola	C1 – OSSK 596
	A2 – 60 do 100% PVK	B2 – 100 kg N ha ⁻¹	C2 – OSSK 617
	A3 – 80 do 100% PVK	B3 – 200 kg N ha ⁻¹	C3 – OSSK 602
			C4 – OSSK 552



Shema 1. Obilježja osnovnih pokusnih parcela istraživanih čimbenika

4.3.1. Sustav za navodnjavanje

Kukuruz je navodnjavan metodom kišenja gdje se voda raspoređuje po površini tla u obliku kapljica kiše. Navodnjavano je pomoću samohodnog sektorskog rasprskivača, „Typhon sustav“ marke *Piogia Carnevalli*. Osnovna radna svojstva sustava sektorskog rasprskivača prikazana su u tablici 2.

Tablica 2. Radna svojstva sustava za navodnjavanje

Radni tlak na ulasku vode u sustav	4,5-5 bar
Radni tlak na izlasku vode iz rasprskivača	2,2 do 2,5 bar
Efektivni domet pri radnom tlaku	22 do 25 m
Ukupan radni zahvat	do 30 m
Ujednačenost navodnjavanja	85 do 90%
Prosječna brzina kretanja sustava	18 cm min ⁻¹

Sustav se sastoji od jednog rasprskivača (slika 1.) i velikog kotura na kojega je namotana polietilenska (PE) cijev (slika 2.). Rasprskivač odlikuje veliki domet (22 do 25 m) s ukupnim radnim zahvatom do 30 m. Pomično postolje (slika 3. i 4.) i kotur (slika 5.) koji se okreće omogućuju sustavu kretanje naprijed-nazad (slika 6.). Okretanje kotura omogućava tlak nastao kretanjem vode u sustavu koji osigurava dubinska crpka snage 5,5 kW. Sustav se kreće uvijek po suhom tlu što smanjuje mogućnost kvarenja strukture tla. Prilikom pomicanja rasprskivač kiši površinu određenog sektora (varijante istraživanja). Kada rasprskivač stigne do kotura on prestaje raditi.



Slika 1. Rasprskivač za navodnjavanje kišenjem



Slika 2. Samohodni sektorski rasprskivač

Rasprskivač (postolje) se premješta na drugu varijantu navodnjavanja (radni položaj) pomoću traktora, također po suhom tlu. Intenzitet i količina dodane vode (obroka navodnjavanja) regulira se brzinom namatanja cijevi i izborom različitog tipa mlaznice.



Slika 3. Sustav tijekom navodnjavanja kukuruza u ranom porastu



Slika 4. Sustav tijekom navodnjavanja kukuruza u fazi metličanja



Slika 5. Pomicanje sustava prema koturu



Slika 6. Pomicanje sustava naprijed-natrag po suhom tlu

4.3.2. Određivanje elemenata navodnjavanja

4.3.2.1 Određivanje trenutka početka navodnjavanja

Za određivanje trenutka početka navodnjavanja primijenjena je metoda određivanja stanja vlažnosti tla. Godine 1985. patentiran je *Granular Matrix Sensor* (GMS) za elektrometrijsko određivanje vlažnosti tla, a dobiva naziv *Watermark Soil Moisture Sensor* (Larson, 1985.). Sadržaj vode u tlu određivan je pomoću uređaja *Watermark 200SS* koji se sastoji od ručnog mjerača (slika 7.) i poboljšane izvedbe gipsanih senzora (slika 8.).



Slika 7. Watermark uređaj



Slika 8. Watermark senzor

Na pokusnoj parceli sveukupno je postavljeno osamnaest senzora. Senzori su ukopani u tlo na svim razinama navodnjavanja (A1, A2 i A3), na dvije dubine (10 do 15 cm i 25 do 30 cm) i na sva tri ponavljanja. Senzori su postavljeni u prethodno pripremljene otvore u tlu koji su načinjeni sondom približno jednakog promjera kao i senzor kako bi se ostvario što prisniji kontakt senzora s tlom (slika 9.). Vrijeme postavljanja senzora i broj izvršenih mjerenja po godinama istraživanja prikazani su u tablici 3. *Watermark* senzor sačinjava cilindar načinjen od perforirane nehrđajuće cijevi unutar kojega je smješteno porozno tijelo sačinjeno od agregata pijeska i granularnog matrixa.

Tablica 3. Vrijeme postavljanja senzora i broj izvršenih mjerenja u vegetaciji

Godina	Datum sjetve kukuruza	Datum postavljanja senzora	Broj mjerenja
2010.	6. svibnja	12. svibnja	40
2011.	3. svibnja	17. svibnja	36
2012.	28. travnja	8. svibnja	45

Porozno tijelo obavijeno je sintetičkom membranom koja reagira na promjene vlažnosti tla. Na jednoj strani senzora nalazi se gipsana pločica i elektrode. Gips služi kao pufer u promjeni pH tla tako da promjena električnog otpora isključivo ovisi o promjeni vlažnosti i temperature tla (*Hignett i Evett, 2008.*). Elektrode ostaju iznad površine tla. Na njih se priključuje mjerni uređaj čineći strujni krug (slike 9 i 10).



Slika 9. Elektrode *Watermark* senzora



Slika 10. Očitavanje vrijednosti *Watermark* uređajem

Watermark senzori rade na principu električnog otpora koji raste kako se količina vode u tlu smanjuje. Vrijednosti na uređaju kreću se od 0-200 cbar pri čemu vrijednost 0 predstavlja vrijednost 100% poljskog vodnog kapaciteta, dok vrijednost od 200 cbar predstavlja sadržaj vode u tlu kod kojega dolazi do venuća biljaka, a urodi postaju upitni.

U tablici 4 prikazana je interpretacija vrijednosti očitanih na *Watermark* uređaju prema preporuci proizvođača (*Irrrometer*). Mjerenja dobivena *Watermark* senzorom u korelaciji su s vodnim potencijalom tla izražen u kPa ili cbar, a predstavljaju silu koja je potrebna biljci da bi mogla usvojiti vodu korijenom. *Watermark* senzori mjere električni otpor koji se mijenja uslijed promjene vlažnosti tla, smanjuje se porastom vlažnosti tla odnosno povećava uslijed nedostatka vode u tlu (*Hignett i Evett, 2008.*).

Tablica 4. Interpretacija očitavanja na *Watermark* uređaju

cbar	Stanje vlažnosti tla
0 - 10	Saturirano tlo (dan dva nakon navodnjavanja ili obilnijih oborina)
10 - 20	Tlo je adekvatno vlažno (tla s većim sadržajem pijeska su isušena)
30 - 60	Uobičajena razina za navodnjavanje (osim teških glinenih tala). Na očitavanju od 60 cbar (gornja razina) u hladnim humidnim klimatskim zonama i tlima s većim retencijskim kapacitetom
60 - 100	Uobičajena razina za navodnjavanje teških glinenih tala
100 - 200	Sadržaj vode u tlu je nizak, slijedi snižavanje uroda ili su urodi upitni



Slika 11. Bušenje otvora za postavljanje *Watermark* senzora



Slika 12. Senzori ukopani u tlo sa elektrodama na površini tla

Prije postavljanja u tlo senzori su baždareni za tip tla (antropogenizirano hidromeliorirani hipoglej) na pokusnoj parceli. Za baždarenje uređaja, odnosno određivanje trenutne vlažnosti tla korištena je gravimetrijska metoda. U tu svrhu uzeto je deset uzoraka tla u cilindre od 300 cm³ po Kopeckom u koje je postavljen *Watermark* senzor. Uzorci su nošeni u laboratorij i postavljeni u posudu s filter papirom. Nakon što je posuda napunjena vodom praćeno je ascedentno kretanje vode u cilindre s tlom preko filter papira (slika 13.). Nakon što je površina uzorka tla orošena izvršeno je prvo mjerenje pomoću *Watermark* uređaja te vaganje na analitičkoj vagi (slika 14.).



Slika 13. Priprema uzoraka tla



Slika 14. Saturirano tlo (0 cbar)

Neposredno nakon završene infiltracije vode u cilindre s tlom vrijednosti na uređaju su iznosile 0 cbar što upućuje na saturirano tlo. Mjerenja su ponavljanja više puta dnevno kroz nekoliko dana sve dok vrijednosti na uređaju nisu iznosile 199 cbar. Potom su cilindri s tlom sušeni do apsolutne mase na 105 °C te ponovno vagani.

Za izračun trenutne vlažnosti tla (T_v) i izradu krivulje baždarenja (grafikon 1.) korišten je sljedeći izraz:

$$Trv (\% vol.) = \frac{mv - ms}{V} \times 100$$

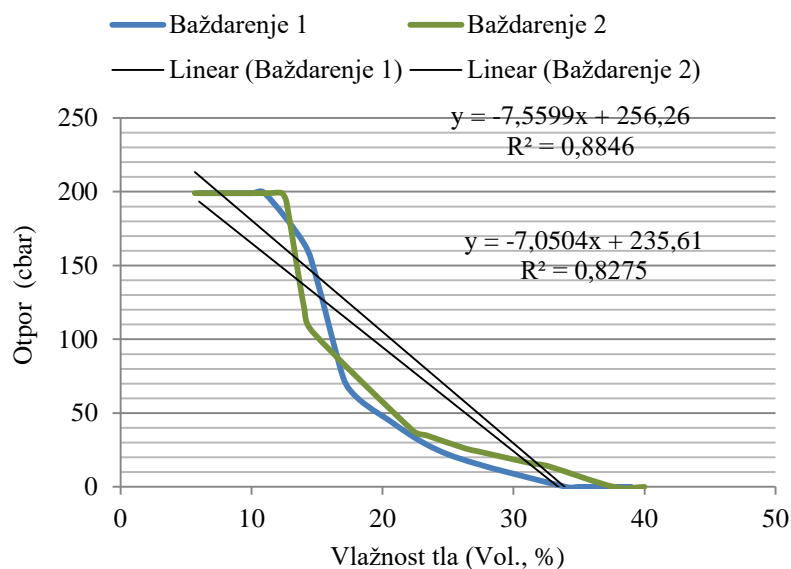
Gdje je:

Trv = trenutna vlažnost tla izražena u % vol.

mv = masa vlažnog tla (umanjenja za masu cilindra i mrežice), (gr)

ms = masa suhog ta (umanjena za masu cilindra i mrežice), (gr)

V = volumen uzorka tla (Kopecki cilindra)



Grafikon 1. Krivulja baždarenja

Za izračun retencijskog kapaciteta tla za vodu korišten je sljedeći izraz:

$$Rkv (\%) = \frac{mav - ms}{V} \times 100$$

Gdje je:

Rkv = retencijski kapacitet tla za vodu (%)

Mav = masa apsolutno vlažnog tla (umanjena za masu cilindra i mrežice), (gr)

Ms = masa suhog tla (umanjena za masu cilindra i mrežice), (gr)

V = volumen uzorka tla (Kopecki cilindra)

Retencijski kapacitet tla za vodu iznosio je 37 % vol.

Analizom rezultata baždarenja utvrđena je potpuna negativna korelacija (-0,91) između mase uzrokovanog tla (kg) i očitavanja na *Watermark* uređaju (cbar) u prvom baždarenju, odnosno vrlo jaka negativna korelacija (-0,86) u drugom baždarenju (tablica 5.). Sadržaj vode u tlu praćen je svaki drugi dan ili nakon obilnijih oborina i navodnjavanja. Navodnjavanje na A2 razini je započeto kada bi se sadržaj vode u tlu spustio ispod 60% poljskog vodnog kapaciteta (PVK), odnosno kada bi se vrijednosti na uređaju kretale od 70 do 80 cbar. Navodnjavanje na A3 razini je započeto kada bi se sadržaj vode u tlu spustio ispod 80 PVK, odnosno kada bi se vrijednosti na uređaju kretale oko 40 cbar.

Tablica 5. Rezultati deskriptivne statistike i analiza korelacije baždarenja *Watermark* uređaja

	Baždarenje 1	Baždarenje 2	Prosjek			
			Baždarenje 1	Baždarenje 2	Baždarenje 1	Baždarenje 2
N	20	20	kohm	Masa (kg)	kohm	Masa (kg)
Prosjek	81,43	66,88	81,43	0,746	74,51	0,763
Min.	0,00	0,00	Koeficijent korelacije mase uzorka			
Max.	199,00	199,00	(kg) i vodnog potencijala (kohm)			
Std. Dev.	55,87	62,90	-0,91		-0,86	

4.3.2.2 Određivanje obroka navodnjavanja

Obrok navodnjavanja predstavlja količinu vode ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ili mm) koja se dodaje jednim navodnjavanjem. To je dio deficita vode tijekom vegetacijskog razdoblja, odnosno dio norme navodnjavanja (Tomić, 1988.). Obrok navodnjavanja reguliran je brzinom kretanja samohodnog sektorskog rasprskivača. Za obje varijante navodnjavanja (A2 i A3) obrok navodnjavanja iznosio je 35 l/m^2 , a predstavlja prosjek obroka za dvije razine trenutne vlažnost tla, Trv (A2) = 60%, Trv (A3) = 80%). Veličina i broj obroka po varijantama navodnjavanja prikazani su u tablici 6.

Tablica 6. Veličina i broj obroka navodnjavanja po varijantama navodnjavanja tijekom ispitivanog razdoblja (2010.–2012. god.)

Varijanta navodnjavanja		A2		A3	
Godina	Obrok (mm)	n	mm	n	mm
2010.	35	1	35	3	105
2011.	35	3	105	7	245
2012.	35	5	175	7	245

A2=60-100% PVK; A3=80-100% PVK; n=broj navodnjavanja

Poljski vodni kapacitet određen je prethodnim laboratorijskim mjerenjima, a iznosio je približno jednako retencijskom kapacitetu tla za vodu, 37% vol. Specifična masa volumna iznosila je prosjeku u $1,40 \text{ g cm}^3$. Planirana dubina vlaženja je 30 cm.

Obrok navodnjavanja određen je pomoću formule:

$$O = 100 \times h \times v \times (PVK - Trv)$$

Gdje je:

O = obrok navodnjavanja (mm, l m² ili m³ ha⁻¹)

h = dubina vlaženja (m)

v = gustoća tla (gr cm³)

PVK = poljski vodni kapacitet (%)

Trv = trenutna vlažnost tla (%)

4.3.2.3 Određivanje norme navodnjavanja

Norma navodnjavanja predstavlja ukupnu količinu vode koju treba navodnjavanjem dodati tlu u toku vegetacije neke poljoprivredne kulture (Tomić, 1988.). Norma navodnjavanja ovisila je o vremenskim prilikama, količini i rasporedu oborina te visini srednje dnevne temperature zraka tijekom vegetacije.

4.3.3 Učinkovitost navodnjavanja

Obzirom na vremenski različite godine prvenstveno u pogledu količine oborine korišten je proračun učinkovitosti navodnjavanja kako bi se uvidjela iskorištenost vode iz sustava za navodnjavanje, odnosno norme navodnjavanja (A2 i A3) tijekom razdoblja istraživanja (2010./2012.). U tu svrhu korišteni su slijedeći izrazi:

Irrigation efficiency (IE), odnosno učinkovitost navodnjavanja (UN) koja čini odnos uroda neke poljoprivredne kulture i utrošene vode dodane navodnjavanjem (*Blümling i sur.*, 2011.). Učinkovitost navodnjavanja *Stewart i sur.* (2003.) definirali su kao osnovni inženjerski pojam kojega koriste u znanosti o navodnjavanju kako bi se pojasnila učinkovitost navodnjavanja, dok prema *Hamdy* (2011., cit. *Isralsen*, 1932.) to je odnos između količine vode dodane navodnjavanjem, a utrošena transpiracijom biljaka tijekom vegetacijskog razdoblja i količine dodane vode iz nekog izvora tijekom razdoblja vegetacije. Učinkovitost navodnjavanja izračunata je pomoću slijedećeg izraza (*Takac i sur.*, 2008.):

$$UN (\%) = \left(\frac{Un}{U_{sr}} \right) * 100$$

Gdje je:

UN (%) = učinkovitost navodnjavanja
 Ur = urod na navodnjavanoj varijanti (A2 i A3)
 U_{sr} = urod u suhom ratarenju (A1)

Irrigation water use efficiency (IWUE), odnosno učinkovitost norme navodnjavanja (kg ha/mm⁻¹), predstavlja variranje uroda iste kulture pri različitim obrocima (normama) navodnjavanja (*Blümling i sur., 2011.*). Učinkovitost norme navodnjavanja izračunata je pomoću slijedećeg izraza:

$$UNN = (U_n - U_{sr})/N_n$$

Gdje je:

UNN = učinkovitost norme navodnjavanja
 U_n = urod na navodnjavanoj varijanti (A2 i A3)
 U_{sr} = urod u suhom ratarenju (A1)

Irrigation Water Use Indices (IWUI), odnosno indeksom iskoristivosti vode izračunat je kao odnos između ostvarenog uroda i norme navodnjavanja (*Fairweather i sur., 2011.*), a prema slijedećem izrazu:

$$IINN = U_n/N_n$$

Gdje je:

IINN = indeks iskoristivosti norme navodnjavanja
 U_n = urod na navodnjavanoj varijanti (kg ha⁻¹)
 N_n = norma navodnjavanja (mm)

4.4. Kakvoća vode za navodnjavanje

Pogodnost vode za navodnjavanje definirana je njenim fizikalnim, kemijskim i biološkim značajkama. Pogodnost treba biti ocijenjena i na osnovi specifičnih uvjeta upotrebe, uključujući uzgajanu kulturu, svojstva tla, praksu navodnjavanja, agrotehničke mjere i klimatske prilike (*Romić, 2006.*). Tijekom istraživanja uzorkovana je voda za navodnjavanje, a analize su vršene u laboratoriju tvrtke Vodovod d.o.o. Osijek. Osnovni parametri za ocjenjivanje kakvoće vode kao i primijenjene metode prikazane su u tablici 7.

Tablica 7. Ispitivani kemijski parametri u vodi za navodnjavanje

Parametar	Simbol	Jedinica	Primijenjena metoda	
Kemijski	Salinitet	EC	dS/m	Konduktometrija
	Hraniva	NO ₂ -N	mg/l	Ionska kromatografija
		NO ₃ -N	mg/l	Ionska kromatografija
		NH ₄ -N	mg/l	Spektrofotometrija
		K ⁺	mg/l	
	Kationi i anioni	PO ₄ ⁻	mg/l	Ionska kromatografija
		Ca ⁺⁺	me/l	Kompleksometrija
		Mg ⁺⁺	me/l	Kompleksometrija
		Na ⁺	me/l	Atomska apsorpcija spektrofotometrija
		Cl ⁻	me/l	Ionska kromatografija
	Reakcija	SO ₄ ⁻	me/l	Ionska kromatografija
		pH		Elektrometrija
		SAR	me/l	US Salinity Laboratory (1954.)

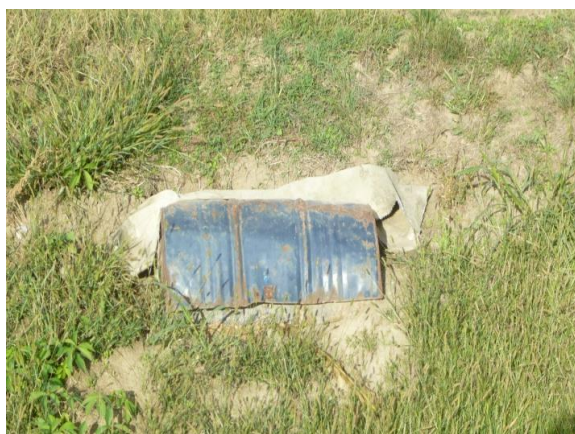
Infiltracijska sposobnost ocijenjena je na temelju elektrovodljivosti (EC) i SAR vrijednosti koja predstavlja odnos natrija prema kalciju i magneziju u njihovim zamjenjivim reakcijama u tlu. Povećanjem SAR vrijednosti povećava se opasnost smanjenja infiltracijske sposobnosti, ukoliko to povećanje ne prati i povećanje ukupne koncentracije soli. Općenito uzevši (Romić, 2006.), brzina infiltracije povećava se s povećanjem EC_w, a smanjuje se ili sa smanjenjem EC_w ili s povećanjem vrijednosti SAR. Romić (2006.) navodi kako Republika Hrvatska nema vlastitu klasifikaciju, pa se u hrvatskoj agronomskoj praksi za tumačenje kvalitete vode za navodnjavanje najčešće koristi FAO klasifikacija iz 1985.

4.6. Izvor vode za navodnjavanje

Voda za navodnjavanje crpljena je iz obližnjeg zdenca dubine 37 m koji je kvalitetom vode i izdašnošću (5 do 7 l sec⁻¹) zadovoljio potrebe istraživanja i zahtjeve struke. Voda je crpljena električnom crpkom snage 5,5 kW, postavljena na 19 m dubine.

4.7. Analiza procjedne vode iz Ebermayerovih lizimetarskih posuda

Na pokusnoj parceli postavljeno je osamnaest Ebermayer lizimetara otvorenog tipa (80 cm Š x 80 cm D x 10 cm V). Lizimetarske posude ukopane su na 80 cm dubine na svim varijantama (parcelama) istraživanja (navodnjavanja i gnojidbe dušikom), u dva ponavljanja, a za interpretaciju podataka korišteni su prosjeci dvaju ponavljanja. Shematski prikaz postavljenih lizimetarskih posuda prikazan je u prilogu A. Analizirana je procjedna voda tijekom razdoblja vegetacije 2010. i 2012. god. kada je na dijelu pokušališta sa postavljenim lizimetarskim posudama bio zasijan kukuruz. Obzirom na dvopolje kada je 2011. god. na dijelu pokušališta sa postavljenim lizimetrima zasijana soja, rezultati analize procjedne vode za spomenutu godinu su izostavljeni. O važnosti i korisnosti lizimetara u planiranju i provedbi navodnjavanja kukuruza i soje pisali su *Marković i sur. (2011.)* i *Josipović i sur. (2011.)*. Procjedna voda iz rezervoara crpljena je pomoću mehaničke crpke iz izvoda (slika 15. i 16.) pet do sedam dana nakon obilnijih oborina ili navodnjavanja, a tri puta tijekom godine (tablica 8.).



Slika 15. Izvodi lizimetara



Slika 16. Kanal za odvodnju za izvodima lizimetarskih posuda

Tablica 8. Vrijeme uzorkovanja procjedne vode tijekom razdoblja istraživanja

Godina	Datum uzorkovanja	Godina	Datum uzorkovanja
2010.	27. svibnja	2012.	30. svibnja
	6. kolovoza		3. rujna
	15. studenog		2. prosinca

Procjedna voda analizirana je u laboratoriju tvrtke Vodovod d.o.o. Osijek kako bi bio određen sadržaj nitratnog (NO_3^-), nitritnog (NO_2^-) i amonijskog (NH_4^+) oblika dušika. Pored kemijskog sastava mjerena je i mjesečna, odnosno ukupna godišnja količina procjedne vode. Na osnovu izmjerene količine procjedne vode, odnosno veličine lizimetarske posude izračunate su mjesečne i godišnje količine ispranog nitratnog dušika iz sjetvenog sloja ($\text{kg NO}_3^-/\text{ha}$). Provedene analize dio su istraživanja o pravilno provedenoj gnojidbi i navodnjavanju kukuruza kako bi se smanjilo ispiranje dušičnih gnojiva, a time i gubitak dušika što ima za posljedicu onečišćenje podzemnih vodotokova. Najveće koncentracije nitrata u podzemnim vodama su prisutne na područjima intenzivne poljoprivredne proizvodnje koja predstavlja najveću prijetnju onečišćenju podzemnih voda nitratima kao točkasti ili raspršeni izvor onečišćenja. Obzirom da nitratni ioni nemaju sposobnost vezivanja na adsorpcijski kompleks tla podložni su ispiranju u dublje slojeve tla i podzemnu vodu (*Filipović i sur., 2013.*). Na proces ispiranja nitrata iz tla najviše utječu raspored i intenzitet oborina, značajke tla, usjev odnosno faza razvitka usjeva, evapotranspiracija, te gnojidba dušikom (*Bensa i sur., 2012.*). Pored oborina značajan je utjecaj (norme) navodnjavanja u procesu ispiranja nitrata u podzemne vode. *Petošić i sur. (2011.^a)* na temelju rezultata višegodišnjeg istraživanja o kvaliteti procjedne vode te koncentraciji nitrata zaključuju kako tradicionalna poljoprivredna proizvodnja može predstavljati potencijalnu opasnost u pravcu jačeg onečišćenja površinskih i podzemnih voda s dušikom.

4.8. Podčimbenik - Gnojidba dušikom (B)

Podčimbenik u istraživanju bila je gnojidba dušikom koja je provedena u tri razine (tablica 9.). Pravilno provedena gnojidba dušikom predmet je mnogih istraživanja sa različitim zaključcima i preporukama. Vrijeme i količina primijenjenog dušika gnojidbom prikazani su u tablici 9.

Tablica 9. Primijenjena količina i oblici dušičnih gnojiva

Gnojidba	B1 (0 kg N ha ⁻¹)	B2 (100 kg N ha ⁻¹)	B3 (200 kg N ha ⁻¹)	Oblik gnojiva
Osnovna	0	33,5	66,5	Urea (46% N)
Predsjetvena	0	33,5	66,5	Urea (46% N)
1. prihrana	0	16,5	32,5	KAN (27% N)
2. prihrana	0	16,5	32,5	KAN (27% N)

Tijekom trogodišnjeg istraživanja gnojidba dušikom promatrana je kao zaseban čimbenik i u međudjelovanju s navodnjavanjem. Cilj takovog promatranja jesu nova saznanja o korisnosti međudjelovanja odnosno kompenziranja učinka navodnjavanja i gnojidbe dušikom u određenom vegetacijskom razdoblju obzirom na prvenstveno količinu i raspored oborine, ali i negativne posljedice koje se mogu odraziti u vidu ispiranja dušika u podzemne vode. Osnovna gnojidba kukuruza dušikom (1/3 ukupnog dušika) obavljena je u jesen (UREA) prilikom jesenjeg oranja (tablica 9.). Jednaka količina gnojiva (1/3 ukupnog dušika) unesena je predstjetveno u tlo kako bi kukuruz u vrijeme nicanja bio opskrbljen potrebitim hranivima. U vegetaciji su izvršene dvije prihrane kukuruza KAN-om (1/6 + 1/6 ukupnog dušika). Prva prihrana obavljena je kultivacijom kukuruza u fazi 6-8 listova (30 do 40 cm visine, a druga u fazi 8 do 10 listova (40 do 50 cm visine). Kultivacija kukuruza obavljena je pri povoljnom sadržaju vode u tlu 60 do 70% PVK ili manje kako bi se sačuvala struktura tla.

4.8.9. Učinkovitost gnojidbe dušikom

U svrhu provjere učinkovitost dodanog dušika gnojidbom na urod zrna izvršeni su proračuni učinkovitosti gnojidbe (UG) i učinkovitosti usvojenog dušika (UUN) (*Rehman i sur., 2011.*). Učinkovitost gnojidbe izračunata je pomoću slijedećeg izraza :

$$UG = \frac{Ug (kg) - Un (kg)}{N (kg)}$$

Gdje je:

UG = učinkovitost gnojidbe (kg)

Ug = urod na gnojenoj varijanti (kg)

Un = urod na negnojenoj varijanti (kg)

N = količina dodanog dušika (kg)

Učinkovitost usvojenog dušika koja predstavlja povećanje mase jednog zrna (g) u odnosu na količinu dodanog dušika (g), izračunata je pomoću slijedećeg izraza (*Rehman i sur., 2011.*):

$$UUN = \frac{Mz (gr)}{N (gr)}$$

Gdje je:

UUN = učinkovitost usvojenog dušika (g/kg N)

MZ = masa zrna (g)

N = količina dodanog dušika (g)

4.9. Pod-podčimbenik – Hibrid (C)

U istraživanju su korištena četiri hibrida kukuruza kreirani na Poljoprivrednom institutu u Osijeku. Svojstva hibrida prikazana su u tablici 10.

Tablica 10. Osnovne značajke hibrida

Hibrid	FAO grupa zriobe	Tolerantnost na sušu	Prosječan urod zrna 2010.-2012. god.
C1 – OSSK 596	590	-	9147 kg ha ⁻¹
C2 – OSSK 617	610	-	9343 kg ha ⁻¹
C3 – OSSK 602	620	-	8851 kg ha ⁻¹
C4 – OSSK 552	580	+	9484 kg ha ⁻¹

4.10. Agrotehnika poljskog pokusa kukuruza

Provedena je uobičajena agrotehnika u uzgoju kukuruza. Osnovne značajke agrotehnike i radova na pokusu tijekom trogodišnjeg istraživanja, prikazane su u tablici 11. Sjetva kukuruza izvršena je ručno (tzv. plenteri), a manja odstupanja u vremenu sjetve rezultat su vremenskih uvjeta koji su uvjetovali sjetvu. Tijekom svih godina istraživanja provedene su jednake agrotehničke mjere (slika 17.-25a) u uzgoju kukuruza s razlikom u 2010. god. kada je uslijed nadprosječno visokih oborina i nepravilnog rasporeda došlo do zadržavanja vode na površini tla. Tada je u dva navrata (4. i 23. lipnja) provedena agrotehnička mjera odvodnje, odnosno uklanjanje suvišne površinske vode s pokusne parcele. Kopanjem privremenih odvodnih kanala suvišna voda odvedena je u obližnju kanalsku mrežu koja je poslužila kao recipient.



Slika 17. Iscrtavanje parcela 2010. god.



Slika 18. Obilazak pokusa 2010. god.
(Autor: J. Šoštarić)



Slika 19. Sjetva kukuruza „plenterima“ 2010. god.



Slika 20. Zaštita kukuruza 2010. god.



Slika 21. Uzorkovanje tla za analizu nakon skidanja pokusa 2010. god.



Slika 22. Prorjeđivanje sklopa



Slika 23. Međuredna obrada tla 2011. god.



Slika 23a. Međuredna obrada tla 2012. god.



Slika 24. Navodnjavanje kukuruza 2011.



24a. Navodnjavanje kukuruza 2012.



Slika 25. Obilazak pokusa 2011. god. (Autor: H. Plavšić)



Slika 25a. Obilazak pokusa 2012. god.

Tablica 11. Radovi na pokusu tijekom istraživanja (2010./2012. god.)

Godina	2010.	2011.	2012.
Uzimanje uzoraka tla prije gnojidbe i sjetve		18. travnja	11. travnja
Predsjetvena gnojidba Ureom (1/3 N)	20. travnja	18. travnja	12. travnja
PK gnojidba (1/2 PK) 0:20:30 – 250 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅ (45%) – 50 kg ha ⁻¹ K ₂ O (60%) – 75 kg ha ⁻¹	22. travnja	19. travnja	12. travnja
Obrada tla rotodrljačom		19. travnja	
Iscrtavanje pokusne parcele	24. travnja	19. travnja	27. travnja
Sjetva	6. svibnja	3. svibnja	28. travnja
Zaštita kukuruza od korova – Radazin T50 2 l ha ⁻¹ + Dual Gold 960 EC 1,4 l ha ⁻¹	7. svibnja	4. svibnja	3. svibnja
Postavljanje senzora	12. svibnja	17. svibnja	8. svibnja
Prva prihrana KAN-om	11. lipnja	29. lipnja	30. svibnja
Uzorkovanje procjedne vode	19. svibnja	-	30. svibnja
	02. kolovoza		03. rujna
	15. studenog		02. prosinca
Prorjeđivanje sklopa	18. lipnja	30. i 31. svibnja	29.-31. svibnja
Međuredna obrada i druga prihrana KAN-om	18. lipnja	07. lipnja	08. lipnja
Kombajniranje pokusa	12. studenog	3. studenog	5. listopada
Uzimanje uzoraka tla nakon berbe	16. studenog	5. studenog	19. listopada
Osnovna NPK gnojidba u jesen (1/3 N; ½ PK)			19. studenog

4.11. Analize tla

Osnovna obilježja tla (antropogenizirano hidromeliorirani hipoglej) određena su na početku istraživanja (*Josipović, 2004.*), a uključuju analize:

- fizikalnih značajki – struktura, tekstura, gustoća (g cm⁻³), ukupna poroznost (% vol.), retencijski kapacitet tla za vodu (% vol.), kapacitet tla za zrak (% vol.), granice plastičnosti, indeks plastičnosti i trenutna vlaga tla (% vol.) i stupanj stabilnosti mikro i makroagregata;
- kemijskih značajki – sadržaj humusa, fosfora, kalija, dušika i pH.

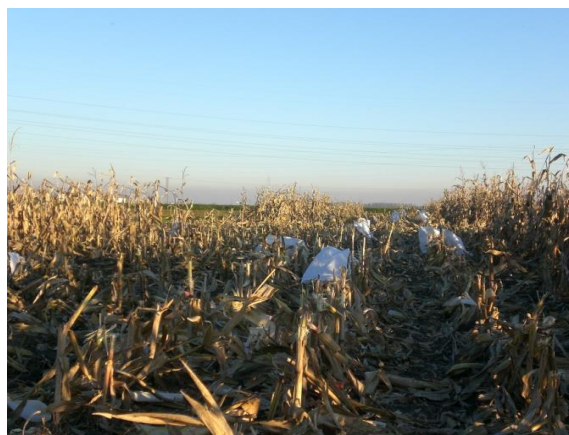
Podatci o ukupnom sadržaju dušika u tlu (%) po varijantama navodnjavanja i gnojidbe prije sjetve kukuruza 2010. god. preuzeti su od ranije objavljenih istraživanja (Plavšić, 2012.). Tijekom istraživanja (2010./2012. god.) tlo je uzorkovano u dva navrata (slika 21.), u proljeće prije predsetvene gnojidbe te u jesen nakon berbe kukuruza. Uzeti su prosječni uzorci tla za sve tri varijante navodnjavanja i gnojidbe dušikom, s 0 cm do 30 cm dubine. Uzorci su analizirani u analitičkom laboratoriju Agronomskog fakulteta u Zagrebu, Zavod za melioracije. Vršene su slijedeće analize: sadržaj humusa, ukupan dušik, reakcija otopine tla (pH) u H₂O i KCl, fosfor i kalij te stabilnost agregata. Ukupan dušik određen je suhim spaljivanjem, a točnost analiza kontrolirana je pomoću RM: ISE 910, ISE 882 i ISE 955, Wepal te je zadovoljavajuća (recovery <5%). Preciznost analiza kontrolirana je ponavljanjem analize uzoraka (3 puta) te je zadovoljavajuća (RSD <10%).

4.12. Urod i kvaliteta zrna kukuruza

Kukuruz je kombajniran Wintersteiger, tzv. „plot kombajnom“ koji je prilagođen za rad na pokusnim poljima (slika 26 i 27.). Ubirano je dva reda kukuruza dužine 10 m sa svake varijante istraživanja. Urod zrna preračunat je na 14% vlage.



Slika 26. Kombajn za ubiranje kukuruza (Wintersteiger)



Slika 27. Uzorkovanje kukuruza po varijantama istraživanja 2011. god.

4.12.1. Fizikalna svojstva zrna

Tijekom berbe kukuruza u fazi fiziološke zrelosti uzeti su prosječni uzorci zrna kukuruza svih varijanata istraživanja u cilju određivanja sadržaja vlage u zrnu (%).

Hektolitarska masa kao i sadržaj vlage u zrnu određivana je pomoću uređaja *DICKEY – John, Grain analysis computer – model GAC 2000*, *DICKEY – John, Grain analysis computer – model GAC 2000*. Masa 1000 zrna određivana je automatskim brojačem i vaganjem uzorka.

4.12.2. Kemijska svojstva zrna

Sadržaj škroba (%), proteina (%) i ulja (%) u zrnu kukuruza određivan je pomoću spektrofotometra (*Infratec 12141, Foss Tecator* (2010. i 2011. god.) i koji radi metodom bliske infracrvene transmisije (*NIT technology - Near Infrared Transmission Analyser*), a temelji se na činjenici da glavni sastojci zrna apsorbiraju elektromagnetsko zračenje u području bliskog infracrvenog spektra. Mjerenjem količine transmisiranog zračenja i matematičkom obradom spektralnih podataka određuje se udio pojedinih tvari u zrnu te određeni fizikalno-kemijski i tehnološki parametri zrna. Uzorci zrna kukuruza 2012. god. analizirani su na *FT – NIR analyzer „Tango“, Brucker, Germany* uređaju koji radi na bazi interferencije na području elektromagnetskih valova.

4.13. Analiza vremenskih uvjeta

Podaci o srednjim dnevnim temperaturama suhog termometra (°C), minimalnim i maksimalnim dnevnim temperaturama zraka (°C), dnevnim oborinama (mm), srednjim mjesečnim i godišnjim sumama sijanja sunca, srednjim mjesečnim i godišnjim jačinama vjetra te srednjoj mjesečnoj i godišnjoj relativnoj vlazi zraka (%) za 2010. god., 2011. god. i 2012. god. dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda (prilog C).

Za grafički prikaz količine oborina (mm) i temperature zraka (°C) za područje Osijeka tijekom tridesetogodišnjeg razdoblja (1961.-1990. god.) kao i vremenskih uvjeta tijekom trogodišnjeg istraživanja (2010.-2012. god.) korišteni su klimadijagrami prema H. Walter-u dobiveni pomoću računalnog programa *Klimasoft 2.2.3*.

Evapotranspiracija (ET_o), efektivne oborine (Pe_{ff}), vodna bilanca odnosno nedostatak vode koji bi trebao biti nadoknađen navodnjavanjem izračunate su pomoću računalnog programa *CROPWAT 8.0* (1998.). Nedostatak vode računa se na osnovu ulaznih podataka o relativnoj vlažnosti zraka (%), broju sati sijanja sunca (h), maksimalnoj i minimalnoj temperaturi zraka (°C) i brzini vjetra (km/h) te svojstvima tla i koeficijentima kulture prema

fazama razvoja biljaka. Referentna evapotranspiracija (ET_o) je vrijednost evapotranspiracije s određene površine 8 do 15 cm jednolično visokog i aktivno uzgajanog travnatog pokrivača, koji potpuno zasjenjuje površinu i ne oskudijeva u vodi. Referentna evapotranspiracija (ET_o , mm/dan) izračunata je prema Penman-Monteith metodi izračuna, a vodna bilanca predstavlja razliku referentne evapotranspiracije (ET_o) i efektivnih oborina (P_{eff}).

Evapotranspiracija kulture (ET_c) izračunata je iz odnosa referentne evapotranspiracije (ET_o) i koeficijenta kulture za svaki razvojni stadij kukuruza, a izražena je u mm/dan. Izračun evapotranspiracije kulture (ET_c) vršen je pomoću slijedeće formule (FAO, 1998.) pomoću računalnog programa CROPWAT 8.0 (1998.):

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Gdje je:

ET_c = evapotranspiracija kulture (mm/dan)
 ET_o = referentna evapotranspiracija (mm/dan)
 K_c = koeficijent kulture

Efektivne oborine (P_{eff}) izračunate su prema USDA S.C. (*Soil Conservation Service Forumula*) metodi. Deficit vode tijekom vegetacije izračunat je kao razlika između referentne evapotranspiracije (ET_o) i efektivne oborine (P_{eff}).

4.14. Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka obavljena je pomoću računalnih programa SAS i Statistica 7 (StatSoft). Obzirom na složenost višestručnog pokusa ($A \times B \times C$) provedena je GLM (General Linear Model) analiza koja u potpunosti dozvoljava izdvajanje svih interakcija i odnosa među varijablama. Kao zavisna varijabla poslužio je urod, osnovni kemijski pokazatelji kakvoće zrna kukuruza: sadržaj škroba, ulja i proteina izraženi na suhu tvar, a kao osnovni fizikalni pokazatelj hektolitarska masa. Razine statističke značajnosti bile su $P=95\%$ i $P=99\%$. Potom su izračunate najmanje značajne razlike (LSD) za sva ispitivana svojstva također sa statističkim značajnostima od $P=95\%$ i $P=99\%$. Pomoću korelacijskog koeficijenta ispitana je jačina i smjer veze među istraživanim svojstvima.

5. AGROEKOLOŠKI UVJETI

5.1. Klima

5.1.1. Opća klimatska obilježja istraživanog područja

Prema *Köppenovoj* klasifikaciji koja uvažava bitne odlike srednjeg godišnjeg hoda temperature zraka i količine oborine, najveći dio Republike Hrvatske ima umjereno toplu kišnu klimu čija je karakteristika da je srednja mjesečna temperatura najhladnijeg mjeseca viša od -3°C i niža od 18°C (oznaka C). Klima područja Osječko-baranjske županije određena je mješavinom utjecaja euroazijskog kopna, Atlantika i Sredozemlja. Nizinski kontinentalni dio Hrvatske ima klimu Cfwbx” (u unutrašnjosti najtopliji mjesec u godini ima srednju temperaturu nižu od 22°C (b), tijekom godine nema izrazito suhih mjeseci, a mjesec s najmanje oborine u hladnom je dijelu godine (fw), a u godišnjem hodu oborine javljaju se dva maksimuma (x”), (*DHMZ, 2008.*). Na temelju višegodišnjih srednjih vrijednosti srednjih dnevnih temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$) i srednjih vrijednosti količine oborine (mm) na području Osječko-baranjske županije načinjen je grafički prikaz u vidu klimadijagrama prema H. Walter-u.

Radi što točnijeg prikaza razdoblja suše načinjen je klimadijagram prema H. Walter-u za kojeg su uzete prosječne vrijednosti mjesečnih količina oborina (mm) i prosječne mjesečne vrijednosti temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$) za područje Osijeka tijekom razdoblja vegetacije kukuruza. Prema grafikonu 2 vidljivo je razdoblje suše koje se javlja većem dijelu vegetacije kukuruza. U proljetno vrijeme suša se javlja u razdoblju od travanja do svibnja, te u ljetnom razdoblju od mjeseca srpnja pa sve do kraja vegetacije kukuruza (listopad).

Prema ranije objavljenim podacima (*OBŽ, 2006.*) od izrazite je važnosti raspored oborina u vegetacijskom razdoblju, koji je u Osječko-baranjskoj županiji gotovo optimalan, uz uobičajena odstupanja, ali je količina oborina u ljetnom razdoblju glavni limitirajući čimbenik u poljoprivrednoj proizvodnji. Prosječna mjesečna relativna vlažnost zraka u Osječko-baranjskoj županiji kreće se od 73 do 90%, s maksimumom u siječnju i minimumom u srpnju.

Šoštarić i sur. (2012.) proučavali su vremenske uvjete na području Osječko-baranjske županije u razdoblju od 1973. do 2011. god. Analiza vremenskih uvjeta provedena je pomoću hidrotermičkog koeficijenta (K_s) prema Seljaninov-u. Tijekom analiziranog razdoblja četrnaest godina je prema Seljaninov-u okarakterizirano kao sušne, a pet godina kao ekstremno

sušne. Važno je istaknuti da je svih pet ekstremno sušnih godina bilo u proteklom desetljeću (2000.-2010.).

5.1.2. Vremenske prilike tijekom razdoblja istraživanja

5.1.2.1 Vremenske prilike tijekom 2010. godine

Prema podacima DHMZ-a (2013.), 2010. god. bila je topla i ekstremno kišna. Globalno, 2010. god. rangirana je kao najtoplija godina od 1850. god., odnosno otkada postoje mjerenja temperature zraka.

Na području Osijeka srednje godišnje temperature zraka u 2010. god. iznosile su 11,28 °C što je za 0,5 °C više u odnosu na višegodišnji prosjek (1961.-1990.). Prema količini oborina 2010. god. područje Osijeka svrstano je u kategoriju ekstremno kišnog područja. Ukupna količina godišnjih oborina na području Osijeka u 2010. god. iznosila je 1038,2 mm što je za gotovo 60% više u odnosu na višegodišnji prosjek (tablica 12.). Suvišna količina oborina negativno se odrazila na biljnu proizvodnju, pa tako i na proizvodnju kukuruza. Uslijed prekomjerne količine oborina proljetni radovi na pokusu kao i sjetva kukuruza su kasnili.

U toplom i kišnom travnju količine oborine bile su iznad višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.). Ukupno je na području Osijeka palo 71,1 mm što je za 17,3 mm više od višegodišnjeg prosjeka (53,8 mm). Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 19. travnja (22,6 mm). U travnju su prevladavale srednje dnevne temperature zraka iznad višegodišnjeg prosjeka. Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 12,4 °C. Temperaturna odstupanja bila su 1,1 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka u travnju je iznosila 17,9 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 7,2 °C.

Tijekom razdoblja vegetacijskog porasta uslijed prekomjerne količine oborine koja je pala u vrlo kratkom vremenu na području Osijeka proglašena je elementarna nepogoda velike količine oborina 28. svibnja i elementarna nepogoda velike količine oborina i poplave 9. lipnja 2010. god. (*OBŽ, 2011.*). Odstupanja u količini oborine tijekom vegetacijskih razdoblja u odnosu na višegodišnji prosjek (1961.-1990.) prikazana su grafikonom 3.

Tablica 12. Ukupna mjesečna i godišnja količina oborina (mm) u razdoblju od 2010. do 2012. god. i višegodišnji prosjek (1961.-1990.)

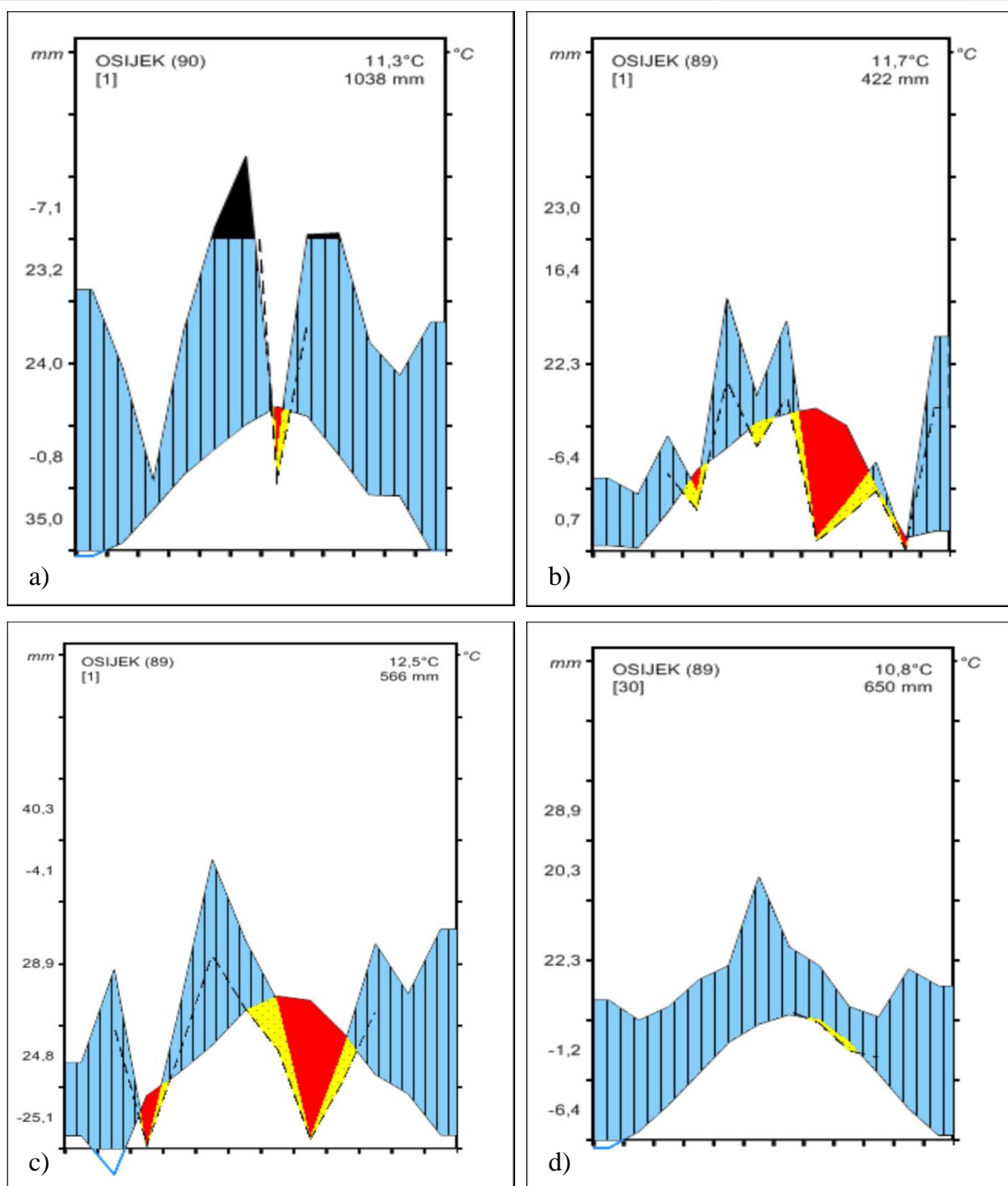
Godina	Mjesec												\bar{X} godine
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2010.	83,9	58,6	22,2	71,1	120,8	234,0	31,5	110,8	108,4	67,1	56,3	73,5	1038,2
2011.	23,6	18,4	37,1	19,4	81,2	49,9	73,9	4,6	15,9	28,7	0,4	69,1	422,2
2012.	28,0	58,1	0,9	45,5	93,7	67,9	47,8	4,0	32,3	66,5	50,2	71,3	566,2
61-90	46,9	40,2	44,8	53,8	58,5	88,0	64,8	58,5	44,8	41,3	57,3	51,6	650,5

U ekstremno kišnom svibnju količine oborine bile su također iznad višegodišnjeg prosjeka. Ukupno je palo 120,8 mm oborine što je za 62,3 mm više od višegodišnjeg prosjeka. Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 17. svibnja (30,1 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 16,5 °C. U svibnju nije bilo temperaturnih odstupanja od višegodišnjeg prosjeka. Srednja maksimalna temperatura zraka u svibnju je iznosila 21,9 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 11,8 °C.

U toplom i ekstremno kišnom lipnju količine oborine bile su više od višegodišnjeg prosjeka. Ukupno je palo 234 mm oborine. Već u prvoj dekadi mjeseca ukupno je palo 80,5 mm što je gotovo mjesečna količina oborine uobičajena za ovaj mjesec prema višegodišnjem prosjeku. Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 22. lipnja (107,2 mm).

Klimatski elementi za 2010. god. prikazani su grafički pomoću klimadijagrama prema H. Walter-u (grafikon 2a). Količina oborina iznad 100 mm označena je crnom bojom. Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 20,4 °C. Temperaturna odstupanja bila su 0,9 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka u lipnju je iznosila 25,2 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 15,5 °C.

Uslijed velike količine oborine i poplava došlo je do stagniranja vode na površini tla što je za posljedicu imalo štetu na poljoprivrednim usjevima. Na području Osječko-baranjske županije ukupno utvrđena šteta kao posljedica elementarne nepogode velike količine oborine i poplave iznosila je 510 073 601,25 HRK (*OBŽ, 2011.*). Suvišna voda loš je preduvjet za uzgoj kulturnih biljaka općenito, izravno utječe na smanjene uroda i otežava ili u potpunosti onemogućava pravovremeno izvođenje agrotehničkih zahvata koje treba pravovremeno izvršiti. Najveće sniženje uroda u uvjetima prisutnosti suvišne vode valja očekivati u razdoblju intenzivnog porasta biljaka. Smanjenje uroda uzgajane kulture je veće što je dulje razdoblje prevlaživanja tla (*Petošić i Tomić, 2011.*).



Grafikon 2. Klimadijagrami prema H. Walter-u za razdoblje a) 2010. god., b) 2011. god., c) 2012. god. i d) 1961.-1990. god.

Suvišna voda na pokusnoj parceli tek se kraće vrijeme zadržala na površini jer je pravovremeno provedena agrotehnička mjera odvodnje suvišne vode kopanjem drenažnih kanala i odvođenjem suvišne vode u recipijent. Elementarne nepogode koje su zadesile vegetaciju 2010. god. dobar su podsjetnik kako je jedna od osnova projektiranja sustava za navodnjavanje osigurati odvodnju suvišne vode iz tla kao i sa površine tla.

Treba istaknuti kako srednje dnevne temperature zraka u vrijeme velikih oborina i stagniranja vode na površini tla ili nisu odstupale od višegodišnjeg prosjeka (svibanj) ili su bile za 0,9 °C više u odnosu na višegodišnji prosjek (lipanj). Brojni autori govore o temperaturi zraka kao najčešćim limitirajućim čimbenikom rasta kukuruza (*Hanna W. F. (1925.), McCalla i sur. (1939.), Shaw R. (1962.)*). Obzirom na povoljne temperaturne uvjete, stadij razvoja biljke i kratko vremensko razdoblje stagniranja vode na površini pokusne parcele došlo je do tek neznatnih oštećenja na biljkama kukuruza. Prema *Decker (1947.)* prosječne dnevne količine oborine nisu bile u korelaciji sa dužinom trajanja vegetativnog porasta već se prosječna temperatura zraka za razdoblje od 30 dana nakon sjetve pokazala kao najbolji indikator dužine trajanja vegetativnog porasta.

Kraće sušno razdoblje u 2010. god. javlja se u vrlo toplom srpnju. Količine oborine bile su niže od višegodišnjeg prosjeka. Ukupno je u srpnju palo 31,5 mm oborine što je za 33,3 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek (tablica 12.). Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 31. srpnja (31 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 23,2 °C. Temperaturna odstupanja bila su 2,1 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka u srpnju iznosila je 28,9 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 17,6 °C. Razdoblje suhoće (žuto) kao i sušno razdoblje (crveno) u vegetaciji 2010. god. vidljivi su na klimadijagramu prema H. Walter-u (grafikon 2a).

Nakon kraćeg razdoblja zasušenja u mjesecu srpnju ponovno se javljaju prevelike količine oborine u kolovozu i rujnu (tablica 12.). U vrlo toplom i ekstremno kišnom kolovozu količine oborine bile su više u odnosu na višegodišnji prosjek. Ukupno je u kolovozu palo 110,8 mm oborine što je za 52,3 mm više u odnosu na višegodišnji prosjek. Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 7. kolovoza (48,5 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 21,7 °C. Temperaturna odstupanja bila su 1,4 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka u kolovozu iznosila je 27,8 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 15,8 °C.

Nakon ekstremno kišnog kolovoza uslijedio je ekstremno kišan rujna kada je ukupno palo 108,4 mm oborine što je za 63,6 mm više u odnosu na višegodišnji prosjek. Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 11. rujna (32,4 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 21,7 °C. Temperaturna odstupanja bila su 1,1 °C (tablica 13.). Srednja maksimalna temperatura zraka u kolovozu iznosila je 20,7 °C, a srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 11,3 °C.

Tablica 13. Srednje mjesečne i prosječne godišnje temperature zraka (°C) u razdoblju od 2010. do 2012. god. i višegodišnji prosjek (1961.-1990.)

Godina	Mjesec												\bar{X} _{godine}
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2010.	-0,8	1,4	6,8	12,4	16,5	20,4	23,2	21,7	15,6	9,1	8,9	0,2	11,28
2011.	1,1	0,7	6,4	13,2	16,7	20,8	22,2	23,0	20,3	10,6	2,3	3,4	11,73
2012.	2,2	-4,1	8,7	12,5	16,9	22,5	24,8	24,1	18,9	12,1	9,0	2,3	12,49
1961.-90.	-1,2	1,6	6,1	11,3	16,5	19,5	21,1	20,3	16,6	11,2	5,4	0,9	10,78

Kako je vidljivo iz tablice 13 ukupno je tijekom vegetacije kukuruza (travanj-rujan) 2010. god. na području Osijeka palo 676 mm oborine što je za 308,6 mm više u odnosu na prosjek (1961.-1990.). Srednje mjesečne temperature zraka tijekom vegetacije 2010. god. iznosile su 21,6 °C što je za 0,75 °C više u odnosu na prosjek (1961.-1990.).

5.1.2.2 Vremenske prilike tijekom 2011. godine

Prema podacima *DHMZ-a (2013.)* 2011. god. bila je vrlo topla i ekstremno sušna. Na području Osijeka srednja dnevna temperatura zraka bila je 11,73 °C što je za 1,75 °C više u odnosu na višegodišnji prosjek (1961.-1990.). Ukupne godišnje količine oborine iznosile su 422,2 mm što je za 228,3 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek (1961.-1990.).

U toplom i vrlo sušnom travnju količina oborine bila je niža od prosjeka. Ukupno je palo 19,4 mm što je za 34,4 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek. Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 13. travnja (11,5 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 13,2 °C. Temperaturna odstupanja bila su 1,9 °C (tablica 13.). Srednja maksimalna temperatura zraka u travnju iznosila je 19,7 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 7,5 °C. Razdoblje suhoće kao i sušno razdoblje travnja vidljivo je na klimadijagramu prema H. Walter-u (grafikon 2b.).

Količina oborina u kišnom svibnju bila je iznad višegodišnjeg prosjeka. Ukupno je palo 81,2 mm oborine što je za 22,7 mm više u odnosu na višegodišnji prosjek. Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 23. svibnja (50 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 16,67 °C. Tijekom svibnja nije bilo značajnijih temperaturnih odstupanja. Srednja

maksimalna temperatura zraka u svibnju iznosila je 22,9 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 10,1 °C.

Tijekom toplog i sušnog lipnja količina oborine bila je niža u odnosu na višegodišnji prosjek. Ukupno je palo 49,9 mm što je za 38,1 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek (1961.-1990.). Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena 3. lipnja (25,3 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 20,8 °C. Temperaturna odstupanja bila su 1,3 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka u lipnju iznosila je 27,1 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 14,7 °C.

U srpnju nije bilo značajnijih oborinskih odstupanja. Ukupno je palo 73,9 mm oborine što je za 14,1 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek (1961.-1990.). Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 24. srpnja (23,2 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 22,2 °C. Temperaturna odstupanja bila su 1,1 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka iznosila je 28,2 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 15,8 °C.

Ekstremno topao kolovoz sa 4,6 mm oborine obilježen je kao vrlo sušan (53,9 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek). Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 28. kolovoza (2,8 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 23,0 °C. Temperaturna odstupanja bila su 2,7 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka iznosila je 30,4 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 15,7 °C.

Mjesec rujna bio je ekstremno topao i sušan, a količina oborine bila je niža od višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.). Ukupno je palo 15,9 mm oborine što je za 38,9 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek. Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 2. rujna (5,7 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 20,4 °C. Temperaturna odstupanja bila su 3,7 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka iznosila je 28,4 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 13,2 °C.

Ukupno je tijekom vegetacije kukuruza (travanj-rujan) 2011. god. na području Osijeka palo 244,9 mm oborine što je za 123,1 mm manje u odnosu na prosjek (tablica 13.). Srednje mjesečne temperature zraka tijekom vegetacije 2011. god. iznosile su 19,4 °C što je za 1,75 °C više u odnosu na prosjek (1961.-1990.).

5.1.2.3 Vremenske prilike tijekom 2012. godine

Prema podacima *DHMZ-a (2013.)* 2012. god. bila je ekstremno topla godina. Na području Osijeka srednja dnevna temperatura zraka bila je 12,49 °C što je za 1,71 °C više od višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.). Ukupne godišnje količine oborine iznosile su 422,2 mm što je za 228,3 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek (1961.-1990.).

Travanj je bio topao bez značajnijih oborinskih odstupanja. Ukupno je palo 45,5 mm oborine što je za 8,3 mm manje od prosjeka (1961.-1990.). Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 17. travnja (11 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 12,5 °C. Temperaturna odstupanja bila su 1,2 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka iznosila je 19 °C. srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 6,5 °C.

Kišni svibanj obilježila je količina oborine iznad višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.) kada je palo 93,7 mm oborine što je za 57,6 mm više u odnosu na višegodišnji prosjek. Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 2. svibnja (31,5 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 20,5 °C. Nije bilo značajnijih temperaturnih odstupanja. Srednja maksimalna temperatura zraka iznosila je 23,1 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 11 °C.

Nije bilo značajnijih oborinskih odstupanja u ekstremno toplom lipnju. Ukupno je palo 67,9 mm oborine što je za 20 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek. Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 5. lipnja (33 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 22,5 °C. Temperaturna odstupanja bila su čak 3 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka iznosila je 28,5 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 15,3 °C.

Također ni u ekstremno toplom srpnju nije bilo značajnijih oborinskih odstupanja kada je palo 47,8 mm oborine što je za 17 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek. Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 6. srpnja (37 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 24,8 °C. Temperaturna odstupanja bila su 3,7 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka iznosila je 31,7 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 17,5 °C.

Kolovoz je bio ekstremno topao i ekstremno sušan jer je tijekom mjeseca palo 4 mm oborine što je za 54,5 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek. Maksimalna dnevna količina oborine izmjerena je 27. kolovoza (4 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 24,1 °C. Temperaturna odstupanja bila su 3,8 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka iznosila je 32,2 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 15,3 °C.

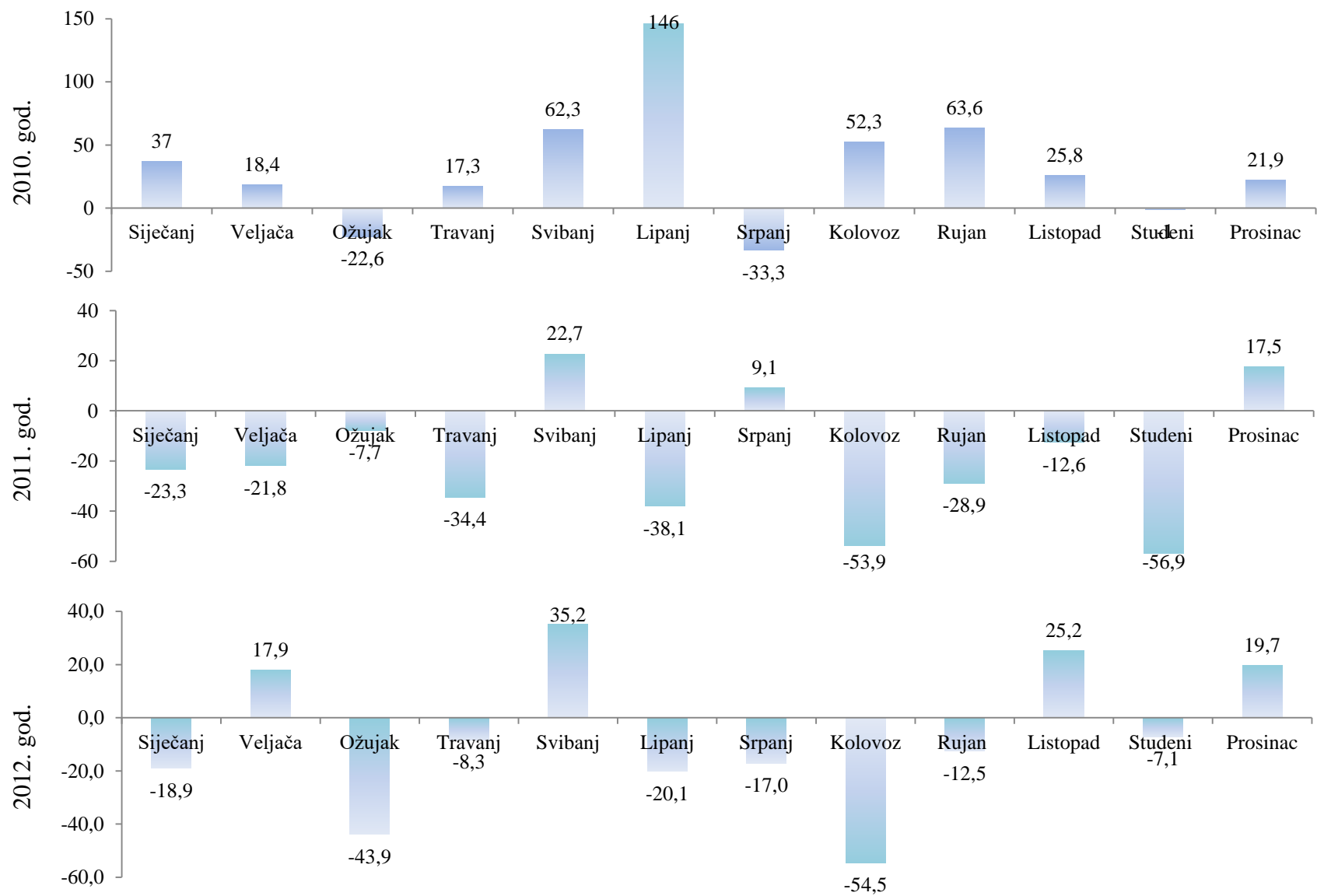
Vrlo topao rujan bio je bez značajnijih oborinskih odstupanja jer je palo 32,3 mm oborine što je za 12,5 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek. Maksimalna dnevna

količina oborine izmjerena je 14. rujna (16,8 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 18,9 °C. Temperaturna odstupanja bila su 2,3 °C. Srednja maksimalna temperatura zraka iznosila je 26,3 °C. Srednja minimalna temperatura zraka iznosila je 12,4 °C.

Ukupno je tijekom vegetacije kukuruza (travanj-rujan) 2012. god. na području Osijeka palo 291,2 mm oborine što je za 76,8 mm manje od višegodišnjeg prosjeka (tablica 13.). Srednje mjesečne temperature zraka tijekom vegetacije 2012. god. iznosile su 20 °C što je za 2,45 °C više od višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.). Sušno razdoblje tijekom vegetacije prikazano je klimadijagramom prema H. Watleru (grafikon 2c).

Tijekom trogodišnjeg istraživanja (2010.-2012.) srednje mjesečne temperature zraka bile su više u odnosu na višegodišnji prosjek (1961.-1990.). U pogledu ukupne količine oborine izdvaja se 2010. god. kada su količine oborine bile iznad višegodišnjeg prosjeka, premda neravnomjerno raspoređene te se iz tog razloga u mjesecu srpnju javlja potreba za nadoknađivanjem manjka vode navodnjavanjem. Tijekom 2011. god. i 2012. god. ukupna godišnja količina oborine bila je ispod višegodišnjeg prosjeka, a iznosila je manje od 750 mm te se ukazala potreba za dopunskim navodnjavanjem.

Usljed nedovoljne ili prekomjerne količine oborine kao i nepravilnog rasporeda oborine praćeno nadprosječno visokim temperaturama zraka, trogodišnje razdoblje istraživanja (2010.-2012.) obilježeno je kao nepovoljno za proizvodnju kukuruza. Međutim, pravovremeno i stručno provedene agrotehničke mjere navodnjavanja i uklanjanja suvišne vode mogu prevladati nepovoljne vremenske uvjete te omogućiti postizanje visokih uroda kukuruza.



Grafikon 3. Odstupanja od mjesečnih količina oborina višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.) tijekom razdoblja 2010.-2012.

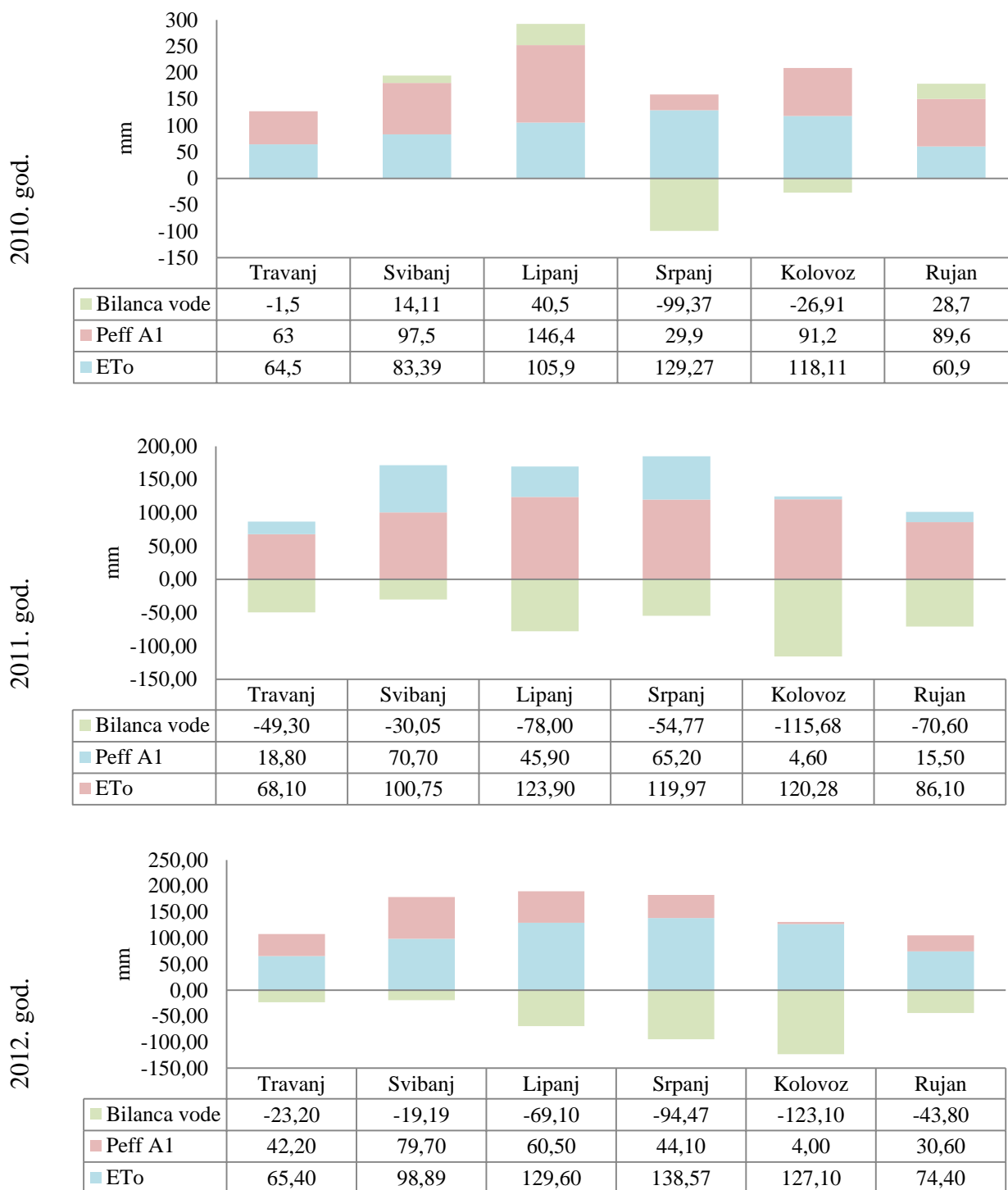
5.2. Evapotranspiracija i određivanje vodne bilance

Prema *Tomiću* (1988.) potrebna voda za uzgoj poljoprivrednih kultura odgovara vrijednosti evapotranspiracije koju definira kao zbroj vode koja se gubi procesima evaporacije i transpiracije s određene površine u određenom vremenu. Vodna bilanca je razlika između referentne evapotranspiracije i efektivnih oborina. Referentna evapotranspiracija (ET_o), efektivne oborine (P_{eff}) i vodna bilanca za svaku godinu istraživanja prikazane su grafikonom 4.

Prosječna referentna evapotranspiracija (ET_o) tijekom 2010. god. iznosila je 1,8 mm/dan, a prosječna mjesečna ET_o 55,72 mm. Tijekom vegetacije prosječna referentna evapotranspiracija iznosila je 98,8 mm. Ukupna efektivna oborina (P_{eff}) 2010. god. iznosila je 840,7 mm, a 517,6 mm tijekom vegetacije. ET_o je u vegetaciji iznosila od 2,15 mm/dan tijekom travnja do 4,17 mm/dan tijekom srpnja. Bilanca vode ukazuje na manjak vode tijekom srpnja (-99,37 mm) i kolovoza (-26,91 mm) unatoč višku vode tijekom dijela vegetacije.

Prosječna referentna evapotranspiracija (ET_o) tijekom 2011. god. iznosila je 2,05 mm/dan, a prosječna mjesečna ET_o 62,42 mm. Tijekom razdoblja vegetacije (travanj-rujan) prosječna mjesečna referentna evapotranspiracija iznosila je 103,2 mm. Ukupna efektivna oborina (P_{eff}) 2011. god. iznosila je 385,3 mm, a 248,1 mm tijekom vegetacije. Tijekom razdoblja vegetacije ET_o je iznosila 2,27 mm/dan tijekom travnja do 4,13 mm/dan tijekom lipnja. Bilanca vode ukazuje na manjak vode tijekom razdoblja vegetacije od travnja do rujna (grafikon 4.).

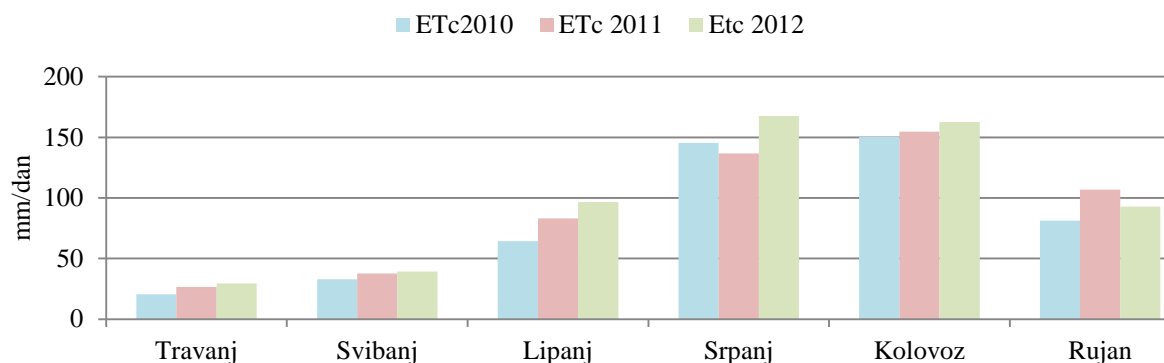
Prosječna referentna evapotranspiracija (ET_o) tijekom 2012. god. iznosila je 2,11 mm/dan. Prosječna godišnja ET_o iznosila je 64,40 mm. U vegetaciji prosječna referentna evapotranspiracija iznosila je 105,66 mm. Ukupna efektivna oborina (P_{eff}) 2012. god. iznosila je 509,2 mm, a 261,3 mm tijekom vegetacije. ET_o je u vegetaciji iznosila od 2,18 mm/dan tijekom travnja do 4,47 mm/dan tijekom srpnja. Izračunata bilanca vode ukazuje na manjak vode tijekom razdoblja vegetacije. Evapotranspiracija kulture (ET_c) ukazuje na potrebe biljaka za vodom ovisno o stadiju razvoja biljaka, a ponajviše ovisi o vrsti uzgajane kulture, razvojnom stadiju biljaka i klimatskim uvjetima.



Grafikon 4. Evapotranspiracija (ETo), efektivne oborine (Peff) i bilanca vode (mm) u razdoblju od 2010. god. do 2012. god.

Mjesečne vrijednosti ETc za razdoblje vegetacije prikazane su grafikonom 5. Najniža ETc tijekom razdoblja vegetacije 2010. god. iznosila je 20,6 mm (0,88 mm/dan) tijekom travnja, a najviša ETc od 150,35 mm (4,85 mm/dan) tijekom kolovoza. Najniža ETc tijekom

razdoblja vegetacije 2011. god. iznosila je 26,65 mm (0,88 mm/dan) tijekom travnja, a najviša ETc od 154,69 mm (4,99 mm) tijekom kolovoza. Najniža ETc tijekom razdoblja vegetacije 2012. god. iznosila je 29,4 mm (0,98 mm/dan) tijekom travnja, a najviša ETc od 167,71 mm (5,41 mm) tijekom srpnja.



Grafikon 5. Evapotranspiracija kulture (ETc)

5.3. Dinamika sadržaja vode u tlu tijekom trogodišnjeg istraživanja

5.3.1. Dinamika sadržaja vode u tlu 2010. godine

Vegetacijsko razdoblje 2010. god. obilježilo je toplo i kišno proljeće nakon čega je uslijedilo ekstremno toplo i ekstremno kišno ljetno razdoblje. Prema podacima DHMZ-a (2012.) tijekom ispitivanog razdoblja 2010. god. (travanj-rujan) na području Osijeka ukupno je palo 676,6 mm oborina što predstavlja povećanje od 84% u odnosu na višegodišnji prosjek. Kraće zasušenje javlja se u mjesecu srpnju kada je palo 31,5 mm oborina što je za 105% manje u odnosu na višegodišnji prosjek. Prosječne temperature zraka u istraživanom razdoblju iznosile su za 1,12 °C više u odnosu na višegodišnji prosjek. Količina oborina kao i broj obroka na A2 i A3 varijanti navodnjavanja utjecali su na dinamiku sadržaja vode u tlu. Obrok navodnjavanja u vegetaciji 2010. god. iznosio je 35 l m². Sveukupno je tijekom vegetacije 2010. god. dodan jedan obrok od 35 mm na A2 varijanti i tri obroka od 35 mm na A3 varijanti navodnjavanja što ukupno čini normu od 105 mm. Razina vode u bunaru iznosila je 20 do 160 cm od površine tla. Dinamika vode u tlu tijekom sezone vegetacije 2010. god., dnevni raspored oborina (mm) kao i trenutak početka navodnjavanja prikazani su grafikonom 6.



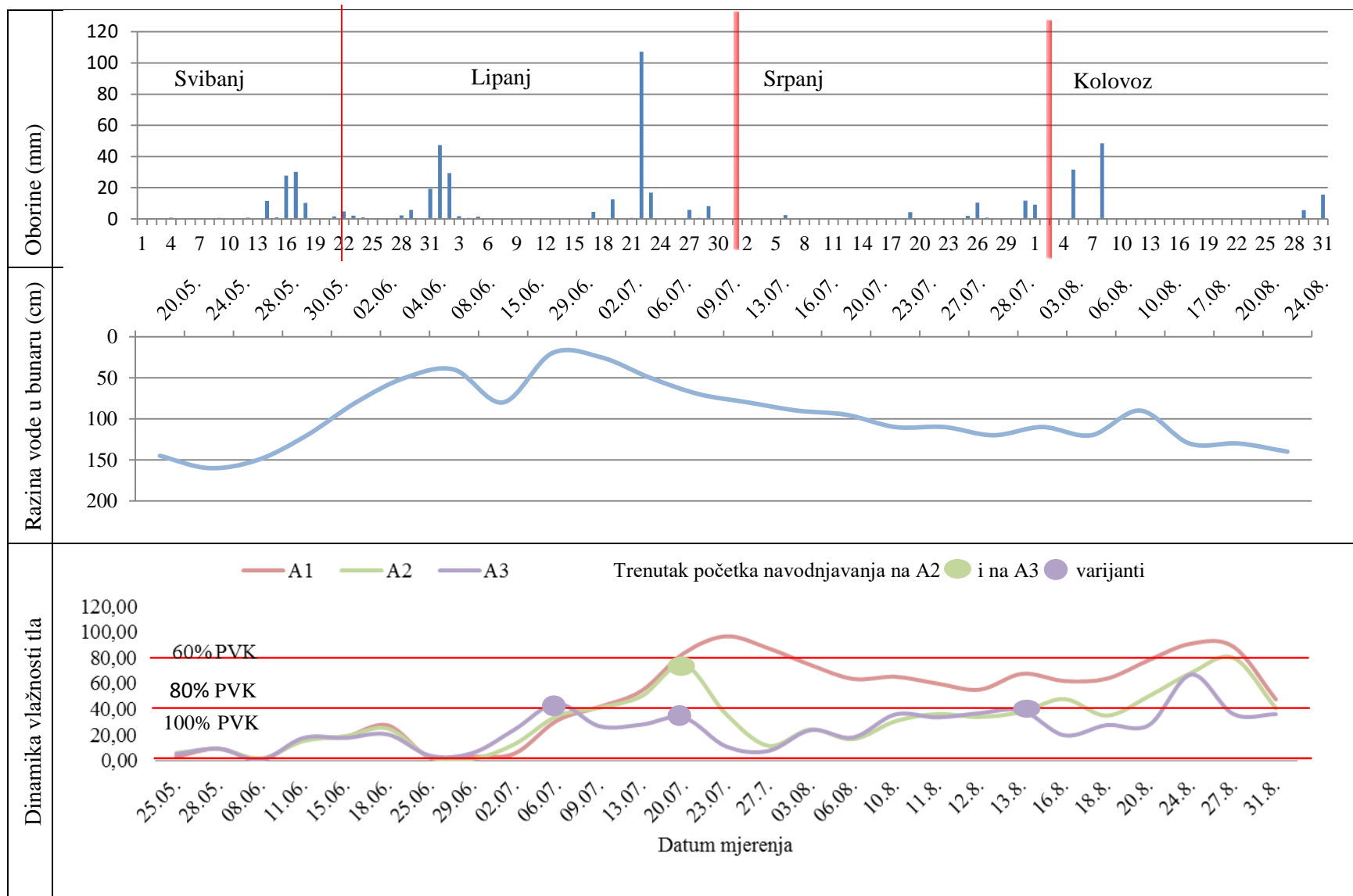
Slika 28. Odvođenje suvišne vode 2010. god. Slika 29. Retencijski kanal 2010. god.

U vrlo kišnom (120,8 mm) mjesecu svibnju prosječne temperature zraka nisu odstupale od višegodišnjeg prosjeka (16,5 °C). Sadržaj vode u tlu tijekom većeg dijela mjeseca kretao se na razini višoj od 80% uslijed prevelike količine oborina. Tako je 25. svibnja rezultat mjerenja iznosio 0 cbar što upućuje na saturirano tlo.

U toplom (20,4 °C) i ekstremno kišnom (234 mm) mjesecu lipnju pored velike količine oborina pojavio se nepravilan raspored oborina tijekom mjeseca čemu u prilog govori 107,2 mm oborina u jednom danu (22. lipnja). Uslijed nadprosječno visokih oborina razina vode u bunaru kretala se vrlo blizu površine tla kada je 29. lipnja izmjereno 20 cm od površine tla (grafikon 6.). Mjerenja u prvoj dekadi mjeseca su iznosila 0 cbar (saturirano tlo) kao posljedica nadprosječno visoke količine oborina kao i nepravilnog rasporeda.

Sadržaj vode u tlu tijekom većeg dijela mjeseca kretao se od 85% PVK do 100% PVK što upućuje na odgovarajuće vlažno tlo. Međutim, uslijed velike količine oborina u jednom danu (107,2 mm, 22. lipnja) došlo je do kraćeg zadržavanja vode na površini tla (slika 28.). Premda treba naglasiti kako je tlo pokusne parcele povoljnih fizikalnih svojstava, uslijed velikih količina oborina došlo je do zadržavanja vode na površini tla.

Voda se tek kraće vrijeme zadržala na površini jer je provedena mjera drenaže, odnosno odvođenje suvišnih površinskih voda sa pokusne parcele. Drenovi su kopani pomoću stroja, a recipijent za suvišnu vodu bila je otvorena kanalska mreža (slika 28. i 29.). Uslijed povlačenja površinske vode biljke su tek kraće vrijeme bile pod vodom te su neznatno oštećene.



Grafikon 6. Obrorine (mm), razina podzemne vode (cm) i dinamika vode u tlu u razdoblju travanj-kolovoz 2010. god

U vrlo toplom (23,2 °C) mjesecu srpnju uslijed male količine oborina i snižavanjem razine podzemne vode, sadržaj vode u tlu je opadao da bi 6. srpnja iznosio manje od 80% PVK što je prepoznato kao trenutak početka navodnjavanja na A3 varijanti. Dodanim obrokom od 35 mm sadržaj vode u tlu je rastao preko 80% PVK čime je održavana zadana razina. Obzirom da u razdoblju od 6. srpnja do 19. srpnja (4,3 mm) nije bilo značajnijih oborina sadržaj vode u tlu se smanjivao ispod 80% PVK na A3 varijanti, odnosno 60% PVK na A2 varijanti navodnjavanja. Rezultati mjerenja prepoznati su kao trenutak početka navodnjavanja pri čemu je 20. srpnja dodan obrok od 35 mm na A3 varijanti i 21. srpnja na A2 varijanti navodnjavanja. Kao rezultat navodnjavanja sadržaj vode u tlu na obje varijante je rastao čime je ostvarena zadana razina. Sadržaj vode u tlu na A1 varijanti navodnjavanja (kontrola) nastavljao se smanjivati.

U vrlo toplom (21,7 °C) i vrlo kišnom (110,8 mm) mjesecu kolovozu pored velike količine oborina javio se nepravilan raspored oborina pri čemu je glavna oborina pala početkom mjeseca (31,6 mm, 4. kolovoza i 48,5 mm, 6. kolovoza). Slično kao i u mjesecu lipnju došlo je do kratkotrajnog zadržavanja vode na površini tla te se iz tog razloga ponovno pristupilo odvođenju suvišne vode. Iz tog razloga biljke su samo kraće vrijeme bile pod vodom te stoga neznatno oštećene. U prvoj dekadi kolovoza sadržaj vode u tlu na obje varijante navodnjavanja iznosio je 80 do 100% PVK uslijed dovoljne količine oborina. Međutim, kako nakon 7. kolovoza nije bilo značajnijih oborina, sadržaj vode u tlu je opadao da bi 12. kolovoza na A3 varijanti navodnjavanja iznosio niže od 80% PVK. Stoga je 13. kolovoza dodan jedan obrok navodnjavanja od 35 mm nakon čega slijedi lagano opadanje sadržaja vode u tlu na obje varijante navodnjavanja.

Tijekom razdoblja vegetacije 2010. god. na A2 (60 do 100% PVK) varijanti norma navodnjavanja iznosi 35 mm što uz oborine od 776,6 mm i rezervu vode u tlu od 100 mm čini 811,6 mm. Nadalje, na A3 varijanti (80 do 100 % PVK) norma navodnjavanja iznosi 105 mm što uz spomenutu količinu oborina i rezerve vode u tlu ukupno čini 881,6 mm.

5.3.2. Dinamika sadržaja vode u tlu 2011. godine

Vegetacijsko razdoblje 2011. god. obilježilo je toplo proljeće iza kojega je uslijedilo ekstremno toplo i sušno ljeto (*DHMZ, 2012.*). Tijekom ispitivanog razdoblja 2011. god. (travanj-rujan) na području Osijeka palo je 244,9 mm oborina što je za 33% manje u odnosu na višegodišnji prosjek (1961.-1990.). Temperature zraka u tom razdoblju iznosile su za 1,48

°C više u odnosu na višegodišnji prosjek. Količina oborina kao i broj obroka na A2 i A3 varijanti utjecali su na dinamiku sadržaja vode u tlu. Dinamika vode u tlu tijekom sezone vegetacije 2011. god., količina dnevne oborine (mm) kao i trenutak početka navodnjavanja prikazani su grafikonom 7.

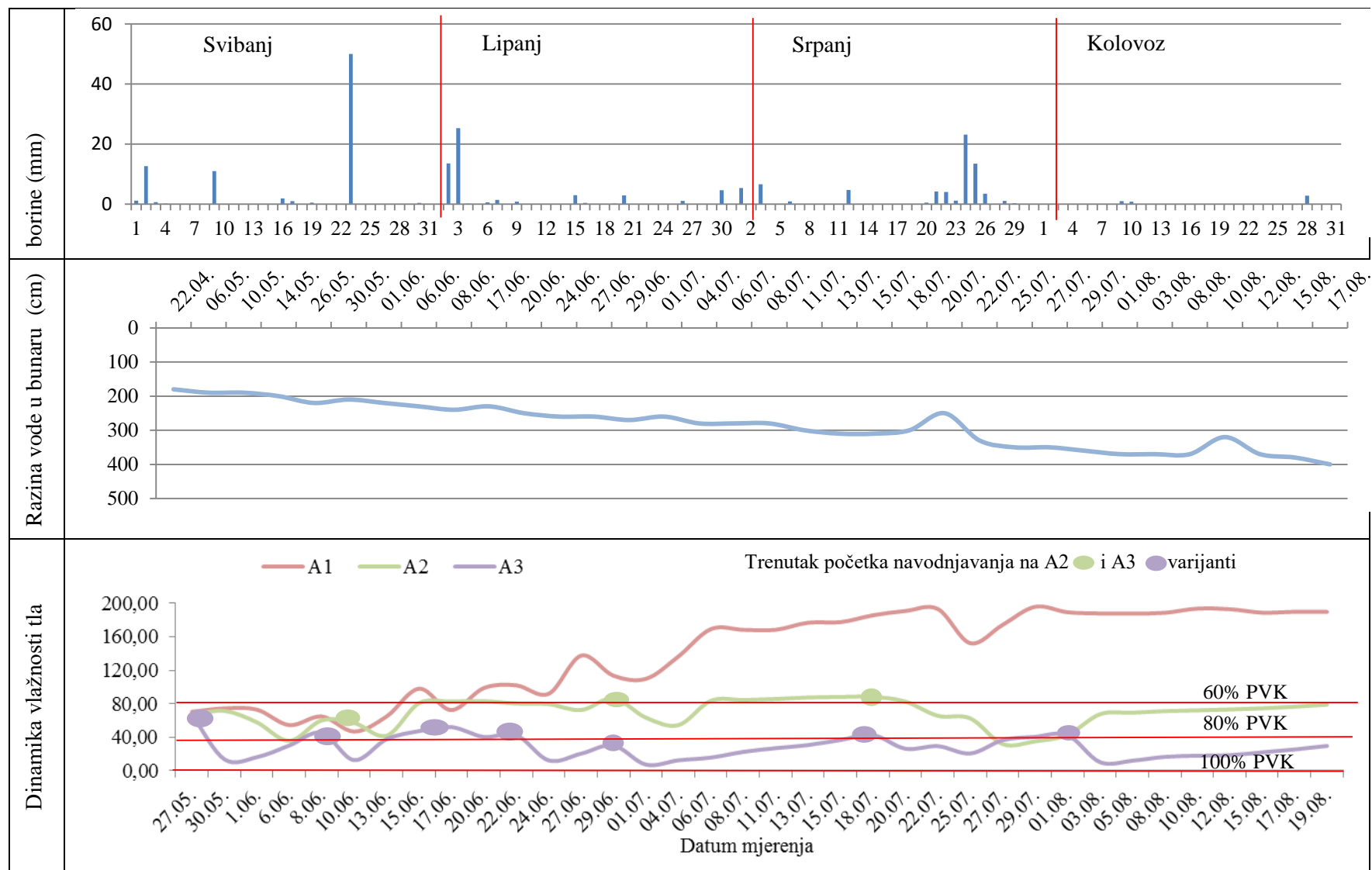
Obrok navodnjavanja u vegetaciji 2011. god. iznosio je 35 l m². Sveukupno je tijekom vegetacije 2011. god. dodano tri obroka od 35 mm na varijanti A2 što ukupno čini normu navodnjavanja od 105 mm. Na A3 varijanti ukupno je dodano sedam obroka od 35 mm što ukupno čini normu navodnjavanja od 245 mm. Razina vode u bunaru kretala se od 180 cm do 400 cm.

U kišnom (81,2 mm) mjesecu svibnju zabilježen je nepravilan raspored oborina tijekom mjeseca, pa je tako 50 mm palo u jednom danu (23. svibnja) što čini glavninu oborina toga mjeseca. Na početku mjeseca sadržaj vode na svim varijantama navodnjavanja kretao se manje od 60% PVK što je prepoznato kao trenutak početka navodnjavanja na A3 varijanti. Obrokom navodnjavanja od 35 mm (27. svibnja) sadržaj vode u tlu na A3 varijanti kreće se na zadanoj razini od 80 do 100% PVK .

U toplom (20,8 °C) i sušnom (49,9 mm) mjesecu lipnju zabilježen je nepravilan raspored oborina tijekom mjeseca jer je glavnina oborina (50,1 mm) u lipnju pala u prvoj dekadi mjeseca. Kao rezultat nadprosječno visokih temperatura kao i ispodprosječnih oborina te nepravilnog rasporeda javio se nedostatak vode u tlu u većem dijelu mjeseca. Sadržaj vode u tlu na A1 varijanti navodnjavanja (kontrola) bilježio je kontinuirani pad dok je navodnjavanjem na A2 i A3 varijanti sadržaj vode održavan u zadanim granicama. Tako je na A3 varijanti navodnjavanja ukupno dodano 140 mm vode u četiri obroka navodnjavanja od 35 mm (8., 16., 22. i 29. lipnja) čime je sadržaj vode u tlu uspješno održavan na zadanoj razini >80% PVK.

Na A2 varijanti navodnjavanja ukupno je dodano 70 mm vode u dva obroka navodnjavanja od 35 mm (9. i 29. lipnja) čime je razina vode u tlu uspješno održavana na zadanoj razini >60% PVK.

U toplom mjesecu srpnju (23,2 °C) bilježen je pad sadržaja vode u tlu na svim varijantama navodnjavanja. Nedostatak vode u tlu nadoknađen je obrokom od 35 mm 18. srpnja na A3 varijanti te 19. srpnja na A2 varijanti navodnjavanja čime je sadržaj vode uspješno održavan na zadanoj razini. Sadržaj vode u tlu na A1 varijanti navodnjavanja (kontrola) nastavljao se smanjivati do kritične razine za urode (< 40% PVK).



Grafikon 7. Oborine (mm), razina podzemne vode (cm) i dinamika vode u tlu u razdoblju travanj-kolovoz 2011. god.

U ekstremno toplom (23 °C) i vrlo sušnom mjesecu kolovozu (4,6 mm) uslijed nedostatka oborina javlja se nedostatak vode u tlu na A3 varijanti navodnjavanja. Nedostatak vode nadoknađen je jednim obrokom od 35 mm (2. kolovoza). Sadržaj vode uspješno je održavan na zadanim razinama A2 i A3 varijante sa postupnim padom prema kraju mjeseca.

Daljnjem navodnjavanju se nije pristupilo kako bi se izbjeglo proklijavanje zrna na klipu te je sadržaj vode u tlu lagano opadao na obje varijante navodnjavanja. Sadržaj vode na A1 varijanti kretao se u kritičnoj razini za urod (< 40% PVK) u većem dijelu mjeseca.

Tijekom razdoblja vegetacije 2011. god. na A2 (60 do 100% PVK) varijanti norma navodnjavanja iznosi 105 mm što uz oborine od 344,9 mm i rezervu vode u tlu od 100 mm čini 549,9 mm. Nadalje, na A3 varijanti (80 do 100 % PVK) norma navodnjavanja iznosi 245 mm što uz spomenutu količinu oborina i rezerve vode u tlu ukupno čini 689,9 mm.

5.3.3. Dinamika sadržaja vode u tlu 2012. godine

Vegetacijsko razdoblje 2012. god. obilježilo je toplo proljeće iza kojega je nastupilo ekstremno toplo i vrlo sušno ljetno razdoblje (*DHMZ, 2013.*). U razdoblju istraživanja (travanj-rujan) na području Osijeka palo je 291,2 mm oborina što je za 21% manje u odnosu na višegodišnji prosjek.

Tijekom spomenutog razdoblja srednje dnevne temperature zraka bile su za 2,44 °C više u odnosu na višegodišnji prosjek. Količina oborina kao i broj obroka na A2 i A3 varijanti utjecali su na dinamiku sadržaja vode u tlu. Obrok navodnjavanja u vegetaciji 2012. god. iznosio je 35 l m². Sveukupno je tijekom vegetacije 2012. god. dodano pet obroka od 35 mm na varijanti A2 što ukupno čini normu navodnjavanja od 175 mm.

Na A3 varijanti ukupno je dodano sedam obroka od 35 mm što ukupno čini normu navodnjavanja od 245 mm. Razina vode u bunaru kretala se od 310 cm do 430 cm. Dinamika vode u tlu tijekom vegetacije 2012. god. kao i trenutak početka navodnjavanja prikazani su grafikonom 8.

U kišnom (93,7 mm) mjesecu svibnju uslijed dostatne količine oborina sadržaj vode u tlu na svim varijantama navodnjavanja iznosio je više od 80% PVK što upućuje na adekvatno vlažno tlo.

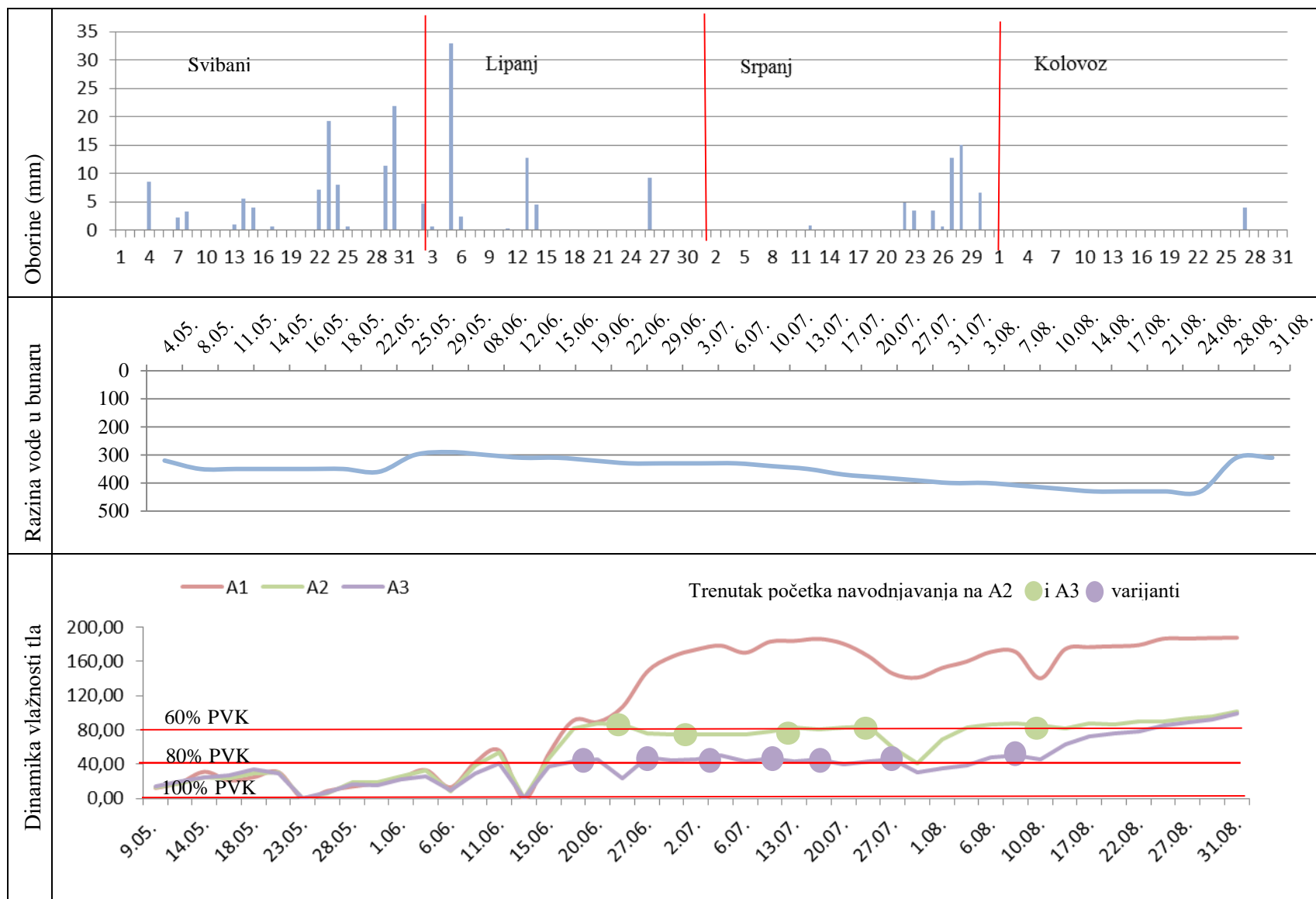
U ekstremno toplom (22,5 °C) mjesecu lipnju zabilježen je nepravilan raspored oborina. Glavnina oborina pala je u prvoj dekadi mjeseca uslijed čega je sadržaj vode u tlu na svim varijantama navodnjavanja iznosio oko 80% PVK.

Izostanak oborina nakon 14. lipnja uzrokovao je nedostatak vode u tlu. Nedostatak vode u tlu na A2 varijanti nadoknađen je jednim obrokom od 35 mm (22. lipnja). Nedostatak vode nadoknađen je s dva obroka od 35 mm na A3 varijanti (19. i 27. lipnja) čime je sadržaj vode u tlu uspješno održavan u zadanim granicama.

U ekstremno toplom mjesecu srpnju (24,8 °C) izostanak oborina u prve dvije dekade mjeseca imao je za posljedicu kritično nizak sadržaj vode u tlu na A1 varijanti navodnjavanja (kontrola). Uslijed nadprosječno visokih temperatura zraka i visoke evapotranspiracije u mjesecu srpnju nastupa razdoblje zasušenja. Nedostatak vode u tlu na A2 varijanti navodnjavanja nadoknađen je s tri obroka od 35 mm. Nedostatak vode u tlu na A3 varijanti navodnjavanja nadoknađen je s četiri obroka od 35 mm. Glavnina oborina (46,7 mm) u mjesecu srpnju pala je u posljednjoj dekadi mjeseca što je utjecalo na povećanje sadržaja vode u tlu premda nedovoljno na A1 varijanti kada su vrijednosti i dalje bile kritično niske.

Sadržaj vode na A1 varijanti i dalje je bio kritično nizak u ekstremno toplom (24,1 °C) i ekstremno sušnom (4,0 mm) mjesecu kolovoza. Na početku mjeseca sadržaj vode na A2 i A3 varijanti navodnjavanja kretao se na zadanim razinama, međutim uslijed izostanka oborina sadržaj vode je počeo opadati. Iz tog razloga dodan je jedan obrok od 35 mm, 8. kolovoza na A3 varijanti i 10. kolovoza na A2 varijanti što su ujedno bili i posljednji obroci nakon čega je sadržaj vode polagano opadao na obje varijante navodnjavanja.

Tijekom razdoblja vegetacije 2012. god. na A2 (60 do 100% PVK) varijanti norma navodnjavanja iznosi 175 mm što uz oborine od 391,2 mm i rezervu vode u tlu od 100 mm čini 666,2 mm. Nadalje, na A3 varijanti (80 do 100 % PVK) norma navodnjavanja iznosi 245 mm što uz spomenutu količinu oborina i rezerve vode u tlu ukupno čini 736,2 mm.



Grafikon 8. Oborine (mm), razina podzemne vode (cm) i dinamika vode u tlu u razdoblju travanj-kolovoz 2012. god.

5.4. Tlo

5.4.1. Obilježja tla na pokusnoj parceli

Prema rezultatima ranije izvršenih uzorkovanja i analize tla iz devet pedoloških profila pokusne parcele (*Josipović, 2004.*), područje karakterizira antropogenizirano hidromeliorirani hipoglej (*Škorić, 1986.*). Obavljena istraživanja pokazuju homogenost lokaliteta.

Osnovna fizikalna obilježja tla kao i rezultati hidropedoloških i kemijskih analiza tla prisutnog na pokusnoj parceli prikazani su u tablici 14.

Pedološki profil je sljedeće građe:

P – AC – C – Gso

Antropogenizirani (P horizont) smeđe je do svijetlo smeđe boje po mehaničkom sastavu (teksturi) praškasto glinasta ilovača, strukturno varira od graškaste strukture u površinskom dijelu do bestrukturnoga na dubini do 50 cm. 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. Po strukturi AC horizont je mrvičast do bestrukturnan od 70 cm do 105 cm uz prisutnost sitnih kongrecija kalcija i intenzivne reakcije na ispitivanje sadržaja karbonata (+++).

Matični supstrat se pojavljuje na dubini od 105 cm do 115 cm, žute je boje, bestrukturnan, praškasto ilovaste teksture s puno kongrecija $CaCO_3$. Glejni sekundarno oksidirani horizont (Gso) karakterizira povremena prisutnost podzemne vode. Sadržaj gline varira po dubini profila s najvećim udjelom u površinskom horizontu (32,55%) do 21,63% na dubini 105 cm.

U skladu s rezultatima analize mehaničkog sastava tla volumna gustoća (ρ_v) se povećava s dubinom profila od $1,5 \text{ g cm}^{-3}$ do $1,34 \text{ g cm}^{-3}$ u donjim dijelovima profila. Raspon vrijednosti volumne gustoće ne pokazuje veliku zbijenost horizonata ($>2 \text{ g cm}^{-3}$). Gustoća čvrste faze (ρ_s) kao i kod većine tala varira od $2,58 \text{ g cm}^{-3}$ do $2,8 \text{ g cm}^{-3}$ s tendencijom povećanja u dubljim dijelovima profila. Ukupna poroznost tla ispitivanog profila je između 41,82 %vol. i 52,08 %vol., dakle kreće se od malo poroznog u površinskom dijelu profila do poroznog u

donjem dijelu profila. Prema Škoriću (1982.) tlo je srednjeg retencijskog kapaciteta za vodu (K_v) cijelom dubinom profila (36,57 % vol.-39,66 % vol.).

Vrijednosti kapaciteta tla za zrak (K_z) kretale su se od 5,2 % vol. do 12,41 % vol. te je u površinskim horizontima kapacitet za zrak nizak dok je u dubljim horizontima bio visok. Temeljem određivanja donje (W_L) i gornje granice (W_P) plastičnosti dobivena vrijednost indeksa plastičnosti (IP) bila je između 19,12 i 21,73 te je tlo vrlo plastično.

Trenutačna vlaga tla (Tr_v) iznosila je 34,56 % vol u površinskom dijelu horizonta do 35,76 % vol na dubini od 70 cm do 105 cm. Stabilnost mikrostrukturnih agregata (S_s) prema Vageleru određivana je na dubini do 32 cm i iznosila je 86,2 iz čega proizlazi da su mikrostrukturni agregati stabilni.

Fizikalna svojstva	Dubina	Mehanički sastav (mm)			Stabilnost agregata		Kapacitet tla za vodu (vol. %)		
		2-0,05	0,05-0,002	<0,002	makro	mikro			
	0-32	2,75	64,70	32,55	Nestabilan	Vrlo stabilan	36,61	Osrednji	
	32-50	2,31	66,36	31,33			37,14	Osrednji	
	50-70	6,32	68,17	25,51					
	70-105	6,55	71,81	21,63					
	Granice plastičnosti								
	WL		WP		IP		Ss		
	0-32	39,40		20,28		19,12		86,2	
	32-50	41,78		20,02		21,73			
Kemijska svojstva	Volumen pora (%)	Apsolutni kapacitet tla (vol. (%))		Specifična gustoća tla (g cm ⁻³)					
		Za vodu	Za zrak	Volumna		Čvrste faze			
	0-32	41,82	36,57	5,25	1,50		2,58		
	32-50	41,83	35,59	6,24	1,54		2,65		
	50-70	48,59	38,14	10,45	1,38		2,68		
	70-105	52,08	39,66	12,41	1,34		2,80		
	pH	Humus (%)	Dušik (%)	Sadržaj fiziološki aktivnog					
				H ₂ O	KCl	mg/100 g tla			
0-40	7,5	6,8	1,56	0,13	P ₂ O ₅		K ₂ O		
					14,38		27,16		
40-95	7,7	7,0	1,32	0,13	15,50		22,00		

Tablica 14. Fizikalna svojstva, rezultati hidropedološke i kemijske analize tla s pokusne parcele

5.4.2. Rezultati analize tla u razdoblju istraživanja

Tijekom razdoblja istraživanja (2010./2012. god.) uzeti su prosječni uzorci tla s dubine 0-30 cm na svim varijantama navodnjavanja i gnojidbe dušikom. Tlo je uzorkovano u proljeće prije startne gnojidbe i u jesen nakon skidanja pokusa, odnosno prije osnovne gnojidbe. Sveukupno je uzorkovano 45 uzoraka tla s pokusne parcele. Rezultati izvršenih analiza tijekom istraživanja prikazani su u tablicama 15_{a,b,c}.

Rezultati mjerenja $pH_{(H_2O)}$ i $pH_{(KCl)}$ pokazuju da na svim razinama navodnjavanja kao i gnojidbe dušikom nije došlo do značajnije promjene reakcije tla u sve tri godine istraživanja (Tablice 15_{a,b,c}) promatrano u razdoblju između startne gnojidbe i osnovne gnojidbe dušikom.

Tablica 15_a. Rezultati analize uzoraka tla po varijantama istraživanja 2010. god.

Varijant a	pH				Humus		N (%)		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	H ₂ O		KCl		(%)				mg/100g			
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
A1B1	7,17	7,05	6,14	5,65	1,67	1,71	0,12	0,12	26,75	19,53	34,00	34,03
A1B2	7,99	7,38	7,35	6,10	1,59	1,95	0,14	0,14	24,10	20,88	36,60	34,50
A1B3	8,14	6,74	7,57	5,32	1,51	1,64	0,17	0,13	22,15	16,69	32,80	35,08
A2B1	7,13	7,46	6,26	5,99	1,53	1,79	0,11	0,14	25,30	22,67	34,50	34,77
A2B2	7,47	8,29	6,77	7,35	1,80	1,97	0,12	0,13	24,65	21,82	36,10	38,69
A2B3	7,00	7,42	6,34	6,10	1,50	1,69	0,17	0,13	25,55	22,18	31,50	35,16
A3B1	7,76	8,16	7,10	7,30	1,51	1,73	0,10	0,13	27,50	21,17	26,55	35,28
A3B2	7,49	7,61	6,42	6,24	1,68	1,88	0,13	0,14	23,00	24,77	34,00	35,76
A3B3	7,32	8,13	6,09	7,26	1,59	1,79	0,17	0,13	25,85	23,69	36,10	33,84

I = uzorci uzeti prije sjetve, II = uzorci uzeti nakon berbe kukuruza

Sadržaj ukupnog dušika u tlu (%) u prve dvije godine istraživanja blago je smanjen na svim varijantama navodnjavanja i gnojidbe dušikom dok u posljednjoj godini istraživanja nije došlo do značajnije promjene u razdoblju između startne i osnovne gnojidbe dušikom.

Tablica 15b. Rezultati analize uzoraka tla po varijantama istraživanja 2011. god.

Varijanta	pH				Humus		N (%)		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	H ₂ O		KCl		(%)				mg/100g			
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
A1B1	7,52	7,91	6,44	7,06	2,28	1,90	0,16	0,11	23,80	29,37	34,31	31,89
A1B2	8,10	6,83	7,32	5,82	1,88	1,97	0,16	0,11	21,00	26,95	31,30	30,26
A1B3	7,44	6,94	6,23	6,02	2,16	1,98	0,14	0,12	22,80	28,28	32,68	32,09
A2B1	8,02	7,57	7,12	6,58	2,05	2,03	0,15	0,12	23,37	30,06	34,53	31,43
A2B2	7,22	8,10	6,11	7,38	2,17	1,84	0,14	0,12	20,62	26,63	30,78	31,70
A2B3	7,12	7,17	5,86	6,19	2,36	2,08	0,15	0,11	20,89	27,96	33,19	33,04
A3B1	8,09	7,54	7,30	6,53	2,24	2,02	0,13	0,11	21,77	27,36	34,14	31,43
A3B2	7,79	8,11	6,70	7,37	2,17	1,91	0,14	0,11	19,29	25,62	33,96	19,52
A3B3	8,06	7,58	7,27	7,58	2,28	1,82	0,15	0,12	18,85	32,40	31,73	33,01

I = uzorci uzeti prije sjetve, II = uzorci uzeti nakon berbe kukuruza

Tablica 15c. Rezultati analize uzoraka tla po varijantama istraživanja 2012. god.

Varijanta	pH				Humus		N (%)		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	H ₂ O		KCl		(%)				mg/100g			
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
A1B1	6,67	7,12	5,74	5,86	1,81	2,12	0,11	0,10	22,59	28,19	35,01	35,70
A1B2	6,92	6,86	6,15	5,88	1,79	1,98	0,11	0,10	28,46	33,41	36,32	46,72
A1B3	6,36	6,20	5,41	5,20	1,90	1,72	0,12	0,12	21,31	23,83	33,87	44,62
A2B1	6,86	7,34	6,03	6,17	2,01	2,24	0,12	0,11	27,59	32,95	36,00	38,04
A2B2	7,69	8,04	7,19	7,25	2,08	2,07	0,11	0,11	29,88	39,55	36,14	42,00
A2B3	6,69	6,53	5,79	5,40	1,86	1,90	0,12	0,11	25,53	29,70	34,64	41,08
A3B1	7,83	8,12	7,28	7,29	1,77	2,14	0,12	0,11	27,50	33,55	31,79	38,78
A3B2	7,24	7,47	6,57	4,41	1,78	2,16	0,11	0,10	29,19	36,80	35,23	41,46
A3B3	7,86	8,15	7,33	7,30	1,82	1,98	0,12	0,11	37,58	34,56	32,00	34,78

I = uzorci uzeti prije sjetve, II = uzorci uzeti nakon berbe kukuruza

Povećanje sadržaja kalija na svim varijantama istraživanja izmjereno je u tlu nakon berbe kukuruza u 2012. god., za razliku od 2010. i 2011. god. kada nije uočena značajnija promjena u sadržaju kalija tijekom razdoblja vegetacije.

Nakon berbe kukuruza sadržaj ukupnog dušika u tlu ujednačen je u svim godinama istraživanja u rasponu od 0,12% do 0,14% (2010.), 0,10% do 0,12% (2011.) i 0,10% do 0,12% (2012.). Sadržaj fosfora (P_2O_5) u vlažnoj 2010. god. smanjen je na svim varijantama navodnjavanja i gnojidbe dušikom, za razliku od 2011. god. i 2012. god. kada je povećan.

5.5. Kakvoća vode za navodnjavanje

Uspješnost provedene agrotehničke mjere navodnjavanja većim dijelom ovisi i o kvaliteti vode koja je definirana njezinim određenim fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima. U tablici 16. prikazani su rezultati analize kakvoće vode iz zdenca koji je poslužio kao izvor vode za navodnjavanje.

Tablica 16. Kakvoća vode za navodnjavanje

Parametar	Simbol	Jedinica mjere	Uobičajena vrijednost	Izmjerena vrijednost
Reakcija Infiltracija	pH	1 - 14	6,0 - 8,5	7
Sodium adsorption ratio	SAR	me/l	0 - 15	11
Elektrovodljivost	ECw	dS/m	0 - 3	0,97
Hraniva				
Dušik	Nitratni	NO_3-N	mg/l	0 - 10
	Nitritni	NO_2-N	mg/l	0 - 10
	Amonijski	NH_4-N	mg/l	0 - 5
Fosfati		PO_4-P	mg/l	0 - 2
Kationi i anioni				
Sulfati		SO_4-S	me/l	0 - 20
Kloridi		Cl^-	me/l	0 - 30
Kalcij		Ca^{2+}	me/l	0 - 20
Magnezij		Mg^{2+}	me/l	0 - 5
Natrij		Na	me/l	0 - 40
Željezo		Fe	mg/l	0 - 5

Kemijska analiza uzorka vode za navodnjavanje ukazuje na kretanje ispitivanih parametara unutar graničnih vrijednosti te da nema opasnosti od toksičnosti pojedinih iona. Dobivena SAR vrijednost 11 me/l uz ECw od 0,97 dS/l prema vodiču za interpretaciju kvalitete

vode za navodnjavanje (FAO, 1985.) rezultati analize ukazuju da se voda za navodnjavanje može upotrebljavati uz slabo do umjereno ograničenje.

5.6. Analiza procjedne vode iz lizimetarskih posuda

Primjenom sve većih količina dušičnih gnojiva s ciljem postizanja što viših uroda javlja se problem onečišćenja podzemnih vodotokova uslijed ispiranja nitrata. Problem je izraženiji kada padne velika količina oborina ili kada se prekomjerno nestručno navodnjava. Poradi toga javlja se potreba za pravilnim provođenjem najvažnijih agrotehničkih mjera N gnojidbe i navodnjavanja kako bi se onečišćenje svelo na najmanju moguću razinu, povećalo iskorištenje hraniva i postigli visoki urodi. U tu svrhu poslužili su Ebermayerovi lizimetri, odnosno analiza procjedne vode u pogledu koncentracije nitrata ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$). Koncentracije nitrata u procjednoj vodi tijekom 2010. god. kretale su se od 19,39 $\text{mg NO}_3^-/\text{l}$ na varijanti A1B1 do 86,69 $\text{mg NO}_3^-/\text{l}$ na varijanti A3B3 u svibnju. Širok raspon koncentracije nitrata u procjednoj vodi rezultat je različitih doza dušičnih gnojiva, količine procjedne vode, obroka navodnjavanja, oborine odnosno usvojenoj količini nitrata od strane biljaka. Tako su najizraženije razlike u koncentraciji nitrata u procjednoj vodi 2010. god. zabilježene u svibnju (grafikon 9.) neposredno nakon velike količine oborine (tablica 17.). U istom razdoblju izmjerena je i najveća količina procjedne vode u 2010. god.

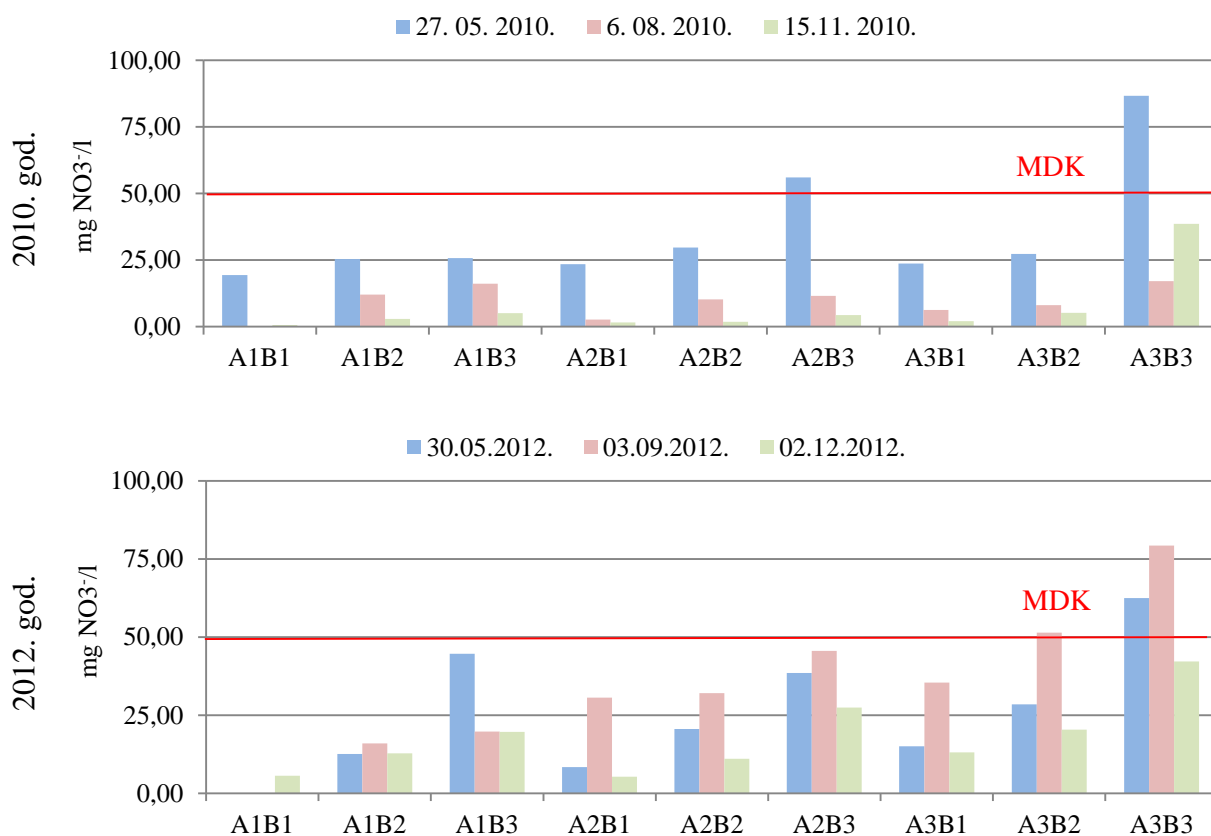
Tablica 17. Mjesečna i godišnja količina ispranih nitrata (kg ha^{-1}) po varijantama istraživanja 2010. i 2012. god.

A	B	2010. god. ($\text{kg NO}_3^-/\text{ha}$)				2012. god. ($\text{kg NO}_3^-/\text{ha}$)			
		27. 05.	6. 08.	15. 11.	Σ	30.05.	03.09.	02.12.	Σ
1	1	3,03	0,00	0,09	3,12	0,00	0,00	0,82	0,82
1	2	3,50	1,69	0,45	5,64	0,28	0,05	0,64	0,97
1	3	3,50	2,57	0,79	6,86	8,05	0,06	0,74	8,85
2	1	3,50	0,07	0,24	3,81	0,37	0,10	0,65	1,11
2	2	3,50	0,87	0,29	4,66	3,15	0,10	0,01	3,26
2	3	3,50	1,04	0,67	5,21	6,73	0,14	3,66	10,53
3	1	3,50	0,81	0,32	4,63	2,29	0,11	2,21	4,61
3	2	3,50	1,79	0,80	6,10	2,33	0,16	1,01	3,50
3	3	3,50	5,36	6,03	14,89	6,82	0,25	5,14	12,21

A1=suho ratarenje; A2=60-100% PVK; A3=80 -100% PVK, B1=0 kg N ha^{-1} ; B2=100 kg N ha^{-1} ; B3=200 kg N ha^{-1}

Prekoračenja maksimalno dozvoljene količine nitrata u vodi za piće (MDK=50 $\text{mg NO}_3^-/\text{l}$, prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (N.N., 182/04)), zamijećena

su na varijantama gnojidbe s maksimalnom količinom dušičnih gnojiva 200 kg N ha^{-1} (B3) i najvećom količinom vode dodane navodnjavanjem (A3 $86,69 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$), odnosno $56 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ na A2B3 varijanti u mjesecu svibnju kako je vidljivo iz grafikona 9. Drugo uzorkovanje procjedne vode u kolovozu nije pokazalo prekoračenje MDK nitrata u procjednoj vodi (grafikon 9.), a vrijednosti su se kretale od $2,69 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ na varijanti A2B3 do $17,06 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ na varijanti A3B3. Koncentracije nitrata u trećem uzorkovanju procjedne vode u studenom kretale su se od $0,60 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ na A1B1 varijanti do $38,64 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ na A3B3 varijanti. Koncentracije nitrata u procjednoj vodi tijekom svibnja 2012. god. kretale su se od $8,40 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ na A2B1 varijanti do $62,47 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ na A3B3 varijanti. Prekoračenja MDK u vodi za piće zamijećena je na varijanti navodnjavanja na kojoj je sadržaj vode u tlu održavan na najvišoj razini (A3) i varijanti gnojidbe sa najvećom količinom dušičnih gnojiva (B3) (grafikon 9.). Koncentracije nitrata u procjednoj vodi u mjesecu rujnu kretale su se od $15,98 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ na A1B2 varijanti do $79,28 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ na A3B3 varijanti. Prekoračenja MDK zamijećena su na varijanti navodnjavanja na kojoj je sadržaj vode u tlu održavan na najvišoj razini (A3) i varijanti gnojidbe sa najvećom količinom dušičnih gnojiva (B3) (grafikon 9.).



Grafikon 9. Koncentracija nitrata u procjednoj vodi u razdoblju od 2010. god. do 2012. god.

Koncentracija nitrata u procjednoj vodi u prosincu kretala se od 5,58 mg NO₃⁻/l na A1B1 varijanti do 24,20 mg NO₃⁻/l na A3B3 varijanti. Analize procjedne vode u prosincu 2012. god. nisu pokazale prekoračenje MDK nitrata. Rezultati analize koncentracija nitrata u procjednoj vodi uzorkovanoj iz Ebermayerovih lizimetarskih posuda ukazuju na povećanje koncentracije nitrata u uvjetima povećane količine dodanih dušičnih gnojiva kao i povećanjem količine vode dodane navodnjavanjem. Povećanje količine dušičnih gnojiva (100 do 200 kg N ha⁻¹) imalo je za posljedicu očekivano povećanje koncentracije nitrata u procjednoj vodi. Značajno veće koncentracije nitrata zabilježene su na B3 varijantama gnojidbe. Gnojidba kukuruza sa 200 kg N ha⁻¹ (B3) u uvjetima navodnjavanja, A2B3 i A3B3 varijanta rezultirala je ispiranjem nitrata u granicama koje premašuju MDK u vodi za piće u vlažnoj 2010. god. dok u sušnoj 2012. god. izmjerene koncentracije premašuju MDK samo na A3B3 varijanti. Mjesečna i ukupna godišnja količina ispranih nitrata izračunata je prema količini procjedne vode po varijantama istraživanja, a prikazana je u tablici 17. Godišnje ispiranje nitrata iz sjetvenog sloja u ekstremno kišnoj 2010. god. kretalo se od 3,12 kg NO₃⁻/ha⁻¹ na varijanti bez N gnojidbe (A1B1) do 14,89 kg ha⁻¹ na najjače gnojenoj varijanti (A3B3) gdje je sadržaj vode u tlu održavan na razini od 80 do 100% PVK. Godišnje ispiranje nitrata u 2012. god. kretalo se od 0,82 kg NO₃⁻/ha na varijanti bez prihrane (A1B1) do 12,21 kg NO₃⁻/ha na najjače gnojenoj varijanti (A3B3) gdje je sadržaj vode u tlu održavan na razini od 80 do 100% PVK. Tijekom istraživanja potvrđena je korist primjene lizimetara za pravilno izvođenje dvije najvažnije agrotehničke mjere, gnojidbe dušikom i navodnjavanja. Rezultati pokazuju kako pored količine dodanog N gnojiva, količine i rasporeda oborina, količina procjedne vode kao i ispranih nitrata ovisit će o količini dodane vode (norme) navodnjavanjem. Dakle, kako bi se umanjila mogućnost ispiranja nitrata, gubitka hraniva i onečišćenje podzemnih voda potrebno je pravilno izvesti gnojidbu dušikom posebice u uvjetima navodnjavanja. U prilog tomu govore rezultati višegodišnjeg istraživanja (2000. – 2009.) *Petošića i Mustaća* (2010.) koji navode kolebanja u količini procjedne vode i ispranog dušika. Autori na osnovu rezultata upozoravaju kako upravo poljoprivredne aktivnosti predstavljaju potencijalnu opasnost u pravcu jačeg onečišćenja podzemnih voda dušikom. Količina procjedne vode i ispranog dušika kretale su se u rasponu od 4,10 kg N ha⁻¹ (lucerna) do 63 kg N ha⁻¹ (kukuruz), a ovisila je o uzgajanoj kulturi i količini oborine (*Petošić i sur., 2011.*). Svakako je bitno napomenuti da cjelokupna količina nitrata koja je izmjerena u procjednoj vodi ne završi u podzemnoj vodi jer je korijen kukuruza dublji od 80 cm, odnosno dubine postavljanja lizimetarskih posuda.

6. REZULTATI

6.1. Urod zrna

Utjecaj navodnjavanja na urod zrna 2010. god. bio je specifičan jer je održavanje sadržaja vode u tlu na razini od 80 do 100% PVK rezultiralo statistički vrlo značajno nižim urodom zrna u odnosu na kontrolu i to za 7% (8,59 prema 9,24 t ha⁻¹). U preostale dvije godine istraživanja navodnjavanjem je povećan urod zrna kukuruza do 25% (2011. god.), odnosno do 39% (2012. god.) pri čemu su veće razlike ostvarene na varijanti u kojoj je sadržaj vode u tlu održavan na najvišoj razini (A3). Na varijanti navodnjavanja na kojoj je sadržaj vode u tlu održavan na razini od 60 do 100% PVK urodi su povećani za 18% u 2011. god., odnosno za 23% u 2012. god. (tablica 18).

Gnojidba dušikom (B) u sve tri godine istraživanja imala je vrlo značajan učinak na urod zrna kukuruza. Tako je primjenom manje količine dušika (B2) urod povećan za 48% (2010. god.: 8,84 prema 5,99 t ha⁻¹), 52% (2011. god.: 9,29 prema 6,10 t ha⁻¹), odnosno za 11% (2012. god.: 9,08 prema 8,11 t ha⁻¹). Povećanjem količine gnojidbom dodanog dušika (B3) urodi zrna kukuruza dodatno su povećani u sve tri godine istraživanja u odnosu na nižu razinu gnojidbe (B2) i to 37% (2010. god.), 10% (2011. god.) odnosno za 6% (2012. god.). Povećanje uroda zrna kukuruza primjenom 200 kg N ha⁻¹ (B3) u odnosu na kontrolu (B1) iznosilo je 102% (2010. god.), 68% (2011. god.), odnosno 18% (2012. god.).

Učinak hibrida (C) na urod zrna kukuruza bio je vrlo značajan u sve tri godine istraživanja. Najizraženiji učinak hibrida na urod bio je u 2010. god. jer je hibrid s najvećim ostvarenim urodom od 10,55 t ha⁻¹ (C3) imao za 38% veći urod od hibrida C4 (7,62 t ha⁻¹). Međutim, u preostale dvije godine analognom je usporedbom razlike uroda bilo, premda statistički vrlo značajno mnogo manja razlika u odnosu na 2010. god. (4% u 2011. god., odnosno 12% u 2012. god.).

Rasponi uroda kod interakcije AB (navodnjavanje x gnojidba) bili su u 2010. god. od 5,95 t ha⁻¹ (A1B1) do 12,48 t ha⁻¹ (A2B3), u 2011. god. od 5,41 t ha⁻¹ (A1B1) do 11,13 t ha⁻¹, a u 2012. god. od 6,40 t ha⁻¹ (A1B1) do 10,89 t ha⁻¹ (A3B3). U 2010. god. urod je smanjen sa tretmanima gnojidbe dušikom u interakciji sa navodnjavanjem. Tako je u interakciji A3B2 urod značajno smanjen za 9% u odnosu na interakciju A1B2, a za 6% u odnosu na interakciju A3B3. Za razliku od 2010. god., u 2011. god. interakcija AB imala je pozitivan učinak na urod kukuruza. Tako je u interakciji A3B2 urod povećan za 28% u odnosu na tretman A1B2, dok je

u interakciji A3B3 urod povećan za 26% u odnosu na A1B3. U 2012. god. razlike uroda u AB interakciji nisu bile statistički značajne (tablica 18.).



Slika 30. Razlike u porastu kukuruza po varijantama navodnjavanja i gnojidbe 2010. god.

Rasponi uroda kod interakcije AC (navodnjavanje x hibrid) bili su u 2010. god. od 7,50 t ha⁻¹ (A1C4) do 10,50 t ha⁻¹ (A2C3), u 2011. god. od 7,27 t ha⁻¹ (A1C1) do 9,47 t ha⁻¹ (A3C4), a u 2012. god. od 6,70 t ha⁻¹ (A1C1) do 10,44 t ha⁻¹ (A3C2). Povećavanjem količine vode dodane navodnjavanjem na A2 varijanti urodi zrna kukuruza su rasli za 9,14% (A2C1), odnosno za 0,27% (A2C4). Istovremeno urod je smanjivan za 6,5% (A2C2) i 5,75% (A2C3) u 2010. god. Daljnjim povećanjem dodane vode (A3) urodi zrna kukuruza su u odnosu na manju razinu navodnjavanja (A2) padali i to za 11,53% (A3C1), 9,51% (A3C2) odnosno 4,67% (A3C3). Jedino povećanje uroda zabilježeno je kod interakcije A3C4 i to za 4,12%. U preostale dvije godine istraživanja urodi zrna kukuruza rasli su održavanjem sadržaja vode u tlu na A2 varijanti i to na interakcijama A2C1 za 21,18%, A2C2 za 21,75%, A2C3 za 19,30% i A2C4 za 10,57% u 2010. god.

Tablica 18. Učinak navodnjavanja (A)*, gnojidbe dušikom (B)* i genotipa (C)* na urod zrna kukuruza (2010.-2012. god.)

A	B1 (0 kg N ha ⁻¹)				B2 (100 kg N ha ⁻¹)				B3 (200 kg N ha ⁻¹)			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
2010. god.												
A1	5,23	5,49	6,92	5,69	8,41	10,13	11,52	7,04	11,62	13,60	15,01	9,76
A2	6,28	6,12	6,56	5,19	8,32	8,90	10,22	7,89	12,98	12,74	14,72	9,45
A3	5,65	6,42	6,18	5,71	7,62	9,06	9,70	7,31	11,12	9,63	14,15	10,53
\bar{X}_{BC}	5,72	6,01	6,55	5,53	8,12	9,37	10,48	7,41	11,91	11,99	14,63	13,17
Interakcija AB				Interakcija AC				Prosjeak				
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	5,95	9,27	12,11		8,42	9,89	11,14	7,50	9,24			
A2	6,04	8,83	12,48		9,19	9,25	10,50	7,52	9,17			
A3	5,99	8,42	11,35		8,13	8,37	10,01	7,83	8,59			
\bar{X}_B	5,99	8,84	12,11	\bar{X}_C	8,58	9,17	10,55	7,62				
Analiza varijance		A	B	C	AB	AC	BC	ABC				
LSD 5%		0,25	0,31	0,18	0,60	0,36	n.s.	0,88				
LSD 1%		0,33	0,41	0,26	0,84	0,52	n.s.	0,62				
F test		14,74**	738,97**	351,75**	3,31*	20,06**	n.s.	14,03**				
2011. god.												
A1	5,20	5,78	5,49	5,38	8,35	8,22	8,03	7,99	8,26	8,13	9,67	9,34
A2	5,79	6,48	6,35	6,83	9,90	9,63	9,38	8,47	10,74	10,59	11,90	9,83
A3	7,07	5,48	5,61	7,98	9,29	11,38	10,91	9,96	11,04	11,46	11,53	10,48
\bar{X}_{BC}	6,02	5,85	5,82	6,73	9,18	9,74	9,43	8,81	10,2	10,06	10,03	9,88
Interakcija AB				Interakcija AC				Prosjeak				
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	5,41	8,14	8,85		7,27	7,31	7,72	7,57	7,47			
A2	6,36	9,34	10,76		8,81	8,90	9,21	8,37	8,82			
A3	6,56	10,39	11,13		9,13	9,44	9,35	9,47	9,35			
\bar{X}_B	6,10	9,29	10,25	\bar{X}_C	8,40	8,55	8,76	8,47				
Analiza varijance		A	B	C	AB	AC	BC	ABC				
LSD 5%		0,24	0,33	0,17	0,63	0,34	0,34	0,82				
LSD 1%		0,32	0,43	0,24	0,89	0,49	0,49	1,51				
F test		122,30**	333,31**	6,39**	3,49*	5,24**	24,49**	17,22**				
2012. god.												
A1	6,12	5,64	6,73	7,10	6,64	7,51	7,90	8,26	7,34	7,61	9,30	8,34
A2	7,84	8,60	8,40	8,88	7,87	9,13	9,82	9,44	8,91	9,10	10,30	10,17
A3	8,95	9,58	9,75	9,69	9,65	10,67	10,64	10,90	11,10	11,07	10,67	10,71
\bar{X}_{BC}	7,63	7,94	8,29	8,56	8,05	9,10	9,45	9,53	9,12	9,26	10,09	9,74
Interakcija AB				Interakcija AC				Prosjeak				
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	6,40	7,57	8,15		6,70	6,92	7,97	7,90	7,37			
A2	8,43	9,07	9,62		8,21	8,94	9,51	9,51	9,04			
A3	9,49	10,46	10,89		9,90	10,44	10,35	10,35	10,28			
\bar{X}_B	8,11	9,04	9,55	\bar{X}_C	8,27	9,28	9,28	8,90				
Analiza varijance		A	B	C	AB	AC	BC	ABC				
LSD 5%		0,53	0,30	0,16	n.s.	0,31	0,31	0,76				
LSD 1%		0,70	0,40	0,22	n.s.	0,45	0,45	1,39				
F test		57,87**	44,63**	75,02**	n.s.	9,30**	6,64**	5,16**				

A1=suho ratarenje; A2=60-100% PVK; A3=80-100% PVK.; B1=0 kg N ha⁻¹; B2=100 kg N ha⁻¹; B3=200 kg N ha⁻¹; C1=OSSK596; C2=OSSK617; C=OSSK602; C4=OSSK552; AB=navodnjavanje x gnojidba; BC=gnojidba x hibrid; AC=navodnjavanje x hibrid; ABC=navodnjavanje x gnojidba x hibrid; p= P<0,05; **=P<0,01

U 2011. god. povećanje uroda na A2C1 interakciji bilo je za 22,54%, 29,19% na A2C2, 19,32% na A2C3 i 20,38% na A2C4. Daljnjim povećanjem dodane vode na A3 varijanti navodnjavanja urodi zrna kukuruza su odnosu na A2 varijantu i dalje rasli i to za 3,63% na interakciji A3C1, 6,07% A3C2, 1,52% A3C3 i 13,14% A3C4 u 2011. god., odnosno za 20,58% na interakciji A3C1, 16,78% A3C2, 8,83% A3C3 i A4C4 u 2012. god. (tablica 18.).

Rasponi uroda kod interakcije BC (gnojidba dušikom x hibrid) bili su u 2010. god. od 5,53 t ha⁻¹ (B1C4) do 14,63 t ha⁻¹ (B3C3), u 2011. god. od 5,82 t ha⁻¹ (B1C3) do 10,06 t ha⁻¹ (B3C4), a u 2012. god. od 7,63 t ha⁻¹ (B1C1) do 10,09 t ha⁻¹ (B3C3). Primjenom 100 kg N ha⁻¹ (B1) urodi zrna kukuruza su povećani na interakciji B2C1 i to za 52,49%, 66,50% B2C2, 62,03% B3C3 i 30,91% B4C4 u 2011. god., odnosno za 5,50% B1C1, 14,61% B2C2, 13,99% B2C3 i 11,33% B2C4 u 2012. god. Daljnjim povećanjem dodanog dušika (B3) urodi su rasli u odnosu na B2 varijantu gnojidbe i to za 11,11% B3C1, 3,29% B3C2, 6,36% B3C3 i 12,15% B3C4 u 2011. god., odnosno za 13,29% B3C1, 1,76% B3C2, 6,77% BC3 i 2,20% B3C4 u 2012. god. U 2010. god. razlike uroda u BC interakciji nisu bile značajne u 2010. god. (tablica 18.).

6.2. Sadržaj proteina u zrnu kukuruza

Sadržaj proteina u zrnu kukuruza smanjivao se povećavanjem sadržaja vode u tlu u sve tri godine istraživanja. Održavanje sadržaja vode u tlu na razini od 60 do 100% PVK statistički je vrlo značajno snizilo sadržaj proteina u zrnu kukuruza u 2010. i 2012. god. u odnosu na kontrolu i to za 0,19% (2010. god.: 7,55% prema 7,74%, 2012. god: 10,26% prema 9,92%).

Održavanje sadržaja vode u tlu na najvišoj razini od 80 do 100% PVK statistički je vrlo značajno snizilo sadržaj proteina u zrna u odnosu na kontrolu i to za 0,35% (7,39% prema 7,74%) u 2010. god., odnosno za 0,44% (9,82% prema 10,26%) u 2012. god. (tablica 19.).

Gnojidba dušikom (B) u sve tri godine istraživanja imala je vrlo značajan učinak na sadržaj proteina u zrnu kukuruza (tablica 19.). Tako je primjenom manje količine dušika (B2) sadržaj proteina povećan za 0,15% (2010. god.: 7,52% prema 7,37%), 0,47% (2011. god.: 8,13% prema 7,66%), odnosno za 0,32% (2012. god.: 9,98% prema 9,66%). Povećanjem količine gnojidbom dodanog dušika (B3) sadržaji proteina u zrnu kukuruza dodatno su povećani u sve tri godine istraživanja u odnosu na nižu razinu gnojidbe (B2) za 0,32%.

Povećanje sadržaja proteina u zrnu kukuruza primjenom 200 kg N ha⁻¹ (B3) u odnosu na kontrolu (B1) iznosilo je 0,42% (2010. god.), 0,79% (2011. god.), odnosno 0,69% (2012. god.).

Učinak hibrida (C) na sadržaj proteina u zrnu kukuruza bio je vrlo značajan u 2010. i 2012. godini istraživanja (tablica 19.), premda su razlike u sadržaju male i kreću se od 7,41% (C4) do 7,68% (C3) u 2010. god., odnosno od 9,62% (C2) do 10,33% (C1) u 2012. god.

Rasponi sadržaja proteina u zrnu kukuruza kod interakcije AB (navodnjavanje x gnojidba dušikom) bili su u 2010. god. od 7,23% (A3B1) do 7,92% (A1B3), u 2011. god. od 7,45% (A2B1) do 8,62% (A2B3), a u 2012. god. od 9,36% (A2B1) do 10,48 % (A1B3) (Tablica). U 2010. god. sadržaj proteina u zrnu kukuruza je smanjen sa tretmanima gnojidbe dušikom u interakciji sa navodnjavanjem. Tako je u interakciji A3B2 sadržaj proteina značajno smanjen za 0,30% u odnosu na interakciju A1B2, a na interakciji A3B3 za 0,35% u odnosu na interakciju A1B3. Za razliku od 2010. god., u 2011. god. interakcija AB imala je različit učinak na sadržaj proteina u zrnu kukuruza. Tako je u interakciji A2B2 sadržaj proteina povećan za 0,26% u odnosu na A1B2 varijantu, odnosno za 0,43% na A2B3 interakciji u odnosu na A1B3 (tablica 19.).

Daljnijim povećanjem količine vode sadržaj proteina u zrnu kukuruza je smanjivan i to za 0,63% na interakciji A3B2 u odnosu na A2B2, a za 0,08% na interakciji A3B3 u odnosu na A2B3. Za razliku od 2011. god. sadržaj proteina u zrnu kukuruza smanjivan je na svim razinama tretmana navodnjavanja i gnojidbe dušikom. Tako je sadržaj proteina na A2B2 interakciji smanjen za 0,23% u odnosu na A1B2 interakciju, odnosno za 0,13% na interakciji A2B3 u odnosu na interakciju A1B3. Povećavanjem razine vode (A3) sadržaj proteina u zrnu kukuruza je smanjivan prema A2 varijanti i to za 0,38% na interakciji A3B2 i 0,12% na interakciji A3B3.

Rasponi sadržaja proteina u zrnu kukuruza kod interakcije AC (navodnjavanje x hibrid) bili su u 2010. god. od 7,27% (A3C4) do 7,91% (A3C4), u 2011. god. od 7,93% (A1C1) do 8,38% (A2C1), a u 2012. god. od 9,50% (A3C2) do 10,67% (A1C1). Povećavanjem količine dodane vode na A2 varijanti sadržaj proteina u zrnu kukuruza u 2010. god. je smanjen i to za 0,16% na interakciji A2C1, 0,35% A2C2, odnosno za 0,29% A2C3. Nadalje, povećanjem dodane količine vode (A3) u odnosu na A2 varijantu sadržaj proteina u zrnu je smanjen i to na interakciji A3C1 za 0,22%, 0,07% A3C2, 0,1% A3C3 odnosno za 0,22% A3C4.

Tablica 19. Učinak navodnjavanja (A)*, gnojidbe dušikom (B)* i genotipa (C)* na sadržaj proteina u zrnu kukuruza (2010.-2012. god.)

A	B1 (0 kg N ha ⁻¹)				B2 (100 kg N ha ⁻¹)				B3 (200 kg N ha ⁻¹)			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
2010. god.												
A1	7,65	7,75	7,73	7,22	7,65	7,67	7,97	7,50	8,07	7,87	8,02	7,73
A2	7,45	7,23	7,37	7,07	7,58	7,43	7,55	7,53	7,87	7,67	7,95	7,87
A3	7,30	7,27	7,38	6,98	7,28	7,32	7,55	7,12	7,63	7,53	7,62	7,70
\bar{X}_{BC}	7,47	7,41	7,49	7,09	7,51	7,51	7,69	7,38	7,86	7,69	7,86	7,77
Interakcija AB					Interakcija AC					Prosjek		
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	7,59	7,72	7,92		7,79	7,79	7,91	7,48	7,74			
A2	7,28	7,53	7,84		7,63	7,44	7,62	7,49	7,55			
A3	7,23	7,32	7,62		7,41	7,37	7,52	7,27	7,39			
\bar{X}_B	7,37	7,52	7,79		\bar{X}_C	7,61	7,54	7,68	7,41			
Analiza varijance		A	B	C	AB	AC	BC	ABC				
LSD 5%		0,11	0,10	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				
LSD 1%		0,14	0,13	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				
F test		21,70**	32,55**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				
2011. god.												
A1	7,72	7,80	7,67	7,83	8,15	8,23	8,22	8,08	7,93	8,40	8,23	8,20
A2	7,48	7,33	7,63	7,33	8,85	8,17	8,45	8,25	8,82	8,47	8,52	8,68
A3	7,70	7,85	8,02	7,58	7,60	8,00	7,90	7,68	8,62	8,53	8,38	8,62
\bar{X}_{BC}	7,63	7,66	7,77	7,58	8,20	8,13	8,19	8,01	8,46	8,47	8,38	8,50
Interakcija AB					Interakcija AC					Prosjek		
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	7,75	8,17	8,19		7,93	8,14	8,04	8,04	8,04			
A2	7,45	8,43	8,62		8,38	7,99	8,20	8,09	8,17			
A3	7,79	7,80	8,54		7,98	8,13	8,10	7,96	8,04			
\bar{X}_B	7,66	8,13	8,45		\bar{X}_C	8,10	8,09	8,13	8,03			
Analiza varijance		A	B	C	AB	AC	BC	ABC				
LSD 5%		n.s.	0,20	n.s.	0,38	n.s.	n.s.	n.s.				
LSD 1%		n.s.	0,26	n.s.	0,53	n.s.	n.s.	n.s.				
F test		n.s.	31,33**	n.s.	33,33**	n.s.	n.s.	n.s.				
2012. god.												
A1	10,23	9,62	9,98	10,29	10,61	9,64	10,20	10,60	11,18	9,85	10,29	10,59
A2	9,60	9,01	9,32	9,51	10,42	9,85	9,91	9,94	10,43	10,12	10,29	10,57
A3	9,99	9,35	9,50	9,55	9,95	9,28	9,62	9,74	10,56	9,88	10,07	10,40
\bar{X}_{BC}	9,94	9,33	9,60	9,78	10,33	9,59	9,91	10,09	10,72	9,95	10,22	10,52
Interakcija AB					Interakcija AC					Prosjek		
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	10,03	10,26	10,48		10,67	9,70	10,16	10,49	10,26			
A2	9,36	10,03	10,35		10,15	9,66	9,84	10,01	9,92			
A3	9,60	9,65	10,23		10,17	9,50	9,73	9,89	9,82			
\bar{X}_B	9,66	9,98	10,35		\bar{X}_C	10,33	9,62	9,91	10,13			
Analiza varijance		A	B	C	AB	AC	BC	ABC				
LSD 5%		0,30	0,23	0,17	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				
LSD 1%		0,39	0,31	0,23	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				
F test		20,48**	62,85**	32,78**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				
A1=suho ratarenje; A2=60-100% PVK; A3=80-100% PVK, B1=0 kg N ha ⁻¹ ; B2=100 kg N ha ⁻¹ ; B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=OSSK596; C2=OSSK617; C=OSSK602; C4=OSSK552; AB=navodnjavanje x gnojidba; BC=gnojidba x hibrid; AC= navodnjavanje x hibrid; ABC=navodnjavanje x gnojidba x hibrid; p= P≤0,05; **=P≤0,01												

U preostale dvije godine istraživanja sadržaj proteina u zrnu kukuruza je smanjivan održavanjem sadržaja vode u tlu na A2 varijanti i to za 0,45% na A2C1 interakciji, 0,15% A2C2, u 2011. god., odnosno za 0,15% A2C1, 0,04% A2C2, 0,32% A2C3 i 0,48% A2C4 u 2012. god. Daljnjim povećanjem količine vode na A3 varijanti navodnjavanja sadržaj proteina u zrnu kukuruza je u odnosu na A2 varijantu i dalje smanjivan i to na interakciji A3C1 za 20,58%, 0,1% A3C3 i 0,13% A3C4 u 2011. god. odnosno za 0,11% A3C2, 0,11% A3C3 i 0,21% A3C4 u 2012. god.

Rasponi sadržaja proteina u zrnu kukuruza kod interakcije BC (gnojidba dušikom x hibrid) bili su u 2010. god. od 7,09% (B1C4) do 7,86% (B3C4), u 2011. god. od 7,58% (B1C4) do 8,50% (B3C4), a u 2012. god. od 9,33% (B1C2) do 10,72% (B3C1). Interakcija BC povećala je sadržaj proteina u zrnu kukuruza i to za 0,57% na interakciji B2C1, 0,47% B2C2, 0,42% B2C3 0,431% B2C4 u 2011. god., odnosno za 0,39% (C1), 0,26% (C2), 0,31% (C3) i 0,31% (C4) u 2012. god. Daljnjim povećanjem dodanog dušika (B3) sadržaj proteina u zrnu je rastao u odnosu na B2 varijantu gnojidbe i to za 0,26% (C1), 0,34% (C2), 0,19% (C3) i 0,49% (C4) u 2011. god., odnosno za 0,39% (C1), 0,36% (C2), 0,31% (C3) i 0,43% (C4) u 2012. god. U 2010. god. razlike uroda u BC interakciji nisu bile statistički značajne.

6.3. Sadržaj škroba u zrnu kukuruza

Sadržaj škroba u zrnu kukuruza rastao je povećavanjem sadržaja vode u tlu u 2010. i 2012. god., dok su u 2011. god. razlike neznatne. Održavanje sadržaja vode u tlu na razini od 60 do 100% PVK statistički je vrlo značajno povećalo sadržaj škroba u zrnu u odnosu na kontrolu i to za 1,20% (73,67% prema 72,80%) u 2010. god., odnosno 0,45% (76,07% prema 75,73%) u 2012. god. Održavanje sadržaja vode u tlu na najvišoj razini od 80 do 100% PVK statistički je vrlo značajno povećalo sadržaj škroba u zrnu kukuruza u odnosu na kontrolu i to za 1% (73,81% prema 72,80%) u 2010. god., odnosno za 1,3% (77,05% prema 75,73%) u 2012. god. U 2011. god. variranja sadržaja škroba bila su neznatna i bez statističke značajnosti na obje razine navodnjavanja (tablica 20.).

Gnojidba dušikom (B) imala je vrlo značajan učinak na sadržaj škroba (tablica 20.) samo u 2011. god. Tako je primjenom manje količine dušika (B2) sadržaj škroba smanjen za 0,3% (73,19% prema 73,45%) u 2011. god. Povećanjem količine gnojidbom dodanog dušika (B3) sadržaj škroba u zrnu kukuruza dodatno je smanjivan u odnosu na nižu razinu gnojidbe (B2) za 0,4%. Smanjenje sadržaja škroba u zrnu kukuruza primjenom 200 kg N ha⁻¹ (B3) u

odnosu na kontrolu (B1) iznosilo je 0,1% (2010. god.), 0,8% (2011. god.), odnosno 0,4% (2012. god.).

Učinak hibrida (C) na sadržaj škroba u zrnu kukuruza (Tablica 20) bio je statistički vrlo značajan u sve tri godine istraživanja. Najveći sadržaj škroba u zrnu kukuruza 2010. god. zabilježen je kod C4 hibrida (73,61%) u 2010. god. i (73,44%) 2011. god. Najveći sadržaj škroba u 2012. god. zabilježen je kod C2 hibrida (76,89%).

Rasponi sadržaja škroba u zrnu kukuruza kod interakcije AB (navodnjavanje x gnojidba dušikom) bili su u 2010. god. od 72,54% (A1B1) do 73,24% (A3B1), u 2011. god. od 73,03% (A1B2) do 73,59% (A2B1), a u 2012. god. od 74,88% (A2B1) do 77,66% (A3B1) (tablica 20.). U 2011. god. sadržaj škroba u zrnu kukuruza je smanjen sa tretmanima gnojidbe dušikom u interakciji sa navodnjavanjem. Tako je u interakciji A2B2 sadržaj škroba značajno smanjen za 0,12% u odnosu na interakciju A1B2, a na interakciji A3B2 sadržaj škroba je značajno rastao za 0,58% u odnosu na interakciju A2B2.

Za razliku od 2011. god., u 2012. god. interakcija AB imala je pozitivan učinak na sadržaj škroba u zrnu kukuruza na svim interakcijama. Tako je u interakciji A2B2 sadržaj škroba povećan za 1,8% u odnosu na A1B2 varijantu, odnosno za 0,43% na A2B3.

Daljnjim povećanjem norme navodnjavanja sadržaj škroba u zrnu kukuruza je rastao i to za 0,92% na interakciji A3B2 u odnosu na A1B2, a za 1,49% na interakciji A3B3 u odnosu na A1B3. Interakcija AB u 2010. god. nije bila statistički značajna.

Rasponi sadržaja škroba u zrnu kukuruza kod interakcije AC (navodnjavanje x hibrid) bili su u 2010. god. od 72,11% (A1C3) do 73,66% (A3C4), u 2011. god. od 72,80% (A2C1) do 73,51% (A3C4), a u 2012. god. od 75,03% (A2C4) do 78,05% (A3C2), premda rasponi nisu bili statistički značajni.

Rasponi sadržaja škroba u zrnu kukuruza kod interakcije BC (gnojidba dušikom x hibrid) bili su u 2010. god. od 72,28% (B1C3) do 73,63% (B2C4), u 2011. god. od 72,66% (B3C1) do 73,68% (B1C4), a u 2012. god. od 75,02% (B2C4) do 76,87% (B1C2), premda rasponi nisu bili statistički značajni.

Tablica 20. Učinak navodnjavanja (A)*, gnojidbe dušikom (B)* i genotipa (C)* na sadržaj škroba u zrnu kukuruza (2010.-2012. god.)

A	B1 (0 kg N ha ⁻¹)				B2 (100 kg N ha ⁻¹)				B3 (200 kg N ha ⁻¹)									
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4						
2010. god.																		
A1	72,53	72,60	71,23	73,80	73,03	72,87	72,88	73,38	72,63	73,17	72,23	73,28						
A2	73,08	73,30	72,95	73,87	72,60	73,05	72,72	73,70	72,80	73,25	72,88	73,43						
A3	73,33	73,17	72,68	73,77	73,03	73,10	72,60	73,80	72,57	72,87	72,68	73,42						
\bar{X}_{BC}	72,98	73,02	72,28	73,81	72,89	73,01	72,73	73,63	72,67	73,09	72,60	73,38						
Interakcija AB					Interakcija AC					Prosjek								
	B1			B2		B3			C1		C2		C3		C4		A	
A1	72,54			73,04		72,83			72,73		72,83		72,11		73,49		72,80	
A2	73,30			73,02		73,09			73,14		72,83		73,20		72,85		73,67	
A3	73,24			73,13		72,88			72,98		73,04		72,66		73,66		73,81	
\bar{X}_B	73,03			73,06		72,94			\bar{X}_C 72,85		73,04		72,54		73,61			
Analiza varijance			A		B		C		AB		AC		BC		ABC			
LSD 5%			0,09		n.s.		0,18		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.			
LSD 1%			0,12		n.s.		0,24		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.			
F test			27,83**		n.s.		55,08**		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.			
2011. god.																		
A1	73,52	73,55	73,25	73,55	72,88	73,10	72,82	73,48	73,00	73,18	73,12	73,45						
A2	73,65	73,62	73,40	73,70	72,35	73,10	72,95	73,40	72,40	72,94	72,53	72,88						
A3	73,52	73,30	72,58	73,78	73,57	73,28	73,47	73,82	72,57	72,80	72,80	72,93						
\bar{X}_{BC}	73,56	73,49	73,08	73,68	72,93	73,16	73,08	73,57	72,66	72,97	72,82	73,06						
Interakcija AB					Interakcija AC					Prosjek								
	B1			B2		B3			C1		C2		C3		C4		A	
A1	73,47			73,07		73,19			73,13		73,28		73,06		73,49		73,24	
A2	73,59			72,95		72,66			72,80		73,22		72,96		73,29		73,07	
A3	73,30			73,53		72,78			73,22		73,13		72,95		73,51		73,20	
\bar{X}_B	73,45			73,19		72,88			\bar{X}_C 73,17		73,21		72,99		73,44			
Analiza varijance			A		B		C		AB		AC		BC		ABC			
LSD 5%			n.s.		0,29		0,17		0,56		n.s.		n.s.		n.s.			
LSD 1%			n.s.		0,38		0,23		0,78		n.s.		n.s.		n.s.			
F test			n.s.		7,60**		11,45**		15,09**		n.s.		n.s.		n.s.			
2012. god.																		
A1	76,40	76,08	75,63	76,31	75,04	75,03	74,40	95,05	77,52	76,40	75,30	75,53						
A2	76,64	75,77	74,58	74,45	77,31	79,12	75,83	74,46	75,75	75,48	77,22	77,20						
A3	76,65	78,76	78,03	77,21	76,16	76,80	74,72	75,54	76,88	78,58	77,63	77,63						
\bar{X}_{BC}	76,56	76,87	76,08	75,99	76,17	76,98	74,98	75,02	76,72	76,82	76,72	76,45						
Interakcija AB					Interakcija AC					Prosjek								
	B1			B2		B3			C1		C2		C3		C4		A	
A1	76,11			74,88		76,19			75,73		76,32		75,84		75,11		75,63	
A2	75,36			76,68		76,16			76,07		76,57		76,79		75,87		75,03	
A3	77,66			75,80		77,68			77,05		76,56		78,05		76,79		76,79	
\bar{X}_B	76,38			75,79		76,68			\bar{X}_C 76,48		76,89		75,93		75,82			
Analiza varijance			A		B		C		AB		AC		BC		ABC			
LSD 5%			0,54		n.s.		0,54		1,48		n.s.		n.s.		n.s.			
LSD 1%			0,71		n.s.		0,73		2,07		n.s.		n.s.		n.s.			
F test			12,53**		n.s.		3,31**		9,90**		n.s.		n.s.		n.s.			
A1=suho ratarenje; A2=60-100% PVK; A3=80-100% PVK, B1=0 kg N ha ⁻¹ ; B2=100 kg N ha ⁻¹ ; B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=OSSK596; C2=OSSK617; C=OSSK602; C4=OSSK552; AB=navodnjavanje x gnojidba; BC=gnojidba x hibrid; AC= navodnjavanje x hibrid; ABC=navodnjavanje x gnojidba x hibrid; *= P≤0,05; **=P≤0,01																		

6.4. Sadržaj ulja u zrnu kukuruza

Sadržaj ulja u zrnu kukuruza rastao je povećavanjem sadržaja vode u tlu na razini 60 do 100% PVK (A2) u sve tri godine istraživanja. Održavanje sadržaja vode u tlu na razini od 60 do 100% PVK statistički je značajno povećalo sadržaj ulja u zrnu kukuruza u odnosu na kontrolu za 0,11% (3,46% prema 3,35%) samo u 2011. god. U preostale dvije godine istraživanja održavanje sadržaja vode u tlu na A2 razini povećalo je sadržaj ulja u zrnu kukuruza premda neznatno i bez statističke značajnosti (tablica 21.). Održavanje sadržaja vode u tlu na najvišoj razini od 80 do 100% PVK povećalo je sadržaj ulja u zrnu kukuruza u odnosu na kontrolu i to za 0,1% (3,38% prema 3,28%) u 2010. god., 0,1% (3,45% prema 3,35%) u 2011. god., odnosno za 0,13% (4,47% prema 4,60%) u 2012. god, premda ne i statistički značajno (tablica 21.).

Gnojidba dušikom (B) imala je vrlo značajan učinak na sadržaj ulja u 2010. god i 2012. god. Dodavanjem manje količine dušika (B2) sadržaj ulja u zrnu kukuruza smanjen je za 0,13% (3,29% prema 3,42%) u 2010. god., odnosno za 0,02% (4,59% prema 4,61%) u 2012. god. Povećanjem količine gnojibom dodanog dušika (B3) sadržaj ulja u zrnu kukuruza dodatno je smanjivan u odnosu na nižu razinu gnojidbe (B2) za 1,5% u 2010. god., dok je u 2012. god. zabilježeno povećanje za 0,15% (4,74% prema 4,59%).

Smanjenje sadržaja ulja u zrnu kukuruza na B3 varijanti (200 kg N ha^{-1}) iznosilo je 0,18% (2010. god.) u odnosu na kontrolu (B1), dok je u 2012. god. zabilježeno povećanje sadržaja ulja u zrnu za 0,13% (tablica 21.). Učinak hibrida (C) na sadržaj ulja u zrnu kukuruza bio je statistički vrlo značajan u sve tri godine istraživanja. Najveći sadržaj ulja u zrnu kukuruza 2010. god. zabilježen je kod C4 hibrida (3,42%) u 2010. god., dok je u preostale dvije godine istraživanja najveći sadržaj ulja u zrnu zabilježen u C1 hibrida (3,54% u 2011. god. i 4,81% u 2012. god.).

Rasponi sadržaja ulja u zrnu kukuruza kod interakcije BC u 2010. god. bili su od 3,18% u interakciji B2C4 do 3,59% u interakciji B1C3. Sadržaj ulja u zrnu kukuruza statistički je značajno smanjivan u interakciji B2C1 prema B1C1 za 0,15%, potom vrlo značajno u interakciji B2C2 prema B1C2 za 0,2% i B2C3 prema B1C3 za 0,21%.

Tablica 21. Učinak navodnjavanja (A)*, gnojidbe dušikom (B)* i genotipa (C)* na sadržaj ulja u zrnu kukuruza (2010.-2012. god.)

A	B1 (0 kg N ha ⁻¹)				B2 (100 kg N ha ⁻¹)				B3 (200 kg N ha ⁻¹)			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
2010. god.												
A1	3,33	3,38	3,55	3,22	3,20	3,30	3,28	3,20	3,20	3,20	3,28	3,23
A2	3,32	3,38	3,52	3,33	3,33	3,38	3,13	3,17	3,30	3,30	3,30	3,28
A3	3,38	3,80	3,72	3,30	3,350	3,33	3,47	3,22	3,38	3,25	3,32	3,08
\bar{X}_{BC}	3,44	3,52	3,59	3,23	3,29	3,32	3,38	3,18	3,25	3,25	3,30	3,24
Interakcija AB				Interakcija AC				Prosjek				
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	3,37	3,25	3,23		3,24	3,29	3,37	3,212	3,28			
A2	3,35	3,29	3,25		3,27	3,33	3,40	3,18	3,30			
A3	3,55	3,34	3,26		3,37	3,46	3,50	3,20	3,38			
\bar{X}_B	3,42	3,29	3,24	\bar{X}_C	3,30	3,36	3,42	3,20				
Analiza varijance		A	B	C	AB	AC	BC	ABC				
LSD 5%		n.s.	0,07	0,07	n.s.	n.s.	0,13	n.s.				
LSD 1%		n.s.	0,10	0,10	n.s.	n.s.	0,19	n.s.				
F test		n.s.	13,83**	16,49**	n.s.	n.s.	2,39*	n.s.				
2011. god.												
A1	3,50	3,42	3,22	3,38	3,40	3,32	3,20	3,33	3,53	3,37	3,25	3,33
A2	3,53	3,57	3,22	3,42	3,67	3,47	3,37	3,38	3,57	3,50	3,33	3,55
A3	3,47	3,45	3,28	3,43	3,65	3,57	3,30	3,50	3,50	3,48	3,30	3,43
\bar{X}_{BC}	3,50	3,48	3,24	3,41	3,57	3,45	3,29	3,41	3,53	3,45	3,29	3,44
Interakcija AB				Interakcija AC				Prosjek				
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	3,38	3,31	3,37		3,48	3,37	3,22	3,35	3,35			
A2	3,43	3,47	3,49		3,59	3,51	3,31	3,45	3,46			
A3	3,41	3,50	3,43		3,54	3,50	3,29	3,46	3,45			
\bar{X}_B	3,41	3,43	3,43	\bar{X}_C	3,54	3,46	3,27	3,42				
Analiza varijance		A	B	C	AB	AC	BC	ABC				
LSD 5%		0,06	n.s.	0,05	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				
LSD 1%		0,08	n.s.	0,07	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				
F test		7,23*	n.s.	40,74**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				
2012. god.												
A1	4,59	4,72	4,21	4,65	4,88	4,67	4,30	4,54	4,93	4,66	4,39	4,68
A2	4,710	4,49	4,49	4,64	4,86	4,75	4,48	4,47	4,97	4,98	4,58	4,68
A3	4,80	4,77	4,54	4,69	4,59	4,62	4,31	4,67	4,93	4,74	4,57	4,80
\bar{X}_{BC}	4,70	4,66	4,41	4,66	4,78	4,68	4,36	4,56	4,94	4,79	4,51	4,72
Interakcija AB				Interakcija AC				Prosjek				
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	4,45	4,60	4,67		4,80	4,68	4,30	4,62	4,60			
A2	4,71	4,49	4,49		4,64	4,74	4,52	4,60	4,67			
A3	4,70	4,55	4,76		4,77	4,71	4,47	4,72	4,67			
\bar{X}_B	4,61	4,59	4,74	\bar{X}_C	4,81	4,77	4,43	4,65				
Analiza varijance		A	B	C	AB	AC	BC	ABC				
LSD 5%		n.s.	0,08	0,11	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				
LSD 1%		n.s.	0,10	0,15	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				
F test		n.s.	0,56**	17,43**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				
A1=suho ratarenje; A2=60-100% PVK; A3=80-100% PVK, B1=0 kg N ha ⁻¹ ; B2=100 kg N ha ⁻¹ ; B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=OSSK596; C2=OSSK617; C=OSSK602; C4=OSSK552; AB=navodnjavanje x gnojidba; BC=gnojidba x hibrid; AC= navodnjavanje x hibrid; ABC=navodnjavanje x gnojidba x hibrid; *= P≤0,05; **=P≤0,01												

6.5. Hektolitarska masa zrna

Hektolitarska masa zrna rasla je povećavanjem sadržaja vode u tlu na razini 60 do 100% PVK (A2) u sve tri godine istraživanja. Održavanje sadržaja vode u tlu na razini od 60 do 100% PVK statistički je značajno povećalo hektolitarsku masu zrna u odnosu na kontrolu i to za 0,90% (71,4 kg/hl prema 70,45 kg/hl) u 2010. god., zatim za 1,25% (74,49 kg/hl prema 73,57 kg/hl) u 2011. god., odnosno za 2,02% (68,80 kg/hl prema 67,44 kg/hl) u 2012. god. Održavanje sadržaja vode u tlu na najvišoj razini od 80 do 100% PVK povećalo je hektolitarsku masu zrna u odnosu na kontrolu i to za 1,95% (72,14 kg/hl prema 70,76 kg/hl) u 2010. god., 1,47% (74,65 kg/hl prema 73,57 kg/hl) u 2011. god., odnosno za 3,04% (69,49 kg/hl prema 67,44 kg/hl) u 2012. god. (tablica 22.).

Gnojidba dušikom (B) imala je značajan učinak na hektolitarsku masu zrna u sve tri godine istraživanja. Tako je primjenom manje količine dušika (B2) hektolitarska masa povećana za 0,90% (71,53 kg/hl prema 70,89 kg/hl) u 2010. god., zatim za 1,76% (74,67 kg/hl prema 73,38 kg/hl) u 2011. god., odnosno za 0,36% (69,17 kg/hl prema 68,92 kg/hl) u 2012. god. Povećanjem količine gnojidbom dodanog dušika (B3) hektolitarska masa zrna dodatno je povećana u odnosu na nižu razinu gnojidbe (B2) za 0,56% (71,93 kg/hl prema 71,53 kg/hl) u 2010. god. U 2011. god. nije bilo odstupanja hektolitarske mase u odnosu na nižu razinu gnojidbe dok je hektolitarska masa u 2012. god. smanjena za 2,23% (67,63 kg/hl prema 69,17 kg/hl).

Rasponi hektolitarske mase kukuruza kod interakcije AB (navodnjavanje x gnojidba dušikom) bili su u 2010. god. od 70,18 kg/hl (A1B1) do 72,64 kg/hl (A3B1), u 2011. god. od 73,82 kg/hl (A1B2) do 75,30 kg/hl (A2B3), a u 2012. god. od 66,56 kg/hl (A1B3) do 70,43 kg/hl (A2B2) (Tablica 22), premda statistički vrlo značajno samo u 2011. god. Tako je u interakciji A2B2 hektolitarska masa zrna značajno povećana za 1,77% u odnosu na A1B2, a na interakciji A3B2 za 2,13% u odnosu na interakciju A1B3. Daljnjim povećanjem sadržaja vode u tlu na interakciji A3B1 hektolitarska masa zrna povećana je za 1,05% (73,93 kg/hl prema 73,16 kg/hl), zatim za 1,67% na interakciji A3B2 (75,05 kg/hl prema 73,82 kg/hl) i 1,70% na interakciji A3B3 (74,98 kg/hl prema 73,73 kg/hl).

Rasponi hektolitarske mase zrna kod interakcije AC (navodnjavanje x hibrid) bili su u 2010. god. od 68,84 kg/hl (A1C3) do 73,57 kg/hl (A3C4), u 2011. god. od 76,5 kg/hl (A3C4) do 73,48 kg/hl (A1C1), odnosno od 65,40 kg/ha (A1C3) do 70,67 kg/ha (A3C1), premda statistički značajno samo u 2010. god.

Tablica 22. Učinak navodnjavanja (A)*, gnojidbe dušikom (B)* i genotipa (C)* na hektolitarsku masu zrna (2010.-2012. god.)

A	B1 (0 kg N ha ⁻¹)				B2 (100 kg N ha ⁻¹)				B3 (200 kg N ha ⁻¹)			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
2010. god.												
A1	70,30	70,50	68,27	71,67	71,33	70,93	69,23	71,93	71,20	71,60	69,03	73,10
A2	70,83	70,37	69,17	71,67	72,77	72,63	70,20	72,10	71,33	73,43	70,53	72,37
A3	72,60	71,37	70,85	73,07	72,63	72,10	69,13	73,37	73,03	72,83	70,43	74,27
\bar{X}_{BC}	71,24	70,75	69,60	72,14	72,24	71,89	69,52	72,47	71,85	72,62	70,00	73,25
Interakcija AB					Interakcija AC					Prosjek		
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	70,18	70,86	71,23		70,94	71,01	68,84	72,23	70,76			
A2	70,51	71,93	71,92		71,64	72,14	69,97	72,04	71,45			
A3	71,97	71,81	72,64		72,76	72,10	70,14	73,57	72,14			
\bar{X}_B	70,89	71,53	71,93		\bar{X}_C	71,78	71,75	69,65	72,62			
Analiza varijance			A	B	C	AB	AC	BC	ABC			
LSD 5%			0,37	0,59	0,44	n.s.	0,84	0,84	n.s.			
LSD 1%			0,48	0,77	0,59	n.s.	1,20	1,20	n.s.			
F test			27,22**	6,09*	69,94**	n.s.	2,56*	2,28*	n.s.			
2011. god.												
A1	72,97	73,27	70,45	75,95	74,38	74,00	71,47	75,42	73,10	74,42	71,85	75,55
A2	72,97	73,32	71,45	74,42	75,33	75,63	72,88	76,65	75,25	75,92	73,35	76,68
A3	73,35	73,83	71,95	76,58	74,62	75,88	73,17	76,55	75,10	75,45	72,73	76,63
\bar{X}_{BC}	73,48	73,89	71,26	75,64	74,52	74,96	72,56	75,92	74,36	75,06	72,62	76,59
Interakcija AB					Interakcija AC					Prosjek		
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	73,16	73,82	73,73		73,48	73,89	71,26	75,64	73,57			
A2	73,04	75,13	75,30		74,52	74,96	72,56	75,92	74,49			
A3	73,93	75,05	74,98		74,36	75,06	72,62	76,59	74,65			
\bar{X}_B	73,38	74,67	74,67		\bar{X}_C	74,12	74,64	72,14	76,05			
Analiza varijance			A	B	C	AB	AC	BC	ABC			
LSD 5%			0,71	0,68	0,33	1,31	n.s.	n.s.	n.s.			
LSD 1%			0,94	0,90	0,44	1,84	n.s.	n.s.	n.s.			
F test			12,1**	19,7**	69,1**	2,6**	n.s.	n.s.	n.s.			
2012. god.												
A1	66,83	68,03	64,93	68,00	70,00	69,77	65,50	69,97	65,77	66,67	65,77	68,03
A2	68,23	69,93	71,00	70,67	68,70	68,33	65,73	70,33	71,37	69,17	63,77	68,33
A3	70,10	69,53	68,00	71,73	71,27	70,43	69,03	71,00	70,63	70,77	63,60	67,73
\bar{X}_{BC}	68,39	69,17	67,98	70,13	69,99	69,51	66,76	70,43	69,26	68,87	64,38	68,03
Interakcija AB					Interakcija AC					Prosjek		
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	66,95	68,81	66,56		67,53	68,16	65,40	68,67	67,44			
A2	69,56	68,28	68,16		69,43	69,14	66,83	69,78	68,80			
A3	69,84	70,43	68,18		70,67	70,24	66,88	70,16	69,49			
\bar{X}_B	68,92	69,17	67,63		\bar{X}_C	69,21	69,18	66,37	69,53			
Analiza varijance			A	B	C	AB	AC	BC	ABC			
LSD 5%			1,00	1,36	1,19	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.			
LSD 1%			1,32	1,79	1,60	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.			
F test			7,66**	4,80*	11,57**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.			
A1=suho ratarenje; A2=60-100% PVK; A3=80-100% PVK, B1=0 kg N ha ⁻¹ ; B2=100 kg N ha ⁻¹ ; B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=OSSK596; C2=OSSK617; C=OSSK602; C4=OSSK552; AB=navodnjavanje x gnojidba; BC=gnojidba x hibrid; AC= navodnjavanje x hibrid; ABC=navodnjavanje x gnojidba x hibrid; *= P≤0,05; **=P≤0,01												

Hektolitarska masa 2010. god. povećana je u odnosu na kontrolnu varijantu navodnjavanja (A1) u interakciji A2C1 za 0,99% (71,64 kg/hl prema 70,94 kg/hl), A2C2 za 1,59% (72,14 kg/hl prema 71,1 kg/hl), A2C3 za 1,64 % (69,97 kg/hl prema 68,84 kg/hl). Daljnjim povećanjem sadržaja vode u tlu povećana je hektolitarska masa prema nižoj razini navodnjavanja (A2) u interakciji A3C1 za 1,56% (72,76 kg/hl prema 71,64 kg/hl), A3C3 za 0,24% (70,14 kg/hl prema 68,84 kg/hl), odnosno A3C4 za 2,12% (73,57 kg/hl prema 72,04 kg/hl).

Rasponi hektolitarske mase zrna kod interakcije BC (gnojidba x hibrid) bili su u 2010. god. od 69,52 kg/hl u (B2C3) do 73,25 kg/hl (B3C4), zatim od 71,26 kg/hl (B1C3) do 76,59 kg/hl (B3C4) u 2011. god., odnosno od 66,76 kg/hl (B2C3) do 68,87 kg/hl (B3C2) u 2012. god., premda statistički značajno samo u 2010. god. Na interakciji B2C1 hektolitarska masa je povećana za 1,4% (72,24 kg/hl prema 71,24 kg/hl), B2C2 za 1,61% (71,89 kg/hl prema 70,75 kg/hl), odnosno za B2C4 za 0,46% (72,47 kg/hl prema 72,14 kg/hl). Daljnjim povećanjem dušičnih gnojiva hektolitarska masa na B3 varijanti je u odnosu na nižu razinu povećana na interakciji B3C2 za 1,02% (72,26 kg/hl prema 71,89 kg/hl), B3C4 za 1,08% (73,25 kg/hl prema 72,47 kg/hl).

6.6. Apsolutna masa zrna

Apsolutna masa zrna smanjivana je povećavanjem sadržaja vode u tlu na razini 60 do 100% PVK (A2) u 2010. god. i 2011. god. istraživanja (tablica 23.). Održavanje sadržaja vode u tlu na A2 razini statistički je značajno smanjilo apsolutnu masu zrna u odnosu na kontrolu i to za 7,59% (292 g prema 316 g) u 2010. god., odnosno za 0,30% (328 g prema 329 g) u 2011. god., premda statistički vrlo značajno samo u 2010. god. U 2012. god na A2 varijanti istraživanja apsolutna masa je povećana za 3,71% (63 g prema 350 g). Daljnje povećanje sadržaja vode u tlu, 80 do 100% PVK (A3) smanjilo je apsolutnu masu zrna u odnosu na A2 i to za 3,42% (282 g prema 292 g) u 2010. god., odnosno za 0,30% (328 g prema 329 g) u 2011. god. U 2012. god. na A3 varijanti apsolutna masa zrna je u odnosu na A2 varijantu navodnjavanja povećana za odnosno za 1,10% (367 g prema 363 g).

Gnojidba dušikom (B) imala je vrlo značajan učinak na apsolutnu masu zrna u sve tri godine istraživanja. Tako je primjenom manje količine dušika (B2) apsolutna masa povećana za 12,78% (300 g prema 266 g) u 2010. god., zatim za 12,96% (340 g prema 301 g) u 2011. god., odnosno za 2,28% (359 g prema 355 g) u 2012. god. Povećanjem količine gnojidbom

dodanog dušika (B3) apsolutna masa zrna dodatno je povećana u odnosu na nižu razinu gnojidbe (B2) za 9,33% (328 g prema 300 g) u 2010. god. U 2011. god. nije bilo odstupanja apsolutne mase u odnosu na nižu razinu gnojidbe dok je apsolutna masa u 2012. god. povećana za 1,95% (366 g prema 359 g).

Učinak hibrida (C) na apsolutnu masu zrna bio je statistički vrlo značajan u sve tri godine istraživanja. Najveća apsolutna masa u sve tri godine istraživanja zabilježena je kod C4 hibrida i to 327 g u 2010. god., 349 g u 2011. god. i 377 g u 2012. god.

Rasponi apsolutne mase zrna kod interakcije AC (navodnjavanje x hibrid) bili su u 2010. god. od 257 g (A1C4) do 351 g (AC3), u 2011. god. od 298 g (A2C4) do 364 g (A2C3), odnosno od 327 g (A1C4) do 383 g (A3C3), premda statistički vrlo značajno u 2010. god. i značajno u 2011. god. Apsolutna masa 2010. god. smanjena je u odnosu na kontrolnu varijantu navodnjavanja (A1) u interakciji A2C1 za 4,08% (282 g prema 294 g), A2C2 za 3,62% (293 g prema 304 g), A2C3 za 8,55% (364 g prema 347 g). Daljnjim povećanjem sadržaja vode u tlu (A3) apsolutna masa je smanjena u odnosu na kontrolu (A1) u interakciji A3C1 za 10,89% (262 g prema 294 g), A3C2 za 1,64% (299 g prema 304 g), A3C3 za 11,97% (309 g prema 351 g), odnosno A3C4 za 17,89% (257 g prema 313 g). U 2011. god. interakcija AxC imala je različit učinak na apsolutnu masu zrna, tako je navodnjavanjem na A2 varijanti apsolutna masa povećana na A2C1 za 2,81% (329 g prema 320 g) i na varijanti A2C3 za 4,90% (364 g prema 347 g).

Rasponi apsolutne mase zrna kod interakcije BC (gnojidba x hibrid) bili su u 2010. god. od 246 g (BC4) do 372 g (B3C3), zatim od 287 g (B1C4) do 364 g (B3C3) u 2011. god., odnosno od 332 g (B1C4) do 384 g (B3C3) u 2012. god., premda statistički značajno samo u 2010. god. Na interakciji B2C1 apsolutna masa je povećana za 4,23% (271 g prema 260 g), B2C2 za 8,82% (296 g prema 272 g), B2C3 za 12,94% (323 g prema 286 g), odnosno B2C4 za 19,11% (293 g prema 246 g).

Daljnjim povećanjem dušičnih gnojiva apsolutna masa na B3 varijanti je u odnosu na nižu razinu povećana na interakciji B3C1 za 13,28% (307 g prema 271 g), B3C2 za 11,15% (329 g prema 296 g), B3C3 za 15,17% (372 g prema 323 g), odnosno za 4,44% (306 g prema 293 g).

Rasponi apsolutne mase zrna kod interakcije AB (navodnjavanje x gnojidba dušikom) bili su u 2010. god. od 254 g (A3B1) do 343 g (A1B3), u 2011. god. od 269 g (A2B1) do 365 g (A2B3), a u 2012. god. od 340 g (A1B3) do 382 g (A3B3), premda statistički vrlo značajno u 2011. god. i 2012. god.

Tablica 23. Učinak navodnjavanja (A)*, gnojidbe dušikom (B)* i genotipa (C)* na apsolutnu masu zrna (2010.-2012. god.)

A	B1 (0 kg N ha ⁻¹)				B2 (100 kg N ha ⁻¹)				B3 (200 kg N ha ⁻¹)			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
2010. god.												
A1	275	258	327	276	279	310	359	330	328	343	368	334
A2	260	262	278	236	281	278	308	280	305	340	375	306
A3	245	295	253	225	254	301	303	268	287	303	372	279
\bar{X} BC	260	272	286	246	271	296	323	293	307	329	372	306
Interakcija AB				Interakcija AC				Prosjeak				
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	284	319	343		294	304	351	313	316			
A2	259	287	332		282	293	321	274	292			
A3	254	282	310		262	299	309	257	282			
\bar{X} B	266	300	328		\bar{X} C	279	299	327	282			
Analiza varijance		A	B	C	AB	AC	BC	ABC				
LSD 5%		9,87	8,43	9,63	n.s.	18,39	18,39	44,81				
LSD 1%		12,99	11,10	13,01	n.s.	26,42	26,42	82,25				
F test		34,55**	114,51**	42,85**	n.s.	3,97**	3,46**	3,16**				
2011. god.												
A1	289	314	317	300	356	382	365	337	315	317	359	296
A2	261	239	327	250	357	348	387	313	369	383	377	332
A3	342	342	325	312	294	320	329	296	328	342	356	311
\bar{X} BC	297	298	323	287	336	350	361	315	337	347	364	313
Interakcija AB				Interakcija AC				Prosjeak				
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	305	360	322		320	338	347	311	329			
A2	269	351	365		329	323	364	298	328			
A3	330	310	334		321	335	337	306	325			
\bar{X} B	301	340	340		\bar{X} C	323	332	349	305			
Analiza varijance		A	B	C	AB	AC	BC	ABC				
LSD 5%		n.s.	16,94	17,53	32,62	n.s.	n.s.	81,57				
LSD 1%		n.s.	22,30	23,68	45,74	n.s.	n.s.	149,73				
F test		n.s.	18,92**	13,74**	6,99**	n.s.	n.s.	2,03*				
2012. god.												
A1	336	350	355	320	364	367	376	331	353	346	372	332
A2	364	364	378	337	361	369	382	331	358	367	384	356
A3	365	361	386	339	359	364	368	338	392	385	394	356
\bar{X} BC	355	359	373	332	361	367	375	333	368	366	384	348
Interakcija AB				Interakcija AC				Prosjeak				
	B1	B2	B3		C1	C2	C3	C4	A			
A1	340	359	351		351	355	368	327	350			
A2	361	361	366		361	367	381	342	363			
A3	363	357	382		372	370	383	344	367			
\bar{X} B	355	359	366		\bar{X} C	361	364	377	338			
Analiza varijance		A	B	C	AB	AC	BC	ABC				
LSD 5%		n.s.	6,51	4,89	12,54	n.s.	n.s.	n.s.				
LSD 1%		n.s.	8,57	6,60	17,58	n.s.	n.s.	n.s.				
F test		n.s.	6,22*	95,28**	4,86*	n.s.	n.s.	n.s.				

A1=suho ratarenje; A2=60-100% PVK; A3=80-100% PVK, B1=0 kg N ha⁻¹; B2=100 kg N ha⁻¹; B3=200 kg N ha⁻¹; C1=OSSK596; C2=OSSK617; C=OSSK602; C4=OSSK552; AB=navodnjavanje x gnojidba; BC=gnojidba x hibrid; AC= navodnjavanje x hibrid; ABC=navodnjavanje x gnojidba x hibrid; *=P≤0,05; **=P≤0,01

Tako je 2011. god. u interakciji A2B1 apsolutna masa zrna smanjena za 11,80% u odnosu na A1B1 (269 g prema 305 g), na interakciji A2B2 za 2,5% (351 g prema 360 g), odnosno na A2B3 za 13,35% (365 g prema 322 g). Daljnjim povećanjem sadržaja vode u tlu na interakciji A3B1 apsolutna je masa zrna u odnosu na nižu razinu navodnjavanja povećana za 8,20% (330 g prema 305 g), a smanjena za 11,68% na interakciji A3B2 (310g prema 351 g) i 8,49% na interakciji A3B3 (334 g prema 365 g).

Tijekom 2012. god. u interakciji A2B1 apsolutna masa zrna povećana za 6,18% u odnosu na A1B1 (361 g prema 340 g), dok je povećana na interakciji A2B2 za 0,56% (361 g prema 359 g), odnosno na A2B3 za 4,27% (366 g prema 351 g). Daljnjim povećanjem sadržaja vode u tlu na interakciji A3B1 apsolutna je masa zrna u odnosu na nižu razinu navodnjavanja povećana za 6,76% (363 g prema 340 g), za 0,56% na interakciji A3B2 (357 g prema 359 g) i 8,83% na interakciji A3B3 (382 g prema 351 g).

6.7. Korelacije između analiziranih svojstava

Analiza korelacije prikazana je u tablici 24., a za 2010. god. pokazuje vrlo jaku i pozitivnu korelaciju ($r = 0,77^{**}$) između uroda i apsolutne mase, jaku i pozitivnu korelaciju između sadržaja proteina i apsolutne mase ($r = 0,61^{**}$) te uroda i sadržaja proteina ($r = 0,60^{**}$). Srednje jaka i negativna korelacija je između sadržaja škroba i proteina ($r = -0,48^{**}$). Slaba i negativna korelacija je između sadržaja ulja i škroba ($r = -0,31^{**}$), zatim hektolitarske mase i sadržaja proteina ($r = -0,39^{**}$) i uroda i hektolitarske mase ($r = -0,29^{**}$). Vrlo slaba i negativna korelacija je između uroda i sadržaja škroba ($r = -0,23^{**}$), uroda i sadržaja ulja ($r = -0,23^{**}$). Sve korelacije statistički su vrlo značajne ($P \leq 0,01$). Analiza korelacije za 2011. god. (tablica 24.) pokazuje vrlo jaku negativnu korelaciju između sadržaja škroba i proteina ($r = -0,81^{**}$), jaka negativna korelacija između uroda i sadržaja proteina ($r = -0,61^{**}$), jaka pozitivna korelacija između apsolutne mase i sadržaja proteina ($r = 0,64^{**}$) te jaka ali negativna korelacija između sadržaja škroba i apsolutne mase ($r = -0,54^{**}$). Srednje jaka i pozitivna korelacija je između uroda i sadržaja škroba ($r = 0,42^{**}$), uroda i hektolitarske mase ($r = 0,42^{**}$), uroda i apsolutne mase ($r = 0,45^{**}$) te hektolitarske mase i sadržaja ulja ($r = 0,43^{**}$). Slaba i pozitivna korelacija je između sadržaja proteina i hektolitarske mase ($r = 0,28^{**}$). Vrlo slaba i negativna korelacija je između ulja i apsolutne mase ($r = -0,15^{**}$). Sve korelacije statistički su vrlo značajne ($P \leq 0,01$). Analiza korelacije za 2012. god. pokazuje slabu i pozitivnu korelaciju između uroda i apsolutne mase ($r = 0,39^{**}$), sadržaja proteina i sadržaja

ulja ($r = 0,32^{**}$) te sadržaja ulja i hektolitarske mase ($r = 0,34^{**}$). Vrlo slaba pozitivna korelacija je između uroda i sadržaja škroba ($r = 0,21^{**}$), sadržaja škroba i apsolutne mase ($r = 0,22^{**}$), sadržaja škroba i sadržaja ulja ($r = 0,27^{**}$) te sadržaja škroba i hektolitarske mase ($r = 0,27^{**}$). Sve korelacije statistički su vrlo značajne ($P \leq 0,01$).

Analiza korelacije 2010. god. (tablica 24.) pokazala je srednje jaku korelaciju ($r = -0,44^{**}$) negativnog smjera između sadržaja vode u tlu i proteina, zatim slabu korelaciju negativnog smjera između sadržaja vode u tlu i apsolutne mase ($r = -0,34^{**}$). Utvrđena je vrlo slaba korelacija pozitivnog smjera između sadržaja vode u tlu i sadržaja ulja ($r = 0,23^{**}$) te hektolitarske mase ($r = 0,24^{**}$). Utvrđena je vrlo jaka korelacija pozitivnog smjera između količine dušika i uroda ($r = 0,87^{**}$), zatim jaka korelacija također pozitivnog smjera između količine dušika i sadržaja proteina ($r = 0,53^{**}$) te količine dušika i apsolutne mase ($r = 0,62^{**}$). Srednje jaka korelacija negativnog smjera utvrđena je između količine dušika i sadržaja ulja ($r = -0,40^{**}$). Utvrđena je slaba korelacija pozitivnog smjera između hibrida i sadržaja škroba ($r = 0,35^{**}$).

Analiza korelacije 2011. god. (tablica 24.) nije pokazala statistički značajnu korelaciju između sadržaja vode u tlu i ispitivanih svojstava. Utvrđena je vrlo jaka korelacija pozitivnog smjera između količine dušika i uroda ($r = 0,88^{**}$), te sadržaja proteina ($r = 0,75^{**}$). Srednje jaka korelacija pozitivnog smjera utvrđena je između količine dušika i hektolitarske mase ($r = 0,42^{**}$) te apsolutne mase ($r = 0,50^{**}$). Jaka korelacija negativnog smjera utvrđena je između količine dušika i sadržaja škroba ($r = -0,55^{**}$). Utvrđena je srednje jaka korelacija negativnog smjera između hibrida i sadržaja ulja ($r = -0,45^{**}$).

Analiza korelacije 2012. god. (tablica 24.) pokazala je vrlo jaku pozitivnu korelaciju između sadržaja vode i uroda ($r = 0,79^{**}$), slabu korelaciju pozitivnog smjera između sadržaja vode u tlu i sadržaja škroba u zrnju ($r = 0,35^{**}$) i apsolutne mase ($r = 0,34^{**}$). Slaba korelacija pozitivnog smjera utvrđena je između sadržaja vode u tlu i hektolitarske mase zrna ($r = 0,27^{**}$). Slaba korelacija negativnog smjera utvrđena je između sadržaja vode u tlu i sadržaja proteina u zrnju ($r = -0,30^{**}$). Utvrđena je slaba korelacija pozitivnog smjera između količine dušika i uroda ($r = 0,39^{**}$), zatim jaka korelacija pozitivnog smjera između količine N gnojiva i sadržaja proteina u zrnju ($r = 0,55^{**}$). Vrlo slaba korelacija pozitivnog smjera utvrđena je između količine dušika i sadržaja ulja ($r = 0,24^{**}$) te apsolutne mase ($r = 0,23^{**}$). Slaba korelacija pozitivnog smjera utvrđena je između hibrida i uroda ($r = 0,27^{**}$), dok je korelacija hibrida i sadržaja ulja ($r = -0,37^{**}$) bila slaba, odnosno vrlo slaba između hibrida i sadržaja škroba ($r = -0,21^{**}$) i apsolutne mase ($r = -0,31^{**}$).

Tablica 24. Korelacijski koeficijenti (Pearson) za tretmane i ispitivana svojstva u razdoblju istraživanja (2010.-2012.)

	A	B	C	Urod	Proteini	Ulje	Škrob	Hektolitarska masa	Apsolutna masa
2010. god.	A	1,00							
	B	-0,00	1,00						
	C	-0,00	-0,00	1,00					
	Urod	-0,09	0,87	-0,06	1,00				
	Proteini	-0,44	0,53	-0,15	0,60	1,00			
	Ulje	0,23	-0,40	-0,14	-0,23	-0,15	1,00		
	Škrob	0,19	-0,08	0,35	-0,23	-0,48	-0,31	1,00	
	Hektolitarska masa	0,24	-0,16	-0,10	-0,29	-0,39	-0,00	0,36	1,00
	Apsolutna masa	-0,34	0,62	0,10	0,77	0,61	-0,09	-0,35	-0,37
2011. god.	A	1,00							
	B	-0,00	1,00						
	C	-0,00	-0,00	1,00					
	Urod	0,14	0,88	0,01	1,00				
	Proteini	-0,12	0,75	-0,08	-0,64	1,00			
	Ulje	-0,07	0,12	-0,45	0,11	0,06	1,00		
	Škrob	0,14	-0,55	0,22	0,42	-0,81	0,06	1,00	
	Hektolitarska masa	0,07	0,42	0,20	0,43	0,28	0,43	0,05	1,00
	Apsolutna masa	-0,04	0,50	-0,13	0,49	0,66	-0,15	-0,54	0,05
2012. god.	A	1,00							
	B	-0,00	1,00						
	C	-0,00	-0,00	1,00					
	Urod	0,79	0,39	0,27	1,00				
	Proteini	-0,30	0,55	-0,07	-0,10	1,00			
	Ulje	0,12	0,24	-0,37	0,04	0,32	1,00		
	Škrob	0,35	-0,08	-0,21	0,21	0,09	0,27	1,00	
	Hektolitarska masa	0,27	0,13	-0,15	0,18	0,02	0,34	0,27	1,00
	Apsolutna masa	0,34	0,23	-0,31	0,39	-0,05	0,04	0,22	0,05

A = navodnjavanje; B = gnojidba dušikom; C = hibrid; n = 108; **crvena boja** = značajnost korelacije na razini od 99%

7. RASPRAVA

Prosječan urod zrna u trogodišnjem istraživanju iznosio je 8,81 t ha⁻¹ sa neznatnim variranjem uroda između godina u rasponu od 8,55 t ha⁻¹ do 8,98 t ha⁻¹ (tablica 18.). Vremenski uvjeti tijekom razdoblja istraživanja znatno su se razlikovali, prvenstveno u pogledu količine i rasporeda oborine tijekom razdoblja vegetacije što se odrazilo na visinu uroda na pojedinim varijantama istraživanja. Tijekom trogodišnjeg istraživanja javila su se ekstremno topla ljetna razdoblja kada su temperature zraka iznosile za nekoliko stupnjeva više u odnosu na višegodišnji prosjek (tablica 13.). Posebno se tijekom trogodišnjeg istraživanja isticao mjesec srpanj kada su temperature zraka bile više za 2,1 °C (2010.), 1,1 °C (2011.) i 3,7 °C (2012.) u odnosu na višegodišnji prosjek. Treba naglasiti kako su prema rezultatima mnogih istraživanja temperature zraka u mjesecu srpnju u negativnoj korelaciji sa urodom zrna kukuruza (*Rose, 1936., Davis i Harel, 1941., Kovačević i sur., 2005., Kovačević i sur., 2007.^{a,b,c}, Lobell i sur., 2007. i dr.*). Pojedini autori navode kako povećanje srpanjskih temperatura zraka može imati pozitivan učinak na povećanje uroda kukuruza ako je popraćeno povećanim oborinama (*Hendricks i Scholl, 1943.*). Međutim, tijekom trogodišnjeg istraživanja nedostatak oborina se javio upravo u kritičnom mjesecu srpnju, čak i u ekstremno vlažnoj 2010. god. kojemu je prethodio nedostatak oborina u lipnju (2011. i 2012. god.). Stoga je tijekom istraživanja za razliku od 2010. god., urod zrna kukuruza rastao održavanjem sadržaja vode u tlu na A2 i A3 varijanti navodnjavanja u 2011. god. i 2012. god. Brojna istraživanja svjetskih znanstvenika govore upravo o pozitivnom učinku navodnjavanja na urod zrna kukuruza (*Cakir R., 2004.; Mahmood i sur., 2000; Maqsood i sur., 2003.; Pepó i sur., 2008 i dr.*), jednako kao i prethodna istraživanja provedena na pokusnoj parceli (*Josipović i sur., 2007.; Josipović i sur., 2010.^{a,b,c}*). Smanjenje uroda na varijantama navodnjavanja 2010. god. rezultat je nepovoljnih vremenskih uvjeta za proizvodnju kukuruza (tablica 18., grafikon 10.) kada je u vegetacijskom razdoblju ukupno palo 676,6 mm oborine što je za 83,66% više u odnosu na višegodišnji prosjek (1961. – 1990.) uslijed čega je povećan stres biljaka na obje varijante navodnjavanja. Slični rezultati ostvareni su u interakciji navodnjavanja i gnojidbe dušikom (A x B) kada je urod zrna značajno ($P \leq 0,05$) smanjen u 2010. god. na A3B2 i A3B3 varijanti u odnosu na kontrolnu varijantu (A1B1). Suprotno rezultatima iz 2011. i 2012. god. kada je uslijed povećane količine dušičnog gnojiva urod zrna rastao na A3B2 i A3B3 varijanti u odnosu na A1B1. *Pandey i sur. (2000.)* navode kako je kukuruz reagirao na navodnjavanje ovisno o količini dodanog dušika. Odnosno, što je primijenjena veća količina gnojiva to je smanjenje uroda na varijantama deficitnog navodnjavanja bilo manje. Rezultate o smanjenju uroda u uvjetima navodnjavanja objavili su

Huzsvai i Ványiné (2009.), koji navode kako je smanjenje uroda bilo manje što je dodana veća količina dušičnog gnojiva.

Najbolja učinkovitost navodnjavanja zabilježena je u ekstremno sušnoj 2012. god. na A3 varijanti (tablica 25.), dok je najmanja učinkovitost zabilježena u ekstremno kišnoj 2010. god. također na A3 varijanti. Učinkovitost norme navodnjavanja tijekom trogodišnjeg istraživanja bila je najmanja na obje varijante navodnjavanja u 2010. god. kada je došlo do sniženja uroda zrna kukuruza. Norma navodnjavanja u 2011. god. bila je učinkovitija na A2 varijanti (105 mm), dok je u ekstremno sušnoj 2012. god. učinkovitija norma bila na A3 varijanti (245 mm). O većoj učinkovitosti manje norme navodnjavanja (A2) u prosječnim godinama te veće norme navodnjavanja (A3) u sušnim godinama govore ranije objavljena istraživanja *Marković i sur. (2012.)*, *Takac i sur. (2008.)*. Najviši indeks iskorištenja norme navodnjavanja zabilježen je u ekstremno kišnoj 2010. god. na A2 varijanti dok je najniži indeks zabilježen na A3 varijanti u 2011. god.

Tablica 25. Učinkovitost navodnjavanja (UN), iskorištenje norme navodnjavanja (INN) i indeks iskorištenja norme navodnjavanja (IINN) po varijantama navodnjavanja (A2 i A3) na urod zrna kukuruza tijekom razdoblja 2010./2012. god.

Godin a	UN (%)			UNN (kg ha/mm ⁻¹)			IINN (kg /mm)		
	2010.	2011.	2012.	2010.	2011.	2012.	2010.	2011.	2012.
A2	-7	118,14	122,62	-3,51	12,90	9,53	260,40	84,03	51,66
A3	-65	125,20	139,45	-6,19	7,68	11,87	81,78	38,16	41,97

UN = učinkovitost navodnjavanja; UNN = učinkovitost norme navodnjavanja; IINN = indeks iskoristivosti norme navodnjavanja; A2=60-100% PVK; A3=80-100% PVK, B1=0 kg N ha⁻¹; B2=100 kg N ha⁻¹ ; B3=200 kg N ha⁻¹

Očekivano, u sušnim godinama (2011. i 2012. god.) urod zrna kukuruza vrlo je značajno rastao na A2 varijanti navodnjavanja. Daljnjim povećanjem sadržaja vode u tlu (A3) u odnosu na nižu varijantu navodnjavanja (A2) urodi su rasli u obje godine. U sušnom ljetnom razdoblju 2011. god. i vrlo sušnom 2012. god. (tablica 13. i grafikon 3.) navodnjavanjem (A2 i A3) je uspješno nadoknađen nedostatak vode u tlu, a pored toga ublažen je i stres uslijed nadprosječno visokih temperatura zraka što se pozitivno odrazilo na urod zrna. Najizraženiji učinak navodnjavanja i statistički vrlo značajan, upravo je u 2012. god. i to na obje varijante navodnjavanja.

Tablica 26. Učinkovitost navodnjavanja (UN), iskorištenje norme navodnjavanja (INN) i indeks iskorištenja norme navodnjavanja (IINN) po varijantama navodnjavanja (A2 i A3) i gnojidbe dušikom (B1, B2 i B3) na urod zrna kukuruza tijekom razdoblja 2010./2012. god.

Godina	UN (%)			INN (kg ha/mm ⁻¹)			IINN (kg /mm)		
	2010.	2011.	2012.	2010.	2011.	2012.	2010.	2011.	2012.
A2									
B1	101,51	117,56	131,72	2,57	9,05	11,60	172,57	60,57	48,17
B2	95,25	114,74	119,82	12,57	11,43	8,57	252,29	88,95	51,83
B3	103,06	121,58	118,04	10,57	18,19	8,40	356,57	118,86	54,97
A3									
B1	100,67	121,26	148,28	0,38	4,69	12,61	57,05	26,78	38,73
B2	90,83	127,64	138,18	-8,10	9,18	11,80	80,19	42,41	42,69
B3	93,72	125,76	133,62	-7,24	9,31	11,18	108,10	45,43	44,45

UN = učinkovitost navodnjavanja; INN = učinkovitost norme navodnjavanja; IINN = indeks iskoristivosti norme navodnjavanja; A2=60-100% PVK; A3=80-100% PVK, B1=0 kg N ha⁻¹; B2=100 kg N ha⁻¹; B3=200 kg N ha⁻¹

Obzirom na interakciju A x B najveća učinkovitost navodnjavanja u ekstremno kišnoj 2010. god. bila je na A2B3 varijanti (tablica 26.) dok je daljnjim povećanjem sadržaja vode u tlu na A3 varijanti učinkovitost navodnjavanja opadala. U preostale dvije godine istraživanja najveća učinkovitost navodnjavanja bila je na A3 varijanti navodnjavanja u interakciji sa B2 varijantom gnojidbe u 2011. god. odnosno negnojenoj varijanti (B1) u 2012. god. Učinkovitost norme navodnjavanja imala je negativan trend u 2010. god. kada je povećanjem količine dušičnog gnojiva učinkovitost navodnjavanja smanjivana. Nadalje, učinkovitost navodnjavanja u 2011. god. imala je pozitivan trend kada je povećanjem količine dušičnog gnojiva učinkovitost navodnjavanja rasla. U ekstremno sušnoj 2012. god. učinkovitost norme navodnjavanja imala je negativan trend kada je povećanjem količine dušičnog gnojiva učinkovitost navodnjavanja smanjivana.

Gnojidba dušikom (B) vrlo je značajno ($P \leq 0,01^{**}$) povisila urod zrna kukuruza na obje razine (B2 i B3) u sve tri godine istraživanja. Kako je bilo za očekivati, kukuruz je različito reagirao na količinu dodanog dušika (B2 i B3), ovisno o drugim čimbenicima istraživanja, a i godini sa njenim specifičnostima (slika 30.). Isto tako, potrebno je naglasiti kako je kukuruz sijan na tlu s kojim se gospodarilo po pravilima struke u prethodnim godinama istraživanja na prilično homogenom i dušikom dobro opskrbljenom tlu. Najizraženije povećanje uroda na varijantama gnojidbe ostvareno je upravo u vlažnoj 2010. god. kada je gnojidba ublažila stres izazvan prekomjernom količinom vode uslijed čega je došlo do sniženja uroda, ali najveće

koncentracije ispranog nitratnog dušika odnosno količina procjedne vode. *Ferreira da Silva i sur. (2005.)* govore o učinkovitosti gnojidbe dušikom nakon faze cvatnje upravo u slučajevima kada biljka nije dobila dovoljnu količinu dušika radi vodnog stresa izazvan i sušom, ali i prevelikom količinom oborine tijekom razdoblja vegetacije. U sve tri godine istraživanja vrlo značajno najviši urodi zrna ostvareni su na varijantama gnojidbe sa najvećom količinom dušika (B3), premda treba istaknuti kako je analiza procjedne vode iz lizimetarskih posuda pokazala prekoračenje maksimalno dozvoljene količine nitrata upravo na B3 varijanti gnojidbe u obje godine istraživanja. O značajnom povećanju uroda zrna povećanjem količine dušičnih gnojiva govore i prethodna istraživanja *El Hallof i Sárváry, 2007.; Josipović i sur., 2007.; Josipović i sur., 2010.^{a,b,c}; Karancsi i Pepó, 2012; Muhhamad i sur., 2004.; Siam i sur., 2008.*

Tablica 27. Učinkovitost gnojidbe dušikom i učinkovitost usvojenog dušika tijekom razdoblja istraživanja (2010.-2012. god.)

Varijanta	Godina	UG (kg)			UUN (g/kg N)		
		2010.	2011.	2012.	2010.	2011.	2012.
B2		28,50	31,90	9,30	2,94	3,39	3,40
B3		30,60	20,75	7,20	1,59	1,68	1,76

B2=100 kg N ha⁻¹; B3=200 kg N ha⁻¹; UG=učinkovitost gnojidbe; UUN=učinkovitost usvajanja dušika;

Gnojidba dušikom bila je učinkovitija na B3 varijanti (tablica 27.) u ekstremno vlažnoj 2010. god. kada je prema izračunu urod zrna kukuruza rastao za 30,60 kg po kilogramu dodanog dušičnog gnojiva. U sušnim godinama (2011. i 2012. god.) učinkovitija gnojidba dušikom bila je na varijanti gnojidbe manjom količinom dušika (B2). Bolja učinkovitost usvajanja dušičnog gnojiva koja se promatra kao odnos mase zrna i količine dodanog dušičnog gnojiva u sve tri godine istraživanja bila je na varijantama gnojenih sa manjom količinom gnojiva (B2). U uvjetima navodnjavanja gnojidba dušikom bila je najučinkovitija na A1B2 interakciji u ekstremno kišnoj 2010. god. Povećanjem norme navodnjavanja (A2 i A3) učinkovitost gnojidbe dušikom je opadala na obje varijante (B2 i B3). Učinkovitost gnojidbe u 2011. god. linearno je rasla povećanjem količine dodane vode (A2 i A3) navodnjavanjem. Najveća učinkovitost ostvarena je na A3B2 interakciji (tablica 28.). U ekstremno sušnoj 2012. god. najbolja učinkovitost gnojidbe (B2 i B3) ostvarena je u suhom ratarenju. Najbolja učinkovitost usvojenog dušika na B2 varijanti ostvarena je u suhom ratarenju (A1) u sve tri godine istraživanja. Najbolja učinkovitost usvojenog dušika na B3 varijanti ostvarena je pri održavanju vode u tlu na razini od 60 do 100% PVK (A2).

Tablica 28. Učinkovitost gnojidbe i usvojenog dušika po varijantama navodnjavanja (A1, A2 i A3) tijekom razdoblja istraživanja (2010.-2012. god.)

Godina	UG (kg)			UUN (gr/kg N)		
	2010.	2011.	2012.	2010.	2011.	2012.
			B2			
A1	33,20	27,30	11,70	3,19	3,57	3,47
A2	27,90	29,80	6,40	2,87	3,51	3,43
A3	24,30	38,30	9,70	2,76	3,10	3,31
			B3			
A1	30,80	17,20	8,75	1,59	1,56	1,80
A2	32,20	22,00	5,95	1,65	1,82	1,90
A3	26,80	22,85	7,00	1,54	1,67	1,58

UG=učinkovitost gnojidbe; UUN=učinkovitost usvojenog dušika; A1=suho ratarenje; A2=60-100% PVK; A3=80-100% PVK; B2=100 kg N ha⁻¹; B3=200 kg N ha⁻¹

Hibridi kukuruza (C) različito su reagirali na agroekološke uvjete tijekom istraživanja. Razlike u visini uroda bile su vrlo značajne u sve tri godine istraživanja premda pojedini autori u rezultatima svojih istraživanja navode kako hibrid nije bio značajan za visinu uroda te da su nastale razlike rezultat metaboličkih promjena unutar same biljke u uvjetima stresa izazvanog sušom ili nedostatkom hraniva (*Ali i sur., 2010.*) premda rezultati ranije objavljenih istraživanja sa pokusne parcele govore upravo o vrlo značajnom učinku hibrida na ispitivana (*Josipović i sur., 2010.^{a,b,c}*) svojstva kao pojedinačni čimbenik te u interakciji sa navodnjavanjem i gnojidbom dušikom. Najveći urod tijekom trogodišnjeg istraživanja imao je hibrid OSSK602 (C3) koji je i u prethodnim istraživanjima pokazao dobru tolerantnost na sušu (*Josipović i sur. (2010.^{a,b,c})*). U ekstremno kišnoj 2010. god. hibrid C3 postigao je najveći urod na A1 varijanti (suho ratarenje), a daljnjim povećanjem sadržaja vode u A x C interakciji urod je vrlo značajno opao na A2C3 ($P \leq 0,01$), odnosno značajno na A3C3 interakciji ($P \leq 0,05$) u odnosu na nižu razinu navodnjavanja. Suprotno od sušnih godina (2011. i 2012. god.) kada su urodi zrna u interakciji A x C vrlo značajno rasli. Najniži urod u sve tri godine istraživanja zabilježen je kod interakcije A3C1. Tijekom sušnih godina vrlo značajna se pokazala interakcija hibrida sa gnojidbom dušikom (B x C) pri čemu je u obje godine zabilježen najviši urod zrna na B3C3 interakciji.

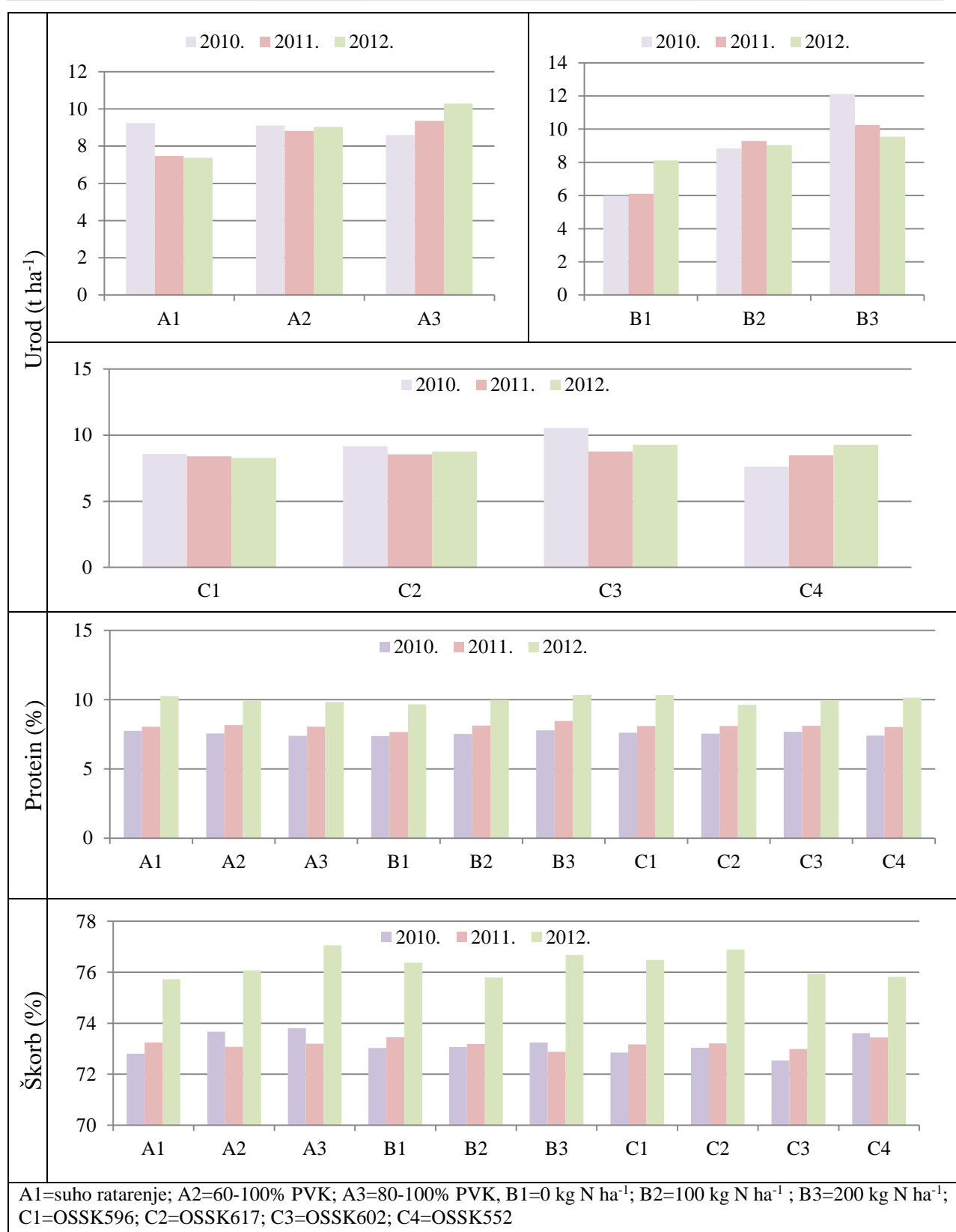
Prosječan sadržaj proteina u zrnu kukuruza u trogodišnjem istraživanju iznosio je 7% sa variranjem sadržaja proteina u zrnu između godina u rasponu od 7,56% do 10%. Sadržaj proteina u zrnu očekivano je smanjivan povećavanjem sadržaja vode u tlu na A2 i A3 varijanti

istraživanja kada je vrlo značajno smanjen sadržaj proteina u zrnu na obje varijante istraživanja u vlažnoj 2010. god. ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,05$).

U sušnim godinama sadržaj proteina je vrlo značajno smanjen samo u 2012. god. ($P \leq 0,05$) na A2 i A3 ($P \leq 0,01$) varijanti u odnosu na kontrolu. Dobiveni rezultati u skladu su s prethodno objavljenim istraživanjima *Josipović i sur. (2010.^{a,b,c})*, *Svečnjak i sur. (2007.)*. Kako je bilo očekivano sadržaj proteina je vrlo značajno rastao povećanjem količine dušičnih gnojiva u sve tri godine istraživanja. Najizraženije povećanje sadržaja proteina (7,14%) u odnosu na kontrolu ostvareno je sušne 2012. god. što su zaključili *Josipović i sur. (2010.^{a,b,c})* u ranijim istraživanjima.

Prema *Tsai i sur. (1992.)* povećanje sadržaja proteina u zrnu kukuruza u uvjetima gnojidbe dušikom posljedica je povećane količine zeina premda niske biološke vrijednosti. *Grbeša i sur. (2012.)* navode kako u uvjetima suše raste sadržaj zeina dok se sadržaj proteina u zrnu povećava za 1 do 1,5%, premda autori naglašavaju kako to za uzgajivače stoke ne znači da u hranu treba stavljati manje proteinskih krmiva jer je takvo zrnu siromašnom lizinom koji je jako važan za rast životinja. Interakcija navodnjavanja i gnojidbe dušikom bila je vrlo značajna samo u 2011. god. kada je sadržaj proteina rastao na A2B2 interakciji u odnosu na kontrolu, a na A3B3 interakciji i u odnosu na kontrolu i nižu razinu gnojidbe. Genotip je imao vrlo značajan učinak na sadržaj proteina samo u 2012. god. kada su se pojedini hibridi razlikovali i do 7,38% u sadržaju proteina (OSSK596 10,33% prema OSSK617 9,62%). Interakcije hibrida sa navodnjavanjem i gnojidbom dušikom nisu bile statistički značajne tijekom trogodišnjeg istraživanja.

Prosječan sadržaj škroba u zrnu kukuruza u trogodišnjem istraživanju iznosio je 74% sa variranjem sadržaja škroba u zrnu između godina u rasponu od 73% do 76%. Sadržaj škroba u zrnu je rastao u uvjetima navodnjavanja vrlo značajno u 2010. god. i 2012. god. Povećanje sadržaja škroba na A2 varijanti bilo je veće u vlažnoj 2010. god. (1,20%) u odnosu na sušnu godinu (0,45%) dok je povećanjem sadržaja vode u tlu (A3) sadržaj škroba ipak bio veći u sušnoj 2012. godini (1,23%) u odnosu na vlažnu (0,19%). Brojna istraživanja govore o značajnom povećanju škroba u zrnu kukuruza sa porastom vlažnosti tla, odnosno primjenom navodnjavanja (*Hegyi i sur., 2008.*; *Mahmood i sur., 2000.*; *Ibrahim i Kadil, 2007.*; *Josipović i sur., 2010.^{a,b,c}* i dr.).



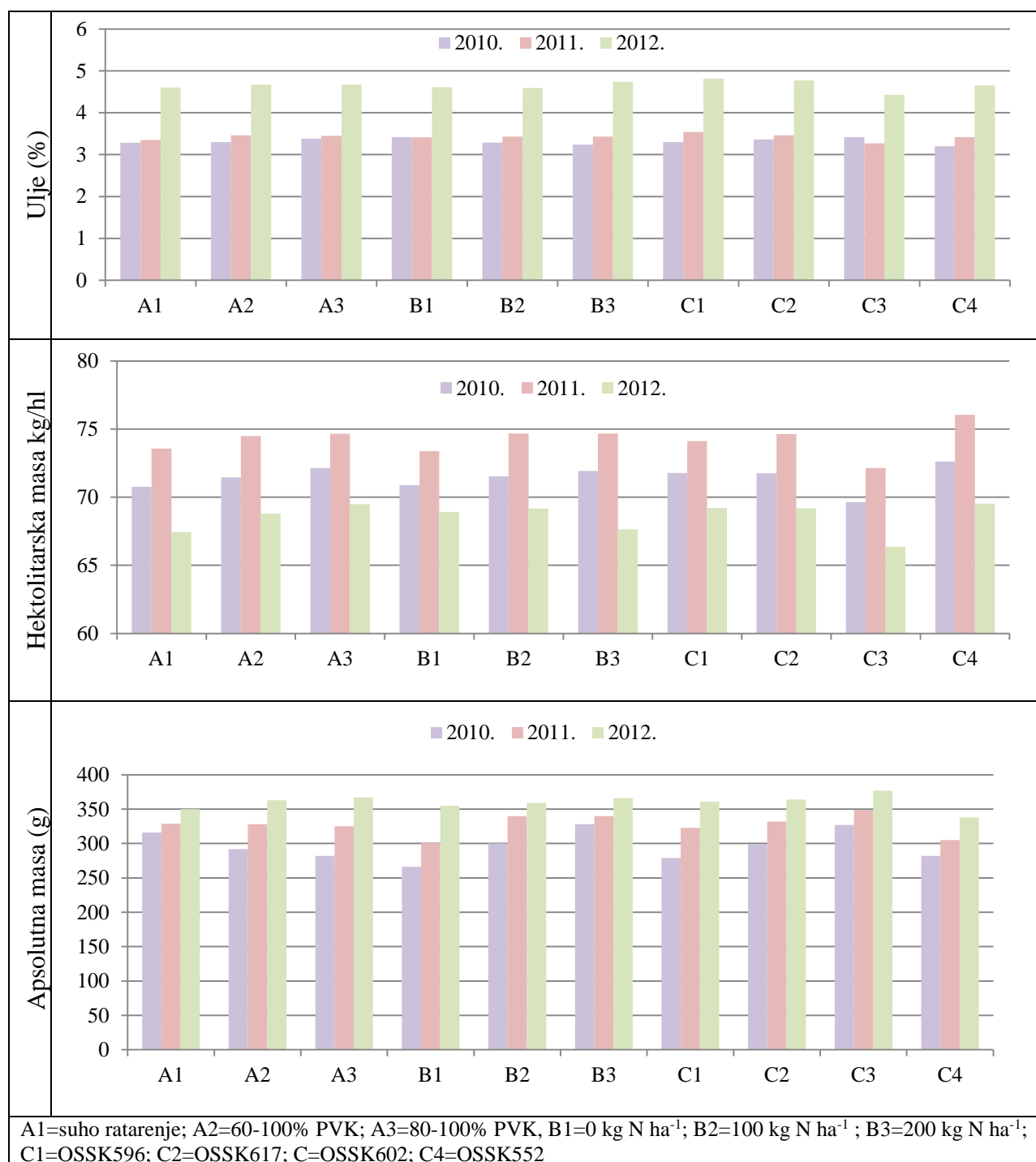
Grafikon 10. Prosječne vrijednosti ispitivanih svojstava u razdoblju istraživanja (2010.-2012.)

Za razliku od navodnjavanja, gnojidba dušikom imala je suprotan učinak, odnosno sadržaj škroba u zrnu je opadao vrlo značajno samo 2011. god. kada su razlike između tretmana gnojidbe iznosile 0,35% na B2, odnosno 0,78% u odnosu na kontrolnu varijantu. Slični rezultati dobiveni su u A x B interakciji koja je bila vrlo značajna za sadržaj škroba u 2011. i 2012. god. Naime, povećanjem količine dušičnih gnojiva sadržaj škroba je opadao kao što su ranije zaključili *Mayer i sur. (2012.)*, *Sipos i sur. (2009.)* i dr.

Genotip je imalo vrlo značajan učinak na sadržaj škroba u sve tri godine istraživanja kada su pojedine razlike između hibrida iznosile od 1,45% (2010.), 0,61% (2011.), odnosno 1,39% (2012.). Rezultati su u skladu sa ranije objavljenim istraživanjima *Hegy i Berzy (2009.)*, *Idikut i sur. (2009.)*, *Josipović i sur. (2010.^{a,b,c})*, *Mayer i sur. (2012.)*. Najveći sadržaj škroba tijekom prve dvije godine istraživanja imao je hibrid OSSK552, a u 2012. god. hibrid OSSK617 kod kojega je zabilježen najveći sadržaj škroba tijekom trogodišnjeg istraživanja (76,89%). Interakcije genotipa sa navodnjavanjem i gnojidbom dušikom nisu bile statistički opravdane.

Prosječan sadržaj ulja u zrnu kukuruza u trogodišnjem istraživanju iznosio je 3,80% sa variranjem sadržaja ulja u zrnu između godina u rasponu od 3,32% do 4,65% (grafikon 10.). Tijekom trogodišnjeg istraživanja čimbenici su imali različit učinak na sadržaj ulja u zrnu kukuruza. Tako je povećanjem sadržaja vode u tlu sadržaj ulja u zrnu značajno rastao u 2011. god., dok je u 2010. god. sadržaj ulja značajno smanjen povećanjem količine dušičnih gnojiva. Nasuprot tome, u 2012. god. na B3 varijanti ostvaren je najveći sadržaj ulja. Prema rezultatima istraživanja sadržaj ulja se vrlo značajno razlikovao po hibridima u sve tri godine istraživanja. Najveći sadržaj ulja u vlažnoj godini imao je hibrid OSSK617, dok je u sušnim godinama najveći sadržaj ulja imao hibrid OSSK596. Najveći sadržaj ulja po hibridima ostvaren je u sušnoj 2012. god. što je u skladu s prethodnim istraživanjima *Josipović i sur. (2007.)* Vrlo značajan učinak hibrida tijekom trogodišnjeg istraživanja ukazuje na važnost selekcije za to svojstvo kako su ranije u rezultatima svojih istraživanja naveli *El Hallof i Sárváry (2007.)*, *Miao i sur. (2006.)*.

Prosječna hektolitarska masa kukuruza u trogodišnjem istraživanju iznosila je 71,42 kg/hl sa variranjem između godina u rasponu od 68,58 kg/hl do 74,24 kg/hl. Hektolitarska masa je uvjetima navodnjavanja rasla u sve tri godine istraživanja pri čemu je učinak navodnjavanja bio statistički vrlo značajan. Gnojidba dušikom imala je značajan učinak na hektolitarsku masu u 2010. i 2012. god. kada je na obje varijante gnojidbe hektolitarska masa povećana u odnosu na kontrolu.



Grafikon 11. Prosječne vrijednosti ispitivanih svojstava u razdoblju istraživanja (2010.-2012.)

Međutim, tijekom 2011. god. hektolitarska masa je povećana samo na B2 varijanti gnojidbe u odnosu na kontrolu i to statistički značajno ($P \leq 0,05$). O značajnom utjecaju dušičnih gnojiva na hektolitarsku masu u rezultatima istraživanja objavili su Miao i sur. (2006.), Plavšić i sur. (2007.) i dr. Hektolitarska masa se vrlo značajno razlikovala po hibridima u sve tri godine istraživanja ($P \leq 0,01$). Najnižu hektolitarsku masu u trogodišnjem istraživanju imao je hibrid

C2 (69,18 kg/hl) u sušnoj 2012. god. dok je najvišu hektolitarsku masu imao hibrid C4 (76,05 kg/hl) 2011. god. Ujedno je C4 hibrid imao najveću hektolitarsku masu u svakoj godini pojedinačno.

Prosječna apsolutna masa tijekom trogodišnjeg istraživanja iznosila je 328 g s variranjem između godina od 297 g do 360 g. Navodnjavanje je imalo vrlo značajan učinak na apsolutnu masu kukuruza i to značajnim smanjivanjem apsolutne mase na svim varijantama navodnjavanja 2010. god. i 2011. god. Suprotno od 2012. god. kada je apsolutna masa kukuruza rasla na obje varijante navodnjavanja. Apsolutna masa kukuruza je vrlo značajno rasla povećanjem količine dušičnih gnojiva u 2010. i 2012. god. na obje varijante gnojidbe dok je 2011. god. povećanje apsolutne mase bilo značajno na B2 i B3 varijanti u odnosu na kontrolu. Hibrid je u sve tri godine istraživanja imao vrlo značajan učinak na apsolutnu masu kukuruza. Tako je najnižu apsolutnu masu imao hibrid C1 (279 g) 2010. god. dok je najvišu apsolutnu masu imao hibrid C3 (377 g) 2012. god. koji je ujedno imao najvišu apsolutnu masu u svakoj godini pojedinačno.

Korelacija uroda sa kemijskim svojstvima zrna bila je različitog smjera i stupnja ovisno o godini. Tako je u 2010. god. koja je specifična po smanjivanju uroda zrna kukuruza u uvjetima navodnjavanja korelacija uroda sa sadržajem škroba u zrnu bila vrlo slaba i negativna ($r = -0,23^{**}$). Rezultat je suprotan od preostale dvije godine istraživanja kada je u 2011. god. urod zrna bio u pozitivnoj srednje jakoj korelaciji ($r = 0,42^{**}$) dok je u 2012. god. korelacija bila također pozitivna međutim vrlo slabe jačine ($r = 0,21^{**}$). Urod zrna bio je u jakoj pozitivnoj korelaciji sa sadržajem proteina ($r = 0,60^{**}$) u 2010. god., dok je korelacija bila također jaka međutim negativna u 2011. god. Takove korelacije rezultat su upravo smanjenja uroda zrna u vlažnoj 2010. god. u varijantama navodnjavanja. Korelacija između uroda i sadržaja ulja u zrnu bila je vrlo slaba i negativna u 2010. god. ($r = -0,23^{**}$). Pozitivna i negativna korelacija uroda sa sadržajem škroba i proteina ovisno o godini istraživanja prikazana je grafikonom 11.

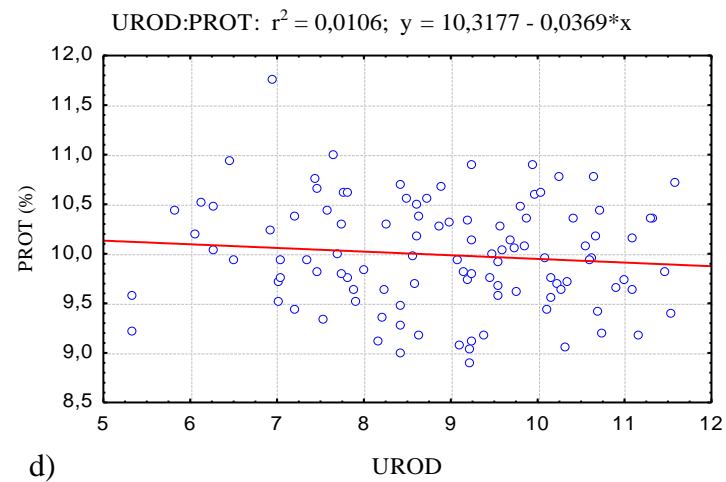
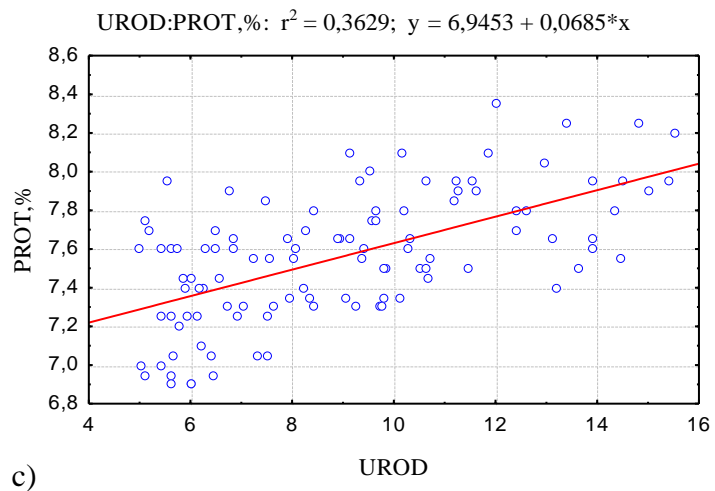
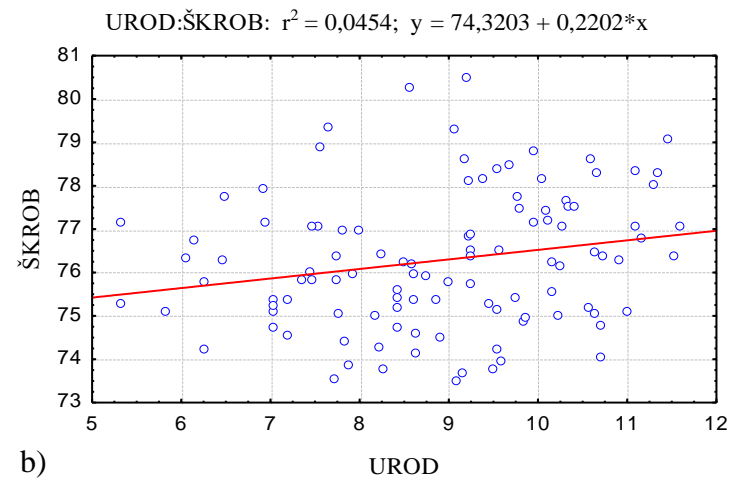
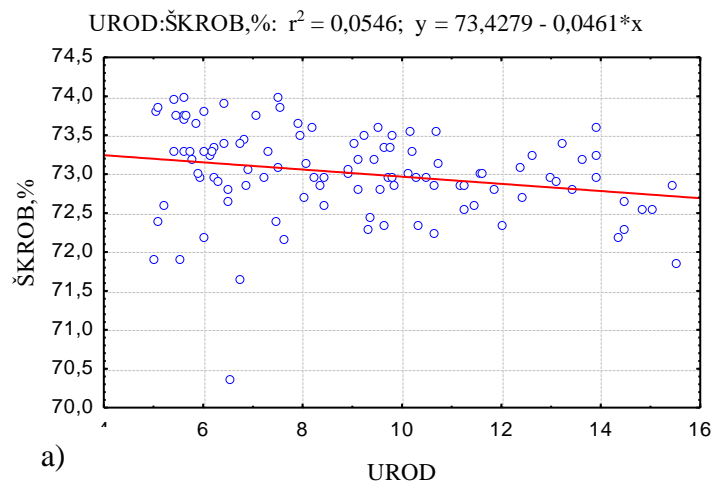
Prema rezultatima ranijih istraživanja (*Svečnjak i sur., 2007., Hegyi i sur., 2008.*) utvrđena je negativna korelacija uroda i sadržaja proteina kao i sadržaja ulja, dok je pozitivna korelacija između uroda i sadržaja škroba, a negativna između uroda i sadržaja ulja u zrnu (*Hegyi i sur., 2008.*).

Korelacija sadržaja vode u tlu i uroda zrna bila je negativna prve godine istraživanja premda ne i statistički opravdana (tablica 24.), za razliku od preostale dvije godine kada je korelacija bila pozitivnog smjera. Sadržaj vode u tlu bio je u negativnoj korelaciji sa sadržajem proteina u trogodišnjem istraživanju. Korelacija sadržaja vode u tlu bila je pozitivna između

sadržaja škroba u zrnu kao i hektolitarske mase u sve tri godine istraživanja. Značajan utjecaj trenutne vlažnost tla na visinu uroda sa potpunom korelacijom pozitivnog smjera objavio je *Jurišić M. (1997.)* u rezultatima svog istraživanja.

Analiza korelacije između količine dušika i uroda bila je pozitivnog smjera tijekom trogodišnjeg istraživanja jednako kao i između količine dušika i sadržaja proteina, hektolitarske i apsolutne mase. Tijekom trogodišnjeg istraživanja utvrđena je korelacija negativnog smjera između količine dušika i sadržaja škroba u zrnu što je u skladu sa rezultatima istraživanja *Holou i Kindomihou (2011.)* koji u rezultatima istraživanja navode negativnu korelaciju između dušičnih gnojiva i sadržaja škroba.

Smjer korelacijske veze između hibrida i ispitivanih svojstava bile su različite ovisno o godini istraživanja. Tako su tijekom prve godine istraživanja korelacija hibrida i sadržaja škroba bila pozitivnog smjera dok je korelacija s preostalim svojstvima bila negativna. Rezultat analize je suprotan u preostale dvije godine istraživanja (2011. i 2012. god.) kada su korelacije hibrida sa ostalim svojstvima bile pozitivne sa izuzetkom sadržaja proteina.



Grafikon 11. Grafovi korelacija sa pripadajućim jednažbama regresije za a) urod i sadržaj škroba (2010.); b) urod i sadržaj škroba (2012.); c) urod i sadržaj proteina (2010.); d) urod i sadržaj proteina (2012.)

8. ZAKLJUČCI

Na osnovu trogodišnjeg istraživanja (2010. – 2012. god.) prevedenog na pokušalištu Poljoprivrednog instituta iz Osijeka u kojem je istraživana utjecaj navodnjavanja (A1 = suho ratarenje, A2 = 60 - 100% PVK; A3 = 80 - 100% PVK), gnojidbe dušikom (B1 = 0 kg N ha⁻¹; B2 = 100 kg N ha⁻¹; B3 = 200 kg N ha⁻¹) i genotipa (C1 = OSSK596; C2 = OSSK617; C3 = OSSK602; C4 = OSSK552) na urod i kvalitetu zrna kukuruza moguće je zaključiti:

- a) Učinak navodnjavanja na urod zrna kukuruza značajno se razlikovao po godinama uslijed različitih varijanti navodnjavanja i vremenskih uvjeta, prvenstveno količini oborine. Navodnjavanjem na obje varijante (A2 i A3) urod zrna kukuruza u 2010. god. je smanjen u odnosu na kontrolu što je posljedica vremenski izrazito nepovoljne godine za proizvodnju kukuruza kada je u vegetacijskom razdoblju proglašena elementarna nepogoda prevelike količine oborine i elementarna nepogoda poplave. U tim uvjetima došlo je smanjenja uroda zrna na varijantama navodnjavanja, odnosno najviši urod zrna (9,24 t ha⁻¹) ostvaren je u suhom ratarenju (A1). U ekstremno toplom i sušnom vegetacijskom razdoblju 2011. god. navodnjavanje je značajno utjecalo na povećanje uroda zrna u odnosu na kontrolnu varijantu. Najviši urod zrna ostvaren je na A3 varijanti navodnjavanja (9,35 t ha⁻¹), kada je urod povećan za 25,17% u odnosu na kontrolnu varijantu. Značajno je i povećanje uroda na A2 varijanti navodnjavanja (8,82 t ha⁻¹) kada je urod povećan za 10,17% u odnosu na kontrolu. Najizraženiji učinak navodnjavanja na urod zrna kukuruza bio je u ekstremno toplom i vrlo sušnom vegetacijskom razdoblju 2012. god. kada je urod zrna značajno povećan na obje varijante navodnjavanja, za 22,66% (A2) i 39,48% (A3).
- b) Učinak navodnjavanja na kemijski sastav zrna razlikovao se po godini istraživanja. Tako je sadržaj proteina u zrnu značajno smanjen na obje varijante navodnjavanja (A2 i A3) u 2010. i 2012. god. Najveći sadržaj proteina ostvaren je u suhom ratarenju (A1). Povećanjem sadržaja vode u tlu sadržaj škroba u zrnu povećan je za 1,20% (A2) odnosno za 1,39% (A3) u ekstremno kišnoj 2010. god. Značajniji utjecaj navodnjavanja na sadržaj škroba ostvaren je u ekstremno toploj i sušnoj 2012. god. kada je na A3 varijanti navodnjavanja sadržaj škroba povećan za 1,74%. Zabilježeno je povećanje sadržaja ulja u zrnu na obje varijante navodnjavanja premda statistički opravdano tek u 2011. god. kada je sadržaj ulja povećan za 3,28% (A2) odnosno za 2,99% (A3) u odnosu na kontrolu.

- c) Utjecaj navodnjavanja na istraživana fizikalna svojstva zrna bio je gotovo ujednačen u sve tri godine istraživanja. Tako je povećanjem sadržaja vode u tlu na obje varijante navodnjavanja (A2 i A3) hektolitarska masa vrlo značajno povećana u odnosu na kontrolu u sve tri godine istraživanja. Najznačajnije povećanje ostvareno je u ekstremno sušnoj 2012. god. kada je hektolitarska masa na A3 varijanti povećana za 3,04% u odnosu na kontrolu. Povećanjem sadržaja vode u tlu smanjena je apsolutna masa zrna u 2010. i 2011. god. premda vrlo značajno samo u ekstremno kišnoj 2010. god. i to za 7,59% (A2) odnosno za 10,75% (A3). Apsolutna masa rasla je s povećanjem sadržaja vode u tlu (A2 i A3) u ekstremno sušnoj 2012. god. premda ne statistički opravdano.
- d) Gnojidba dušikom vrlo značajno je povećala urod zrna na obje varijante gnojidbe (B2 i B3) u odnosu na kontrolu u sve tri godine istraživanja. Najveći urod zrna ostvaren je na B3 varijanti gnojidbe. Najizraženije povećanje uroda ostvareno je u 2010. god. kada je urod na B3 varijanti povećan za 102,15% u odnosu na kontrolu. Pozitivan učinak dušične gnojidbe na urod najmanje je izražen u ekstremno sušnoj 2012. god. kada je na B3 varijanti zabilježeno povećanje od 17,85% u odnosu na kontrolu.
- e) Gnojidba dušikom (B2 i B3) vrlo je značajno utjecala na povećanje sadržaja proteina u zrnu u sve tri godine istraživanja. Najznačajnije povećanje ostvareno je 2011. god. kada je sadržaj proteina na B3 varijanti povećan za 10,31% u odnosu na kontrolu. Povećanjem količine dušičnih gnojiva (B2 i B3) sadržaj škroba je smanjivan u sve tri godine istraživanja premda statistički vrlo značajno u 2011. god. i to za 0,75% (B3) u odnosu na kontrolu. Utjecaj dušične gnojidbe na sadržaj ulja u zrnu varirao je ovisno o godini. Tako je sadržaj ulja značajno smanjen (B2 i B3) u 2010. god. dok je u 2012. god. povećan.
- f) Gnojidba dušikom vrlo značajno je povećala hektolitarsku masu u ekstremno kišnoj 2010. god. na obje varijante (B2 i B3) dok je u 2011. i 2012. god. značajno povećanje hektolitarske mase na B2 varijanti. Apsolutna masa vrlo značajno je rasla povećanjem količine dušičnih gnojiva u sve tri godine istraživanja. Najizraženije povećanje apsolutne mase ostvareno je u ekstremno kišnoj 2010. god. kada je na B3 varijanti apsolutna masa povećana za 23,31% u odnosu na kontrolu.
- g) Genotip je vrlo značajno utjecao na sva ispitivana svojstva tijekom trogodišnjeg istraživanja. Tijekom trogodišnjeg istraživanja najviši urod zrna ostvaren je kod hibrida C3 = OSSK602 koji je pokazao dobru prilagodljivost na agroekološke uvjete, dobru tolerantnost na sušu i veliki potencijal rodnosti. Tako je u ekstremno vlažnoj hibrid

ostvario za 38,47% veći urod u odnosu na hibrid sa najnižim urodom (C4), a za 12,24% viši urod u ekstremno sušnoj 2012. god. u odnosu na C1 = OSSK596. Isto tako, kod spomenutog hibrida zabilježen je i najveći sadržaj proteina 2010. (7,68%) i 2011. god. (8,11%), dok je u ekstremno sušnoj 2012. god. najveći sadržaj proteina (10,33%) zabilježen kod C1 hibrida. Tijekom istraživanja u pogledu sadržaja škroba ističe se hibrid C4 = OSSK552 (73,61%; 73,44%) u prve dvije godine istraživanja dok je najveći sadržaj škroba u 2012. god. ostvaren kod hibrida C1 = OSSK596 (76,48%). U pogledu sadržaja ulja u zrnu tijekom ekstremno kišne 2010. god. ističe se hibrid C3 = OSSK602 (3,42%) dok je u sušnim godinama 2011. i 2012. najveći sadržaj ulja ostvaren kod hibrida C1 = OSSK596 (3,54%; 4,81%).

- h) Ovisno o godini značajne su interakcije navodnjavanje x gnojidba dušikom (A x B) te navodnjavanje x genotip (A x C) na ispitivana svojstva. Najizraženiji utjecaj spomenutih interakcija je na urod zrna i to u ekstremno kišnoj 2010. god. kada je gnojidba dušikom (B2 i B3) ublažila stres izazvan navodnjavanjem. Tako je na A2B3 interakciji urod povećan za 106,62% u odnosu na kontrolu (A2B1), a za 89,48% na A3B3 interakciji.
- i) Utvrđena je negativna korelacija (bez značajnosti) između navodnjavanja i uroda zrna ($r = -0,09$) u 2010. god. dok je u preostale dvije godine korelacija bila pozitivnog smjera, a najjača u ekstremno sušnoj 2012. god. ($r = 0,79^{**}$). Utvrđena je jaka korelacija negativnog smjera između uroda i sadržaja proteina u 2011. i 2012. god. dok je korelacija u ekstremno kišnoj 2010. god. bila pozitivna radi smanjivanja uroda na varijantama navodnjavanja. Nasuprot tomu, srednje jaka ($r = 0,42^{**}$) 2011. god. i slaba korelacija ($r = 0,21^{**}$) 2012. god. pozitivnog smjera je između uroda i sadržaja škroba dok je u ekstremno vlažnoj 2010. god. slaba korelacija ($r = -0,23^{**}$) negativnog smjera.
- j) Utvrđena je pozitivna korelacija između gnojidbe dušikom i uroda. Najjača korelacijska veza zabilježena je 2010. god. ($r = 0,87^{**}$) i 2011. god. ($r = 0,88^{**}$). Jaka korelacija pozitivnog smjera zabilježena je između gnojidbe dušikom te sadržaja proteina u sve tri godine istraživanja. Jaka korelacijska veza negativnog smjera zabilježena je između gnojidbe dušikom i sadržaja škroba, statistički opravdana 2011. god. ($r = -0,55^{**}$). Pozitivna i statistički opravdana korelacijska veza pozitivnog smjera zabilježena je između gnojidbe dušikom i apsolutne mase. Najizraženija korelacija je zabilježena 2010. god. ($r = 0,62^{**}$) i 2011. god. ($r = 0,50^{**}$).
- k) Utvrđena je negativna korelacija između sadržaja proteina i škroba što potvrđuje genetski antagonizam. Srednje jaka korelacija negativnog smjera ($r = -0,48^{**}$) u

ekstremno kišnoj 2010. god. dok je korelacijska veza u 2011. god. bila vrlo jaka ($r = -0,81^{**}$).

- l) Korelacijska veza između sadržaja ulja i preostalih ispitivanih svojstava također je bila različita ovisno o godini, prvenstveno vremenskim uvjetima. Tako je utvrđena negativna korelacija između sadržaja ulja u zrnu sa škrobom, hektolitarskom, urodom i apsolutnom masom u ekstremno kišnoj 2010. god. dok je u preostale dvije godine korelacija bila pozitivnog smjera.
- m) Na osnovu provedenog trogodišnjeg istraživanja proizvođačima je moguće dati slijedeću preporuku: hibrid OSSK602 pokazao je dobru tolerantnost na sušu, najveća učinkovitost navodnjavanja postiže se u sušnim godinama, najviši urodi zrna kukuruza ostvaruju se kod gnojidbe 200 kg N ha^{-1} , dok se najučinkovitije usvajanje dušika postiže gnojidbom sa 100 kg N ha^{-1} . U godinama sa ekstremnim količinama oborine vodni stres izazvan suviškom vode ublažava gnojidba dušikom (što je veća količina dodanog gnojiva to su manji gubitci uroda), a suvišak vode potrebno je u što kraćem vremenskom razdoblju ukloniti sa površine tla. Za pravilno određivanje trenutka početka navodnjavanja *Watermark* senzori kao i uređaj pokazali su korisnost u praksi. Ovisno o željenim kemijskim svojstvima zrna potrebno je planirati primjenu agrotehničkih mjera (smanjen sadržaj proteina u navodnjavanju, a povećan gnojidbom dušikom).

7. LITERATURA

1. Abbas G., Hussain A., Ahmad A., Wajid S.A. (2005): Effect of Irrigation Schedules and Nitrogen Rates on Yield and Yield Components of Maize. *Journal of Agriculture&Social Sciences Vol. 1, No. 4*, 335-38.
2. Allen G. R., Pereira R. S., Raes D., Smith M., (1998): Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 1998.
3. Bensa A., Sever Š. Z., Rubinić V., Ninčević T. (2012.): Ispiranje nitrata pri gnojdbi kukuruza različitim dozama dušika. *Zbornik radova 47. hrvatskog i 7. međunarodnog savjetovanja agronoma. Opatija, 2012.*, 35-39.
4. Bertić B., Lončarić Z., Vukadinović V., Vukobratović M., Vukobratović Ž., Teklić T. (2006): Maize yield responses to mineral fertilization. *Proceedings of the V. Alps-Adria Scientific Workshop, Opatija, Croatia, 6-11 March, 2006.*
5. Blumenthal J.M., Baltensperger DD, Cassman K.G., Mason S.C., Pavlista A.D. (2008.): Importance and Effect of Nitrogen on Crop Quality and Health. *Nitrogen in the Environment: Sources, Problems and Management*, 50-68.
6. Blümling, B., Yang, H., Pahl-Wostl, C. (2011.): Proposal for the integration of irrigation efficiency and agricultural water productivity. *Options méditerranéennes. Series B*, **57**:263-280.
7. Cakir R. (2004): Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crop Research* 89 (2004) 1-16.
8. Decker W.L. (1947): Estimation of silking date of corn in Iowa. Unpublished M.S. thesis. Iowa State College, Iowa. Ames, Iowa.
9. Dioudis P. S., Filintas A. T., Papadopoulus A. H. (2009): Corn Yield Response to Irrigation Interval and the Resultant Savings in Water and Other Overheads. *Irrigation and drainage* 58: 96-104.
10. Dóka L., Pepó P. (2007): Role of Watersupply in Monoculture Maize (*Zea mays* L.) production. VI. Alps-Adria Scientific Conference, Obervellach, 30th April to 5th May, Austria, 2007., 353-356.
11. Državni zavod za statistiku (2011.): Priopćenje - Zaštita od poplava, regulacija rijeka i navodnjavanje u 2010. Dostupno na: http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2011/06-01-07_01_2011.htm. 27.04.2013., 20:41.

12. Državni hidrometeorološki zavod (2008.): Klimatski atlas Hrvatske. Dostupno na: http://klima.hr/razno/publikacije/klimatski_atlas_hrvatske.pdf, 06. 05. 2013. god., 19:47.
13. Državni hidrometeorološki zavod (2010.): Praćenje i ocjena klime u 2010. god. Dostupno na: <http://klima.hr/razno/publikacije/prikazi/klima2010.pdf>, 03. 05. 2013. god., 10:48.
14. Državni hidrometeorološki zavod (2013.): Klima i klimatske promjene. Dostupno na: http://klima.hr/klima.php?id=klimatske_promjene#sec1, 03. 05. 2013. god., 10:37.
15. El Hallof N., Sárváry M. (2004): Relationship between yield quality and quantity of maize hybrids and fertilizer. VI. Alps-Adria Scientific Conference, Obervellach 30th April to 5th May, Austria, 2007. 369-372.
16. Fairweather H., Austin N., Hope M. (2011): Water use efficiency. National Program for Sustainable Irrigation. 5.
17. Ferreira da Silva P.G., Strieder M.L., Coser P.S., Rambo L., Sangoi L., Argenta G., Forsthofer E. L., Alves da Silva A. (2005): Grain yield and kernel crude protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dressing. *Sci. Agric.* v.62, n.5, 487-492.
18. Food and Agriculture Organization of the United Nations (1992): Maize in Human Nutrition. Dostupno na: <http://www.fao.org/docrep/T0395E/T0395E00.htm#Contents>, 26. travnja 2013., 21:11.
19. Food and Agriculture Organization of the United Nations (1985): Water Quality for Agriculture. Dostupno na: <http://www.fao.org/docrep/003/T0234E/T0234E00.htm>, 23. svibnja 2013. god., 22:31.
20. Filipović V., Petošić D., Nakić Z. (2013.): Prisutnost nitrata u podzemnim vodama; izvori i procesi. *Hrvatske vode*, 21(2013), 119-128.
21. Food and Agriculture Organization of the United Nations (1998): Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Dostupno na: <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.HTM>. 13. lipnja 2013. god., 10:37.
22. Grbeša D., Kiš D., Kočila P. (2012.): Hranjivost suši izloženog kukuruza. VIII. savjetovanje uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj. 15.-16. 11. 2012., Osijek.
23. Hamdy, A. (2011): Water Use efficiency In Irrigated Agriculture: an analytical review. *Options méditerranéennes. Series B*, **57**:9-19.
24. Hanna W. F. (1925): The nature of the growth rate in plants. *Sci. Agr.* 5: 133-138.

25. Hegyi Z., Árendás T., Pintér J., Marton C. I. (2008): Evaluation of the grain yield and quality potential of maize hybrids under low and optimum water supply levels. VII. Alps-Adria Scientific Workshop. Stara Lesna, Slovakia, 28th April to 2nd May, 2008, 1263-1266.
26. Hegyi Z., Pók I., Berzy T., Pintér J., Marton C. (2008): Comparison of the grain yield and quality potential of maize hybrids in different FAO maturity groups. *Acta Agronomica Hungarica*, 56(2), 161-167.
27. Hegyi Z., Berzy T. (2009): Effect of abiotic stress factors on the yield quantity and quality of maize hybrids. Proceedings of VIII. Alps-Adria Scientific Conference. Neum, Bosnia-Herzegovina, 27th April to 2nd May 2009, 233-236.
28. Holou R.A.Y., Kindomihou V. (2011): Impact of Nitrogen Fertilization on the Protein, Oil, Starch, and Ethanol Yield of Corn (*Zea mays* L.) Grown for Biofuel Production. *Journal of Life Sciences*; Dec2011, Vol. 5 Issue 12, 1013.
29. Hu Q., Buyanovsky G. (2003): Climate effects on Corn Yield in Missouri. *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 42, 1626-1635.
30. Huzsvai L., Ványiné S. A. (2009): Water stress. In which cases does irrigation reduce the yield of maize? Proceedings of VIII. Alps-Adria Scientific Conference. Neum, Bosnia-Herzegovina, 27th April to 2nd May 2009. 45-48.
31. Ibrahim S. A., Kandil H. (2007): Growth, Yield and Chemical Constituents of Corn (*Zea Maize* L.) As Affected by Nitrogen and Phosphorus Fertilization under Different Irrigation Intervals. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(10): 1112-1120.
32. Idikut L., Atalay A. I., Kara S. N., Kamalak A. (2009): Effect of Hybrid on Starch, Protein and Yields of Maize Grain. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(10): 1945-1947.
33. Izsáki Z. (2007): Quality of Maize (*Zea mays* L.) Kernels as Affected by the NP Supplies of the Soil. *Acta Agronomica Hungarica*, 55(1): 99-114.
34. Josipović M. (2004.): Navodnjavanje, zaštita voda i tla u održivoj poljoprivredi istočne Hrvatske. Izvješće za Hrvatske vode. Poljoprivredni institut Osijek, 2004.
35. 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.
36. Josipović M., Plavšić H., Šoštarić J., Madjar S., Marković M. (2009.): Učinkovitost i iskustva navodnjavanja na poljoprivrednim površinama. Hrvatsko agronomski društvo. Zadar, 28. – 29. svibnja 2009.

37. Josipović M., Kovačević V., Brkić I., Marković M., Sudar R., Šoštarić J. (2010^a): Irrigation, nitrogen fertilization and genotype impact on oil status in maize grain. Zbornik radova 3. međunarodnog znanstveno-stručnog skupa "Poljoprivreda u zaštiti prirode i okoliša". Vukovar, 31.05 - 02. 06. 2010., 65-70.
38. Josipović M., Kovačević V., Plavšić H., Jambrović A., Liović I., Marković M. (2010^b): Effect of irrigation, N fertilization and genotype to starch concentration in maize grain. Zbornik radova 3. međunarodnog znanstveno-stručnog skupa "Poljoprivreda u zaštiti prirode i okoliša". Vukovar, 31.05 - 02. 06. 2010., 71-76.
39. Josipović M., Plavšić H., Brkić I., Sudar R., Marković M. (2010^c): Irrigation, nitrogen fertilization and genotype impacts on yield and quality of maize grain. Proceedings of 9th Alps-Adria Scientific Workshop. Špičak, Republika Češka, 12th to 17th April 2010, 255-258.
40. Josipović M., Kaučić D., Kovačević V., Brkić I. (2011.): Utjecaj temperaturnog i oborinskog režima na vegetaciju proljetnih usjeva 2011. godine. Dani polja kukuruza, soje, suncokreta i krmnog bilja, znanstveni izvještaj. Poljoprivredni institut Osijek, 2011.
41. Josipović M., Sudarić A., Liović I., Šoštarić J., Marković M., Plavšić H. (2011.): Urod soje (*Glycine May (L.) merr.*) i ispiranje dušika u navodnjavanju i gnojidbi dušikom. Zbornik radova 5. hrvatska konferencija o vodama, 18. – 21. 05. 2011., Opatija. 917-928.
42. Jurišić M. (2007.): Reakcija kukuruza na gnojidbu dušikom i mikroelementima, sklop i režim vlažnosti hidromelioriranog tla. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 62(3-4): 227-236.
43. Kaman H., Kirda C., Sesveren S. (2011): Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, Vol. 98 (5), 801-807.
44. 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.
45. Klimasoft 2.2.3. (2013.): Dostupno na:
<http://www.monachus-informatika.hr/klimasoft.aspx>, 16.05.2013. god., 9:58.
46. Kovačević V. (2004.): Precipitation influences on maize yield in eastern Croatia. Proceedings of III. Alps-Adria Scientific Workshop. Dubrovnik, 1. - 6. 03. 2004., 295-299.
47. Kovačević V., Josipović M., Kaučić D., Lončarić Z. (2005): Weather conditions impacts on maize yields in northern Croatia. Proceedings of International Conference on Climate

- Change: Impacts and Responses in Central and Eastern European Countries, Pecs 5. – 8. 11. 2005., Hungary, 237-242.
48. Kovačević V., Šimić D., Šoštarić J., Josipović M. (2007^a): Precipitation and temperature regime impacts on maize yields in eastern Croatia. *Maydica* 52: 301-305.
49. Kovačević V. (2007^b): Precipitation and temperatures influences on maize yield in eastern Croatia. Proceedings of 3th international meeting “Agriculture and local development”. Vrnjačka Banja, Srbija. 13-15. 07. 2007.
50. Kovačević, Vlado; Šoštarić, Jasna; Josipović, Marko; Iljkić, Dario; Marković, Monika (2009.): Precipitation and temperature regime impacts on maize yields in Eastern Croatia. *Journal of Agricultural Sciences (2066-1843)*, 41 (2009); 49-53.
51. Kucharik C.J., Serbin S.P. (2008.): Impacts of recent climate change on Wisconsin corn and soybean yield trends. *Environment Research Letter* 3 (2008), 1-10.
52. Lobell D.B., Field C. B. (2007): Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environment Research Letter* 2 (2007) 1-7.
53. Mađar, S., Šoštarić, J., Tomić, F., Marušić, J. (1998.): Neke klimatske promjene i njihov utjecaj na poljoprivredu Istočne Hrvatske, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Znanstveni skup s međunarodnim sudjelovanjem: Prilagodba poljoprivrede i šumarstva klimi i njenim promjenama, 127-135, Zagreb.
54. Mansouri-Far C., Sanavy S. A. M., Saberali S. F. (2010): Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. *Agricultural Water Management*, Vol. 97 (1), 12-22.
55. Marković M, Josipović M., Šoštarić J., Brkić I., Krizmanić G., Plavšić H. (2011): Irrigation and N fertilization impact on maize yield (*Zea Mays L.*) and nitrogen leaching. *Zbornik radova 5. hrvatska konferencija o vodama, Opatija*, 18. – 21. 05. 2011. 929-936.
56. Maqsood S. U., Farooq M., Hussain S., Habib A. (2003): Effect of Planting Patterns and different Irrigation Levels on Yield and Yield Component of Maize (*Zea mays L.*). *International Journal of Agriculture & Biology*, 5(1): 64-66.
57. Mayer L. I., Rossini M. A., Maddonni G. A. (2012): Interplant variation of grain yield components and kernel composition of maize crops grown under contrasting nitrogen supply. *Field Crop Research*. Vol. 125 (18), 98-108.
58. McCalla A.G., Weir J.R., Neatby K.W. (1939): Effect of temperature and sunlight on the rate of elongation of stems of maize and gladiolus. *Can. J. Research C17*: 388-409.

59. Miao Y., Mulla D. J., Robert P. C., Hernandez J. A. (2006): Within-Field Variation in Corn Yield and Grain Quality Responses to Nitrogen Fertilization and Hybrid Selection. *Agronomy Journal*, Vol. 98, 129-140.
60. Moser S. B., Feil B., Jampatong S., Stamp P. (2006): Effect of pre-anthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. *Agricultural Water Management* 81 (2006.) 41–58.
61. Muhhamad R., Hakoomat A., Tariq M. (2004): Impact of nitrogen and sulphur application on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) crop. *Journal of Research (Science)*, 15 (2), 153-157.
62. Osječko-baranjska županija (2006.): Regionalni operativni program. Temeljna analiza. *Klima OBŽ*, str. 7.
63. Osječko-baranjska županija (2011.): Informacije o stanju i problematici biljne proizvodnje na području Osječko-baranjske županije. Dostupno na:
<http://hidra.srce.hr/arhiva/273/71282/www.obz.hr/hr/pdf/2011/18%20sjednica/Informacija%20o%20stanju%20i%20problematici%20biljne%20proizvodnje%20na%20podrucju%20Osjec%20ko-baranjske%20zupanije.pdf>, 08. 05. 2013. god., 11:04.
64. Oseni T.O., Masarirambi M.T. (2011): Effect of Climate Change on Maize (*Zea mays*) Production and Food Security in Schwaziland. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 11 (3): 385-391.
65. Pandey R.K., Maranville J.W., Admou A. (2000): Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment I. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management* 46 (2000) 1-13.
66. 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.
67. Petošić D., Tomić F. (2011.): *Reguliranje suvišnih voda*. Zagreb, 2011. Izdavač: Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje.
68. Petošić D., Mustać I. (2011.): *Značajke vodnog režima i kakvoće vode poljoprivrednih tala na području višenamjenskog kanala Dunav-Sava*. Zagreb, 2010.
69. Petošić D., Mustać I., Filipović V., Stričević I. (2011.^a): *Značajke međusobnog utjecaja kanala Dunav-Sava i poljoprivrede na agroekosustave*. Zbornik radova 46. hrvatskog i 6. međunarodnog simpozija agronoma. Opatija, 14. – 18. 02. 2011., 41-50.

70. Petošić D., Kovačević V., Mustać I., Filipović V., Dujlović D. (2011.^b): Utjecaj poljoprivrede na kakvoću procjednih voda na području melioracijskog kanala za navodnjavanje Biđ-Bosutskog polja. *Hrvatske vode* 19(2011), 78, 241-250.
71. Plavšić H., Josipović M., Andrić L., Jambrović A., Šoštarić J. (2007): Influences of irrigation and N fertilization on maize (*Zea mays* L.) properties. Proceedings of VI. Alps-Adria Scientific Conference, Obervellach, 30th April to 5th May, Austria. 933-936.
72. Plavšić H. (2012.): Reakcija samooplodnih linija kukuruza na sadržaj vode i dušika u tlu. Doktorska disertacija. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijeku 2012. god.
73. Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (2004.). Narodne novine 182/04.
74. Rehman A., Saleem M. F., Safdar M.E., Hussain S. (2011): Grain Quality, Nutrient use Efficiency, and Bioeconomics of Maize Under Different Sowing and NPK Levels. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71(4), 2011.
75. Romić D. (2006.): Navodnjavanje. Agronomski fakultet Zagreb, 2006.
76. Saif U., Maqsood M., Farooq M., Hussain S., Habib A. (2003): Effect of Planting Patterns and different Irrigation Levels on Yield and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Agriculture&Biology*. Vol. 5, No. 1, 64-66.
77. Shaw R. (1962): Kukuruz i unapređenje njegove proizvodnje. Klimatski uvjeti. Accademic Press Inc.. Str. 303.
78. Siam H. S., Abd-El-Kader M. G., El-Alia H. I. (2008): Yield and Yield Components of Maize as Affected by Different Sources and Application Rates of Nitrogen Fertilizer. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(5): 339-412.
79. Sipos M., Kincses I., Berta Szabo E. (2009): Study of the effect of limiting production factors - hybrids, nutrient-supply levels and irrigation – on the yield and starch content of maize (*Zea Mays* L.). Proceedings of VIII. Alps-Adria Scientific Conference. Neum, Bosnia-Herzegovina, 27th April to 2nd May 2009. 145-148.
80. Sepaskhah A.R., Parand A.R. (2006): Effects of Alternative Furrow Irrigation with Supplemental Every-Furrow Irrigation at Different Growth Stages on the Yield of Maize (*Zea mays* L.). *Plant Production Science* Vol. 9, 415-421.
81. Sprague G.F. (1962.): Kukuruz i unaprjeđenje njegove proizvodnje. Proizvodnja kukuruza u svijetu. Academic press, New York, 1962. (Zadružna knjiga Beograd 1962., Preveli s engleskog: inž. Vladimir Cvetković, dr. Krsto Rosić, inž. Vladimir Trifunović)
82. Stewart B.A., Howell T.A., Trimble S.W. (2003): Encyclopedia of Water Science. Marcel Dekker Inc. New York. 467-472.

83. Stringfield G.H. (1962): Kukuruz i unaprjeđenje njegove proizvodnje. Agrotehnika kukuruza. Academic press, New York, 1962. (Zadružna knjiga Beograd 1962., Preveli s engleskog: inž. Vladimir Cvetković, dr. Krsto Rosić, inž. Vladimir Trifunović)
84. Svečnjak Z., Varga B., Grbeša D., Pospišil M., Maćešić D. (2007): Environmental and management effects on grain quality of maize hybrids. Proceedings of VI. Alps-Adria Scientific Workshop, Obervellach, Austria, 30th April to 5th May 2007., 1117-1120.
85. Šimunić I., Pandžić K., Ivančan Picek B., Bogunović M., Husnjak S. (2007.^a): Analiza manjka vode za razne biljne kulture. Agronomski glasnik, 3: 167-178.
86. Šimunić I., Husnjak S., Tomić F. (2007.^b): Utjecaj suše na smanjenje prinosa poljoprivrednih kultura. Agronomski glasnik, 5: 343-355.
87. Šimunić I., Husnjak S., Senta A., Tomić F. (2008.): Utjecaj suše na visinu priroda poljoprivrednih kultura. Zbornik radova 43. hrvatskog i 3. međunarodnog simpozija agronomije. Opatija, 18. – 21. 05. 2011, Hrvatska. 51- 55.
88. Šošćarić J. (1996.): Suša u poljoprivredi i potrebe za navodnjavanjem u istočnoj Hrvatskoj. Disertacija, Poljoprivredni fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, 1996.
89. Šošćarić J., Marković M., Šimunić I., Josipović M. (2012): Irrigation – aspiration or necessity. Proceedings of 4th International Scientific and Expert Conference TEAM 2012. Slavonski Brod 17. – 19. 10. 2012., Hrvatska. 17-20.
90. Takac, J., Nejedlik, P., Siska, B. (2008.): Irrigation water use efficiency. Adagio, Cecilia, Cost734 Workshop, Jois, AT, Oct. 6-8., 2008.
91. Tomić F., Šimunić I., Romić D., Petošić D. (2011.): Navodnjavanje – mjera unapređenja poljoprivrede na jadranskom području. Zbornik znanstvenog skupa Šumarstvo i poljoprivreda hrvatskog Sredozemlja na pragu EU. Split, 2011.
92. Tomić F. (2012.): Razvoj poljoprivrede primjenom navodnjavanja u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji. Radovi Zavoda za znanstvenoistraživački i umjetnički rad u Bjelovaru, sv. 6 (2012), 1-15.
93. Tsai C.Y., Dweikat I., Huber D.M., Warren H.L. (1992): Interrelationship of nitrogen nutrition with maize (*Zea mays* L.) grain yield, nitrogen efficiency and grain quality. Journal of Science and Food Agriculture, v.58, p.1-8, 1992.
94. Uribeblarrea M., Below F. E., Moose S. P. (2004): Grain Composition and Productivity of Maize Hybrids Derived from the Illinois Protein Strains in Response to Variable Nitrogen Supply. Crop Science 44: 1593-1600.

95. Ványiné Széles A., Ragán P., Nagy J. (2012): The effect of natural water supply and irrigation on the moisture content of the soil and maize yield. Proceedings of 11th Alps-Adria Scientific Workshop, Smolenice, 26th to 31th March 2012, Slovakia, 121-124.
96. Vlada Republike Hrvatske (2005.): Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj. Zagreb, 2005.
97. Vučetić V. (2008): Modeling of maize production in Croatia: present and future climate. *Journal of Agricultural Science* (2011), 149, 145–157.
98. Vukobratović M, Pintiće-Pukec N., Samobor V., Vukobratović Ž., Pintiće V., Kalember Đ. (2008.): Utjecaj gnojidbe na urod, kemijski sastav i hranidbenu vrijednost klipa i zrna kukuruza. *Krmiva* 50: 137-145.
99. Zhang Y., Kendy E., Qiang Y., Changming L., Yanjun S., Hongyong S. (2004): Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 107-122.

8. SAŽETAK

Trogodišnje istraživanje (2010. do 2012. god.) provedeno je na pokušalištu Poljoprivrednog instituta iz Osijeka, a dio je dugogodišnjeg stacionarnog pokusa. Istraživan je utjecaj navodnjavanja (glavni čimbenik A), gnojidbe dušikom (pod čimbenik B) i genotipa (pod podčimbenik C) na urod i kvalitetu zrna hibrida kukuruza (*Zea mays* L.).

Navodnjavanje je provedeno u tri varijante gdje je A1 bila kontrolna varijanta. Na A2 varijanti sadržaj vode u tlu je održavan na razini 60 - 100% poljskog vodnog kapaciteta (PVK) dok je na A3 varijanti sadržaj vode u tlu održavan na razini 80 do 100% PVK. Gnojidba dušikom provedena je u tri varijante gdje je B1 bila kontrolna varijanta (0 kg N ha⁻¹). Na B2 varijanti dodavano je 100 kg N ha⁻¹, a na B3 varijanti 200 kg N ha⁻¹. Osnovna gnojidba kukuruza dušikom (1/3 ukupnog dušika) obavljena je u jesen (UREA). Jednaka količina gnojiva unesena je predstjetveno u tlo. Tijekom razdoblja vegetacije izvršene su dvije prihrane KAN-om. Prva prihrana (1/6) obavljena je kultivacijom kukuruza u fazi 6-8 listova, a druga u fazi 8 do 10 listova (1/6). U istraživanju su korištena četiri hibrida kukuruza (FAO 500 i 600), C1= OSSK596, C2 = OSSK617, C3 = OSSK602 i C4 = OSSK552. Kukuruz je navodnjavan samohodnim sektorskim rasprskivačem, a trenutak početka navodnjavanja određen je mjerenjem vlažnosti tla pomoću *Watermark* senzorova. Provedena je uobičajena agrotehnika u proizvodnji kukuruza. Vremenske prilike tijekom istraživanja značajno su se razlikovale, posebice u pogledu količine oborine. Ističe se 2010. god. kao ekstremno kišna kada je na području Osijeka proglašena elementarna nepogoda prevelike količine oborine i poplave što je utjecalo na vrijeme izvođenja radova kao i rezultate istraživanja.

Analizom varijance utvrđene su statistički vrlo značajne razlike u veličini uroda u sve tri godine istraživanja. Urod je rastao povećanjem norme navodnjavanja sa iznimkom 2010. god., kada je najviši urod (9,24 t ha⁻¹) ostvaren na kontroli (A1). Najizraženiji učinak navodnjavanja na urod zrna kukuruza bio je u ekstremno toplom i vrlo sušnom vegetacijskom razdoblju 2012. god. Učinak navodnjavanja na kemijski sastav zrna razlikovao se po godinama istraživanja. Sadržaj proteina u zrnu smanjen je povećanjem sadržaja vode u tlu na obje varijante navodnjavanja u 2010. i 2012. god. Nasuprot tome sadržaj škroba i ulja (n.s.) u zrnu rastao je na obje varijante navodnjavanja. Najizraženije povećanje sadržaja škroba zabilježeno je u 2012. god. Porastom količine dodane vode rasla je hektolitarska masa kukuruza dok je apsolutna masa smanjena. Gnojidba dušikom vrlo značajno je povećala urod zrna, sadržaj proteina u zrnu te hektolitarsku i apsolutnu u sve tri godine istraživanja. Utvrđen je vrlo značajan učinak genotipa na sva ispitivana svojstva tijekom trogodišnjeg istraživanja. Smjer i

jačina korelacijskih veza između svojstava (međusobno) i čimbenika u istraživanju razlikovali su se po godinama istraživanja prvenstveno radi specifičnih vremenskih uvjeta 2010. god.

Ključne riječi: navodnjavanje, gnojidba dušikom, genotip, urod, kemijski sastav zrna

9. SUMMARY

The three years' research (from year 2010 to 2012), conducted on a trial field of the Institute of Agriculture in Osijek, is a part of a long stationary experiment. The objective of research was the impact of irrigation (main factor, A), nitrogen fertilization (second factor, B), and the genotype (third factor, C) on the grain yield and the quality of maize hybrids (*Zea mays* L).

The irrigation scheduling was main factor where A1 treatment was the control, rain-fed plot. In A2 treatment the soil water content was 60 - 100% of the field water capacity (FWC), while in the A3 treatment the soil water content was 80 to 100% FWC. Nitrogen fertilization as sub factor consisted of three levels where B1 was the control treatment (0 kg N ha⁻¹). In B2 treatment 100 kg N ha⁻¹, while in B3 treatment 200 kg N ha⁻¹ was added. Fall application (1/3 of all nitrogen) was in the form of UREA. The same amount of nitrogen was pre-sowing. During the vegetation period, two side dressing with CAN were carried out. The first side dressing (1/6 of nitrogen) by cultivating the maize in 6-8 leaves phase, while the second one was carried out in 8 to 10 leaves phase (1/6 of nitrogen). Four maize hybrids (FAO 500 and 600) were used in the research, C1 = OSSK596, C2 = OSSK617, C3 = OSSK602 and C4 = OSSK552. The maize was irrigated by a traveling sprinkler system. The moment of irrigation was set by measuring soil moisture with the Watermark sensor (gypsum block). During the period of the research the weather conditions significantly varied, especially concerning the amount of precipitation. The year 2010 stands out as extremely wet (rainy), when a natural disaster of flood was proclaimed, due to high amount of precipitation, which had an influence on the results of the research.

Analysis of variance showed statistically significant differences in yield in all three years of research. Grain yield was higher as amount of irrigation water was higher, with an exception of year 2010, when the highest yield (9.24 t ha) was achieved at irrigation control plots (A1). The most distinctive impact the irrigation had on maize yield was during the very warm and very dry growth period of the year 2012. The impact of irrigation on grain chemical compounds differed in each year of the research. The amount of protein in grain was reduced by increasing soil water content in both irrigation treatments (2010 and 2012) which is opposite starch and oil content. The most distinctive increase of the amount of starch was noted in the year 2012. With the increase of irrigation water, the hectolitre weight of maize grew, while the

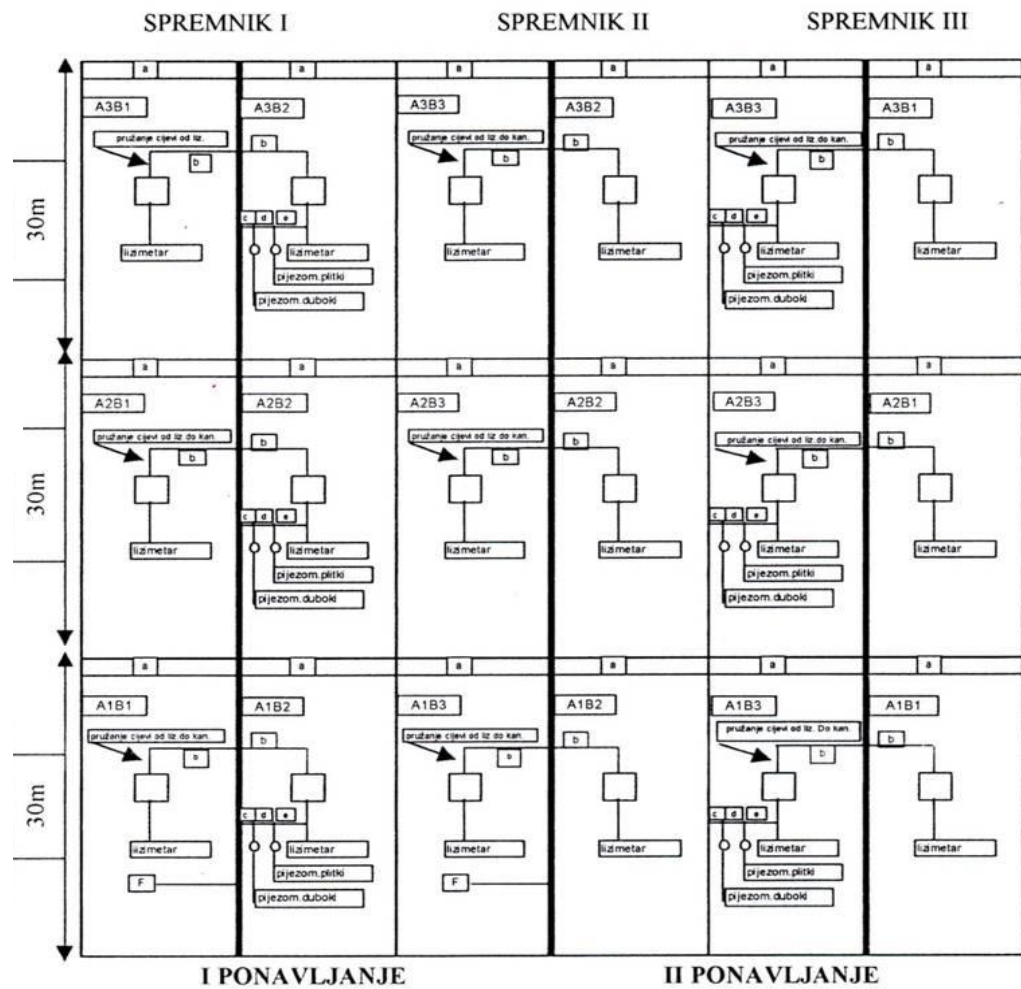
absolute weight was decreased. Nitrogen fertilization significantly influenced the grain yield, the protein content, as well as the hectolitre and absolute weights in all three years of research.

Maize hybrid had a vrey significant impact on all tested characteristics during the three year research. The course and the strength of correlation was year dependent, most of all on account of the weather conditions in the year 2010.

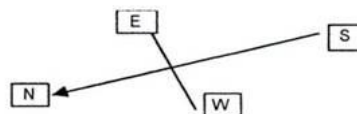
Key words: irrigation, nitrogen fertilization, genotype, yield, chemical compounds

10. PRILOG

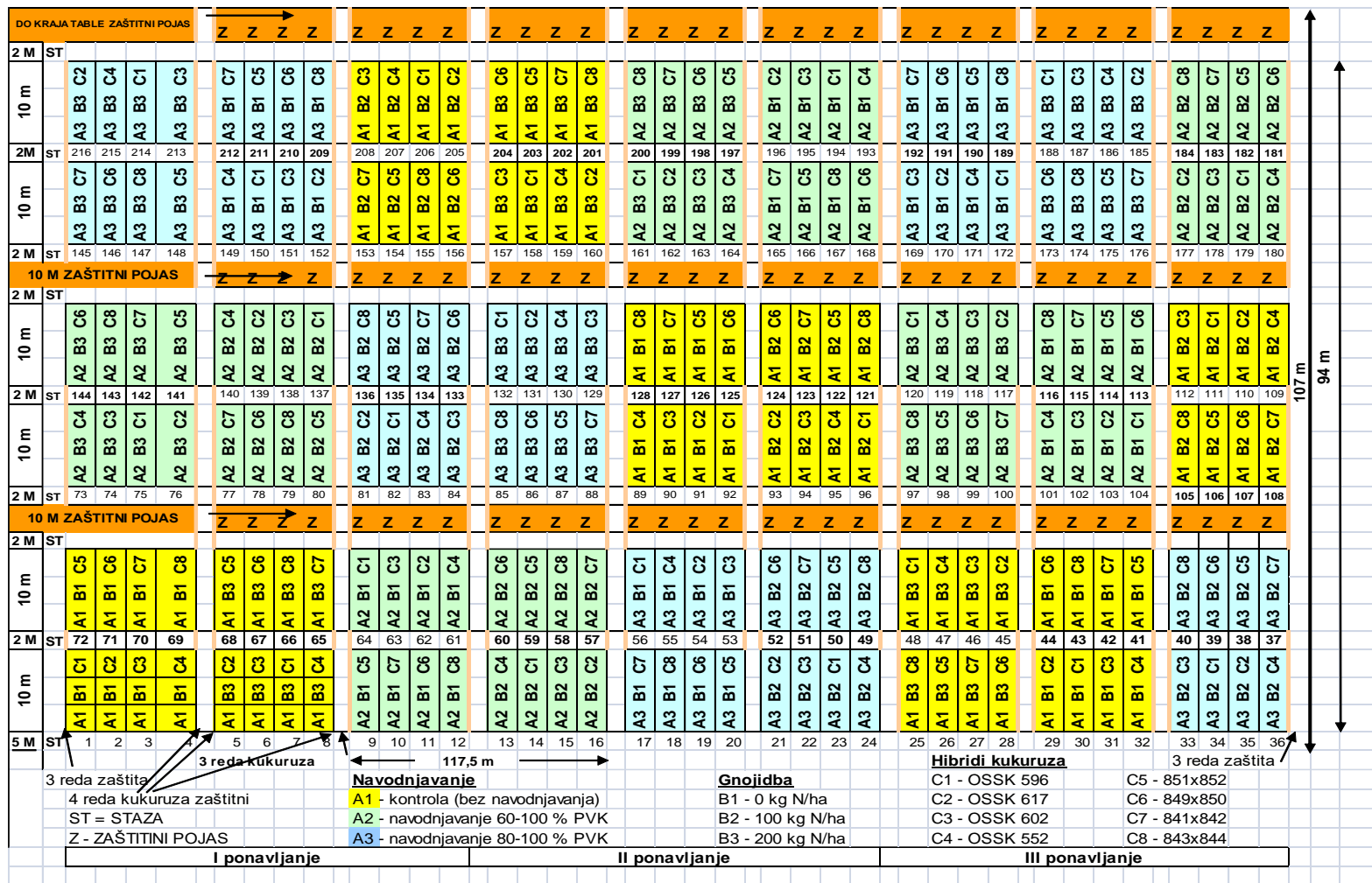
10.1. Prilog A



legenda: a-11,2m b-5,6m c-2,9m d-1,4m e-1,3m
 f-položaj ukopanih cijevi za izvlačenje filtrata (dubina 0,80m)



Shema 2. Prikaz ližimetarskih posuda



Prilog B

Schema 3. Prikaz poljskog pokusa sa varijantama istraživanja

10.3. Prilog C

Tablica 29. Srednja mjesečna i godišnja relativna vlaga zraka

Godina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2010.	88	86	74	74	76	78	74	75	82	82	84	88
2011.	88	84	78	68	70	72	69	65	65	76	89	89
2012.	82	85	66	72	73	69	59	53	67	81	85	87

Tablica 30. Srednje mjesečne i godišnje sume sisanja sunca

Godina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2010.	33,9	55,2	120,0	205,9	169,9	219,8	293,6	307,9	145,3	134,3	97,8	32,9
2011.	61,7	69,8	144,1	203,7	263,4	295,7	263,9	316,2	261,4	166,0	61,4	58,6
2012.	98,2	62,7	218,8	182,7	249,7	320,0	332,8	354,4	195,4	145,0	92,1	41,6

Tablica 31. Srednje mjesečne i godišnje jačine vjetra

Godina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2010.	1,8	1,9	2,1	1,8	2,1	1,8	1,7	1,5	1,5	1,6	1,8	1,9
2011.	1,6	1,6	1,8	1,6	1,7	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,7
2012.	2,0	1,8	1,8	1,9	1,6	1,6	1,7	1,6	1,7	1,6	1,8	1,7

Tablica 32. Srednje dnevne temperature suhog termometra (°C) izražene dekadno za razbolje istraživanja 2010. – 2012. god.

Godina	Mjesec	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	Dekada						
2010.	1	10,5	17,6	19,0	22,0	22,0	15,8
	2	11,2	12,3	23,9	26,3	23,3	16,5
	3	15,5	18,5	18,4	21,3	19,9	14,4
	Srednjak	12,4	16,5	20,4	23,2	21,7	15,6
2011.	1	13,3	12,4	21,0	22,8	21,8	22,5
	2	10,6	17,4	20,2	25,1	22,7	21,4
	3	16,7	19,9	21,2	19,0	24,4	17,2
	Srednjak	13,5	16,7	20,8	22,2	23,0	20,3
2012.	1	10,3	18,8	20,6	27,9	26,1	21,0
	2	10,9	14,7	22,7	23,8	21,8	16,8
	3	15,9	17,2	24,2	22,9	23,4	18,7
	Srednjak	12,5	16,9	22,5	24,8	23,7	18,8

Tablica 33. Dekadna količina oborina (mm) i efektivna oborina po varijantama navodnjavanja (A1, A2 i A3) za razdoblje istraživanja 2010.–2012. god.

Godina	Mjesec	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	Dekada						
2010.	1	9,9	2,4	80,5	2,5	89,2	24,9
	2	57,2	81,7	14,5	4,3	0,4	72,4
	3	4,0	36,7	139,0	24,7	21,2	11,1
	Srednjak	71,1	120,8	234,0	31,5	110,8	108,4
	Efektivna oborina						
	A1	63,0	97,5	146,4	29,9	91,2	89,6
	A2	63,0	97,5	146,4	59,4	91,2	89,6
A3	63,0	97,5	146,4	106,7	111,8	89,6	
2011.	1	0,1	25,8	41,9	12,9	1,8	5,7
	2	18,2	3,4	6,5	5,02	-	4,7
	3	0,1	52,0	1,5	55,8	2,8	5,5
	Srednjak	19,4	81,2	49,9	73,9	4,6	15,9
	Efektivna oborina						
	A1	18,8	70,7	45,9	65,2	4,6	15,5
	A2	18,8	70,7	96,9	89,9	4,6	15,5
A3	18,8	94,6	151,0	110,8	37,1	15,5	
2012.	1	4,0	14,1	40,8	-	-	2,0
	2	27,2	11,2	17,8	0,9	-	28,7
	3	14,3	68,4	9,3	46,9	4,0	1,6
	Srednjak	45,5	93,7	67,9	47,8	4,0	32,3
	Efektivna oborina						
	A1	42,2	79,7	60,5	44,1	4,0	30,6
	A2	42,2	79,7	86,0	115,4	36,6	30,6
A3	42,2	79,7	107,5	131,4	36,6	30,6	

A1=suho ratarenje; A2=60 -100% PVK; A3=80-100% PVK

Popis tablica u radu:

Tablica 1. Čimbenici i razine u istraživanju	16
Tablica 2. Radna svojstva sustava za navodnjavanje	18
Tablica 3. Vrijeme postavljanja senzora i broj izvršenih mjerenja u vegetaciji	21
Tablica 4. Interpretacija očitavanja na <i>Watermark</i> uređaju	22
Tablica 5. Rezultati deskriptivne statistike i analiza korelacije baždarenja <i>Watermark</i> uređaja	25
Tablica 6. Veličina i broj obroka navodnjavanja po varijantama navodnjavanja tijekom ispitivanog razdoblja (2010.–2012. god.)	25
Tablica 7. Ispitivani kemijski parametri u vodi za navodnjavanje	28
Tablica 8. Vrijeme uzorkovanja procjedne vode tijekom razdoblja istraživanja	29
Tablica 9. Primijenjena količina i oblici dušičnih gnojiva	30
Tablica 10. Osnovne značajke hibrida	32
Tablica 11. Radovi na pokusu tijekom istraživanja 2010. god. do 2012. god.	35
Tablica 12. Ukupna mjesečna i godišnja količina oborina (mm) u razdoblju od 2010. do 2012. god. i višegodišnji prosjek (1961.-1990.)	41
Tablica 13. Srednje mjesečne i prosječne godišnje temperature zraka (°C) u razdoblju od 2010. do 2012. god. i višegodišnji prosjek (1961.-1990.)	44
Tablica 14. Fizikalna svojstva, rezultati hidropedološke i kemijske analize tla s pokusne parcele	62
Tablica 15 _a . Rezultati analize uzoraka tla po varijantama istraživanja 2010. god.	63
Tablica 15 _b . Rezultati analize uzoraka tla po varijantama istraživanja 2011. god.	64
Tablica 15 _c . Rezultati analize uzoraka tla po varijantama istraživanja 2012. god.	64
Tablica 16. Kakvoća vode za navodnjavanje	65
Tablica 17. Mjesečna i godišnja količina ispranih nitrata (kg ha ⁻¹) po varijantama istraživanja 2010. i 2012. god.	66
Tablica 18. Učinak navodnjavanja (A)*, gnojidbe dušikom (B)* i genotipa (C)* na urod zrna kukuruza (2010.-2012. god.)	71
Tablica 19. Učinak navodnjavanja (A)*, gnojidbe dušikom (B)* i genotipa (C)* na sadržaj proteina u zrnu kukuruza (2010.-2012. god.)	74
Tablica 20. Učinak navodnjavanja (A)*, gnojidbe dušikom (B)* i genotipa (C)* na sadržaj škroba u zrnu kukuruza (2010.-2012. god.)	77

Tablica 21. Učinak navodnjavanja (A)*, gnojidbe dušikom (B)* i genotipa (C)* na sadržaj ulja u zrnu kukuruza (2010.-2012. god.)	79
Tablica 22. Učinak navodnjavanja (A)*, gnojidbe dušikom (B)* i genotipa (C)* na hektolitarsku masu zrna (2010.-2012. god.)	81
Tablica 23. Učinak navodnjavanja (A)*, gnojidbe dušikom (B)* i genotipa (C)* na apsolutnu masu zrna (2010.-2012. god.)	84
Tablica 24. Korelacijski koeficijenti (Pearson) za tretmane i ispitivana svojstva u razdoblju istraživanja (2010.-2012.)	87
Tablica 25. Učinkovitost navodnjavanja (UN), iskorištenje norme navodnjavanja (IVN) i indeks iskorištenja norme navodnjavanja (IIV) po varijantama navodnjavanja (A2 i A3) na urod zrna kukuruza tijekom razdoblja 2010./2012. god.	89
Tablica 26. Učinkovitost navodnjavanja (UN), iskorištenje norme navodnjavanja (IVN) i indeks iskorištenja norme navodnjavanja (IIV) po varijantama navodnjavanja (A2 i A3) i gnojidbe dušikom (B1, B2 i B3) na urod zrna kukuruza tijekom razdoblja 2010./2012. god.	90
Tablica 27. Učinkovitost gnojidbe dušikom i učinkovitost usvojenog dušika tijekom razdoblja istraživanja (2010./2012. god.)	91
Tablica 28. Učinkovitost gnojidbe i usvojenog dušika po varijantama navodnjavanja (A1, A2 i A3) tijekom razdoblja istraživanja (2010./2012. god.)	92
Tablica 29. Srednja mjesečna i godišnja relativna vlaga zraka	119
Tablica 30. Srednje mjesečne i godišnje sume sijanja sunca	119
Tablica 31. Srednje mjesečne i godišnje jačine vjetra	119
Tablica 32. Srednje dnevne temperature suhog termometra (°C) izražene dekadno za razdoblje istraživanja 2010. – 2012. god.	119
Tablica 33. Dekadna količina oborina (mm) i efektivna oborina po varijantama navodnjavanja (A1, A2 i A3) za razdoblje istraživanja 2010.–2012. god.	120

Popis slika u radu:

Slike u doktorskom radu izvoran su doprinos autora osim ako strani autor nije posebno naveden.

Slika 1. Rasprskivač za navodnjavanje kišenjem	19
Slika 2. Samohodni sektorski rasprskivač	19
Slika 3. Sustav tijekom navodnjavanja kukuruza u ranom porastu	19
Slika 4. Sustav tijekom navodnjavanja kukuruza u fazi metličanja	19
Slika 5. Pomicanje sustava prema koturu	20
Slika 6. Pomicanje sustava naprijed-nazad po suhom tlu	20
Slika 7. <i>Watermark</i> uređaj	20
Slika 8. <i>Watermark</i> senzor	20
Slika 9. Elektrode <i>Watermark</i> senzora	21
Slika 10. Očitavanje vrijednosti <i>Watermark</i> uređajem	21
Slika 11. Bušenje otvora za postavljanje <i>Watermark</i> senzora	22
Slika 12. Očitavanje vrijednosti <i>Watermark</i> uređajem	22
Slika 13. Priprema uzoraka tla u Kopecki cilindrima za kalibraciju <i>Watermark</i> senzora	23
Slika 14. Senzori ukopani u tlo sa elektrodama na površini tla	23
Slika 15. Izvodi lizimetara	29
Slika 16. Kanal za odvodnju za izvodima lizimetarkih posuda	29
Slika 17. Iscrtavanje parcela 2010. god.	33
Slika 18. Obilazak pokusa 2010. god. (Autor: J. Šoštarić)	33
Slika 19. Sjetva kukuruza „plenterima“ 2010. god.	33
Slika 20. Zaštita kukuruza 2010. god.	33
Slika 21. Uzorkovanje tla za analizu nakon skidanja pokusa 2010. god.	33
Slika 22. Prorjeđivanje sklopa	34
Slika 23. Međuredna obrada tla 2011. god.	34
Slika 23a. Međuredna obada tla 2012. god.	34
Slika 24. Navodnjavanje kukuruza 2011.	34
Slika 24a. Navodnjavanje kukuruza 2012.	34
Slika 25. Obilazak pokusa 2011. god. (Autor: H. Plavšić)	34

Slika 25a. Obilazak pokusa 2012. god.	34
Slika 26. Kombajn za ubiranje kukuruza (<i>Wintersteiger</i>)	36
Slika 27. Uzorkovanje kukuruza po varijantama istraživanja 2011. god.	36
Slika 28. Odvođenje suvišne vode 2010. god.	52
Slika 29. Retencijski kanal 2010. god.	52
Slika 30. Razlike u porastu kukuruza po varijantama navodnjavanja i gnojidbe 2010. god.	70

Popis grafikona u radu:

Grafikon 1. Krivulja baždarenja	24
Grafikon 2. Klimadijagrami prema H. Walter-u za razdoblje a) 2010. god., b) 2011. god., c) 2012. god. i d) 1961.-1990. god.	42
Grafikon 3. Odstupanja od mjesečnih količina oborina višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.) tijekom razdoblja 2010.-2012.	48
Grafikon 4. Evapotranspiracija (ET _o), efektivne oborine (P _{eff}) i bilanca vode (mm) u razdoblju od 2010. god. do 2012. god.	50
Grafikon 5. Evapotranspiracija kulture (ET _c)	51
Grafikon 6. Oborine (mm), razina podzemne vode (cm) i dinamika vode u tlu u razdoblju travanj-kolovoz 2010. god.	53
Grafikon 7. Oborine (mm), razina podzemne vode (cm) i dinamika vode u tlu u razdoblju travanj-kolovoz 2011. god.	56
Grafikon 8. Oborine (mm), razina podzemne vode (cm) i dinamika vode u tlu u razdoblju travanj-kolovoz 2012. god.	59
Grafikon 9. Koncentracija nitrata u procjednoj vodi u razdoblju od 2010. god. do 2012. god.	67
Grafikon 10. Prosječne vrijednosti ispitivanih svojstava u razdoblju istraživanja (2010.-2012.)	94
Grafikon 11. Prosječne vrijednosti ispitivanih svojstava u razdoblju istraživanja (2010.-2012.)	96

Popis shema u radu:

Shema 1. Obilježja osnovnih pokusnih parcela istraživanih čimbenika	17
Shema 2. Prikaz lizimetarskih posuda	117
Shema 3. Prikaz poljskog pokusa sa varijantama istraživanja	118

ŽIVOTOPIS

Monika Marković rođena je 15. kolovoza 1976. god. u Osijeku gdje završava osnovno i srednjoškolsko obrazovanje. Na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku upisuje diplomski studij na Poljoprivrednom fakultetu. Diplomirala je 21. lipnja 2007. god. na temi: „Utjecaj poljoprivrednih aktivnosti na stanje okoliša i strategija zaštite tla u Republici Hrvatskoj“, te stekla naziv diplomirani inženjer poljoprivrede, smjer ratarstvo. U razdoblju od 1. lipnja do 30. rujna 2007. god. uposlena je kao tehnolog u hidroponskom uzgoju rajčice i paprike, PZ „Osatina“ Semeljci. U razdoblju od 1. listopada do 31. prosinca 2007. god. uposlena je kao tehnolog u plastičkom (vertikalnom) uzgoju jagoda, „Marčik“ Osijek.

Od 1. prosinca 2008. god. do danas uposlena je na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku kao asistentica na Zavodu za bilinogojstvo, Katedra za opću proizvodnju bilja i poljoprivredne melioracije. Poslijediplomski doktorski studij „Poljoprivredne znanosti“ smjera „Agrokemija“ na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku upisuje 2008./2009. akademske godine. Suradnica je na projektu Ministarstva znanosti obrazovanja i sporta Republike Hrvatske pod nazivom: „Upravljanje vodnim resursima u navodnjavanju istočne Hrvatske“ voditeljice dr. sc. Jasne Šoštarić, redovite profesorice na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku.

Sudjeluje u izvođenju vježbi na preddiplomskom studiju, smjeru hortikultura, modulu „Poljoprivredne melioracije“. Na diplomskom studiju sudjeluje u izvođenju vježbi na smjeru hortikultura, na modulu „Navodnjavanje u povrćarstvu i cvjećarstvu“ te „Zaštita tla i voda“. Također, sudjeluje u izvođenju vježbi na stručnom studiju, na modulu „Poljoprivredne melioracije“.

Kao autor ili koautor objavila je 36 radova od kojih: 1 rad A1 kategorije, 8 radova A2 kategorije, 18 radova A3 kategorije i 7 radova ostalih.

Sudjelovala je na 8 domaćih i 16 međunarodnih savjetovanja. Usmeno je izlagala na 3 domaća i 8 međunarodnih savjetovanja.

U razdoblju od 1. srpnja do 1. listopada 2011. godine boravila je na Sveučilištu u Debrecenu, Mađarska u sklopu Erasmus programa.

Član je Hrvatskog društva za odvodnju i navodnjavanje, Hrvatskog tloznanstvenog društva-HTD i Hrvatskog društva agronoma Osijek - DAO.

Područja znanstvenog rada su joj poljoprivredne melioracije, navodnjavanje povrća i cvijeća, zaštita tla i voda.

Kao suradnik sudjelovala je na projektima „Agropedološka studija navodnjavanja „Lipovac“, „IRRI projekt“ navodnjavanja općina Lovas i Tompojevci, voditelja dr. sc. Marka Josipovića,

„Reakcija soje i krmnog graška na inokulaciju i navodnjavanje“ voditeljice doc. dr. sc. Irene Rapčan.

Aktivno se služi engleskim (diploma o položenom 5. stupnju) i njemačkim jezikom (diploma o položenom 7. stupnju).