

Utjecaj navodnjavanja, gnojidbe dušikom i genotipa na prinos i kakvoću soje (*Glycine max* (L.) Merr.)

Galić Subašić, Daria

Doctoral thesis / Disertacija

2018

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:151:122222>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



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
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Daria Galić Subašić, dipl. ing.

**UTJECAJ NAVODNJAVANJA, GNOJIDBE DUŠIKOM I GENOTIPA
NA PRINOS I KAKVOĆU SOJE**
(Glycine max (L.) Merr.)

DOKTORSKA DISERTACIJA

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Daria Galić Subašić, dipl. ing.

**UTJECAJ NAVODNJAVANJA, GNOJIDBE DUŠIKOM I GENOTIPA
NA PRINOS I KAKVOĆU SOJE**
(Glycine max (L.) Merr.)

- Doktorska disertacija -

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Daria Galić Subašić, dipl. ing.

**UTJECAJ NAVODNJAVANJA, GNOJIDBE DUŠIKOM I GENOTIPA
NA PRINOS I KAKVOĆU SOJE**
(Glycine max (L.) Merr.)

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Mladen Jurišić

Povjerenstvo za ocjenu:

1. prof. dr. sc. Irena Jug, redovita profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednica povjerenstva
2. prof. dr. sc. Darko Kiš, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član povjerenstva
3. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, mentor i član
4. dr. sc. Marko Josipović, znanstveni savjetnik u trajnom zvanju, Poljoprivredni Institut Osijek, član povjerenstva
5. izv. prof. dr. sc. Irena Rapčan, izv. profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član povjerenstva

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Daria Galić Subašić, dipl. ing.

**UTJECAJ NAVODNJAVANJA, GNOJIDBE DUŠIKOM I GENOTIPA
NA PRINOS I KAKVOĆU SOJE**
(Glycine max (L.) Merr.)

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Mladen Jurišić

Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije:

1. prof. dr. sc. Irena Jug, redovita profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednica povjerenstva
2. prof. dr. sc. Darko Kiš, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član povjerenstva
3. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, mentor i član
4. dr. sc. Marko Josipović, znanstveni savjetnik u trajnom zvanju, Poljoprivredni Institut Osijek, član povjerenstva
5. izv. prof. dr. sc. Irena Rapčan, izv. profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član povjerenstva

Osijek, 2018.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorska disertacija

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij: Poljoprivredne znanosti
Smjer: Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo
UDK: 633.34:631.67:631.416.1
Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Poljoprivreda
Grana: Bilinogojstvo

Utjecaj navodnjavanja, gnojidbe dušikom i genotipa na prinos i kakvoću soje
(*Glycine max* (L.) Merr.)

Daria Galić Subašić, dipl. ing.

Disertacija je izrađena na Poljoprivrednom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Mentor: Prof. dr. sc. Mladen Jurišić

Tijekom trogodišnjeg istraživanja (2013.-2015.) koje je provedeno na pokušalištu Poljoprivrednog Instituta Osijek istraživao je utjecaj navodnjavanja, gnojidbe dušikom i genotipa na prinos i kakvoću zrna soje (*Glycine max* (L.) Merr.). Pokus je postavljen po split split plot metodi, u tri ponavljanja, gdje je glavni čimbenik bio tretman navodnjavanjem (A1 – kontrola, A2 – racionalno navodnjavanje, A3 – bogato navodnjavanje), podčimbenik - gnojidba dušikom (B1 – kontrola, bez gnojidbe dušikom; B2 – gnojidba sa 100 kg N ha⁻¹ i B3 – gnojidba s 200 kg N ha⁻¹) i pod podčimbenik - sorta (Lucija, Vita, Ika i Tena). Analizom varijance utvrđen je značajan utjecaj navodnjavanja na visinu prinosa, masu 1000 zrna i randman zrna kroz sve godine istraživanja, a na sadržaj bjelančevina i ulja u 2015. odnosno 2013. godini. Na masu 1000 zrna, hektolitarsku masu, sadržaj bjelančevina i ulja u 2013. godini i energiju klijanja u 2015. godini, gnojidba dušikom je imala značajan utjecaj, kao i na visinu prinosa u svim istraživanim godinama. Utjecaj genotipa je bio značajan za visinu prinosa, sadržaj vode u zrnu soje, masu 1000 zrna i randman zrna u svim godinama. Sadržaj bjelančevina i ulja je bio pod značajnim utjecajem genotipa u 2013. i 2014., odnosno u 2014. i 2015. godini. Energija klijanja i klijavost su varirale pod utjecajem genotipa u 2014. i 2015. godini istraživanja. Tijekom istraživanja su utvrđene brojne korelacije između fizikalnih i kemijskih svojstava zrna i visine prinosa. U 2013. godini prinos je slabo korelirao s hektolitarskom masom. Jake korelacije negativnog smjera utvrđene su između sadržaja ulja i prinosa zrna soje, hektolitarske mase, mase 1000 zrna i sadržaja bjelančevina. U 2014. godini utvrđene su jake korelacije pozitivnog smjera mase 1000 zrna s kemijskim svojstvima zrna soje, kao i slaba korelacija negativnog smjera između hektolitarske mase i sadržaja ulja. U 2015. godini prinos je pozitivno korelirao s masom 1000 zrna i sadržajem bjelančevina, a negativno sa sadržajem ulja. Kemijska svojstva zrna su u 2015. godini imali vrlo jaku korelaciju negativnog smjera.

Broj stranica: 116

Broj slika i grafikona: 50

Broj tablica: 28

Broj literaturnih navoda: 152

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: soja, navodnjavanje, gnojidba dušikom, genotip, prinos, kakvoća zrna soje

Datum obrane: 12. prosinca 2018.

Povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc. Irena Jug, redovita profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednica povjerenstva
2. prof. dr. sc. Darko Kiš, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član povjerenstva
3. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, mentor i član
4. dr. sc. Marko Josipović, znanstveni savjetnik u trajnom zvanju, Poljoprivredni Institut Osijek, član povjerenstva
5. izv. prof. dr. sc. Irena Rapčan, izv. profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član povjerenstva

Disertacija je pohranjena 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 Agrobiotechnical sciences Osijek
Postgraduate university study: Agricultural sciences
Course: Plant breeding and seed science
UDK: 633.34:631.67:631.416.1
Scientific Area: Biotechnical Sciences
Scientific Field: Agriculture
Branch: Plant production

**Influence of irrigation, nitrogen fertilization and genotype on the yield and quality
of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.)**

Daria Galić Subašić, MsC.

Thesis performed at Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Supervisor: Mladen Jurišić, PhD, full professor of the Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek

During three-year research period (2013-2015) carried out on the experiment fields of the Agricultural Institute of Osijek the effects of irrigation, nitrogen fertilization and genotype on the yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) were investigated. The experiment was set up by split-split-plot design in three repetitions with the irrigation treatment as a main factor (A1 – control, A2 – rational irrigation, A3 – abundant irrigation), nitrogen fertilization was the sub-factor (B1 – control, without nitrogen fertilization; B2 – fertilization with 100 kg N ha⁻¹ and B3 – fertilization with 200 kg N ha⁻¹) and the second sub-factor was the soybean variety (Lucija, Vita, Ika and Tena). Analysis of variance confirmed the significant influence of irrigation of the yield, mass of 1000 grains and soybean seed production output in all research years, as well as on the content of protein and oil in 2015 and 2013, respectively. Nitrogen fertilization had influence on the mass of 1000 grains, hectoliter mass, content of protein and oil in 2013, and on germination energy in 2015, as well as on the yield in all research years. The influence of genotype had significant effect on the yield, content of water in soybean grain, mass of 1000 grains and randman of soybean seed in all research years. The genotype has significantly influenced the protein content in 2013 and 2014 and the oil content in 2014 and 2015. Germination energy and germination varied under the influence of genotype in 2014 and 2015. During the research numerous correlations determined between physical and chemical properties of grain and yield. In 2013, the yield was in poor correlation with the hectoliter mass. Strong correlations of negative direction were determined between the oil content and yield of soybean, hectoliter mass, mass of 1000 grains and protein content. In 2014, strong correlations of positive direction were determined between the mass of 1000 grains and the chemical properties of soybean grain, as well as weak correlation of negative direction between the hectoliter mass and the oil content. In 2015, the soybean yield was in positive correlation with the mass of 1000 grains and the protein content, and in negative correlation with the oil content. In 2015, chemical properties of grain had a very strong correlation of negative direction.

Number of pages: 116

Number of figures: 50

Number of tables: 28

Number of references: 152

Original in: croatian

Key words: soybean, irrigation, nitrogen fertilization, genotype, yield, soybean grain quality

Date of the thesis defense: 12 December 2018

Reviewers:

1. Irena Jug, PhD, full professor of the Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek, president
2. Darko Kiš, PhD, full professor of the Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek, member
3. Mladen Jurišić, PhD, full professor of the Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek, mentor and member
4. PhD Marko Josipović, Scientific Advisor, member
5. Irena Rapčan, PhD, associate professor of the Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek, member

Thesis deposited in: National and University Library, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb; University of Rijeka; University of Split

KAZALO

1. UVOD	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA	4
2.1. Cilj istraživanja.....	4
2.2. Radna hipoteza	4
3. PREGLED LITERATURE	5
3.1. Utjecaj navodnjavanja na prinos i kakvoću zrna soje.....	5
3.2. Utjecaj primjene dušika na prinos i kakvoću zrna soje	10
3.3. Utjecaj genotipa na prinos i kakvoću zrna soje	12
3.4. Interakcije istraživanih čimbenika.....	16
4. MATERIJAL I METODE RADA	19
4.1. Poljski pokusi	19
4.1.1. Navodnjavanje - glavni čimbenik (A)	19
4.1.1.1. Određivanje sadržaja vode u tlu i trenutka početka navodnjavanja	19
4.1.1.2. Uređaj za navodnjavanje	21
4.1.1.3. Dinamika sadržaja vode u tlu i obroci navodnjavanja.....	23
4.1.1.4. Određivanje obroka navodnjavanja.....	23
4.1.1.5. Učinkovitost navodnjavanja	24
4.1.2. Gnojidba mineralnim dušikom - podčimbenik (B)	25
4.1.2.1. Učinkovitost gnojidbe dušikom.....	25
4.1.3. Genotip - pod podčimbenik (C).....	25
4.1.4. Agrotehnika pokusa.....	26
4.2. Analiza klimatskih elemenata i bilanca vode	28
4.3. Analiza fizikalnih i kemijskih svojstava zrna soje	28
4.4. Analiza tla.....	31
4.5. Analiza vode za navodnjavanje	31
4.6. Dorada zrna soje	32
4.7. Statistička obrada podataka	34
5. AGROEKOLOŠKI UVJETI ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....	35
5.1. Vremenske prilike.....	35
5.1.2. Klimadijagrami prema H. Walteru	37
5.1.3. Evapotranspiracija i bilanca vode u tlu	42
5.2. Svojstva tla pokusne parcele	46
5.2.1. Kemijska analiza tla istraživanog područja	47
5.2.2. Kemijska analiza i kvaliteta vode za navodnjavanje	49
6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	51

6.1. Prinos zrna soje 2013., 2014. i 2015. godine.....	51
6.2. Sadržaj vode u zrnu soje 2013., 2014. i 2015. godine.....	55
6.3. Hektolitarska masa zrna soje 2013., 2014. i 2015. godine	57
6.4. Sadržaj bjelančevina u zrnu soje 2013., 2014. i 2015. godine	59
6.5. Sadržaj ulja u zrnu soje 2013., 2014. i 2015. godine.....	61
6.6. Masa 1000 zrna soje 2013., 2014. i 2015. godine	63
6.7. Energija klijanja zrna soje 2013., 2014. i 2015. godine	66
6.8. Klijavost zrna soje 2013., 2014. i 2015. godine	68
6.9. Randman doradenoga zrna soje 2013., 2014. i 2015. godine	70
6.10. Korelacijska analiza fizikalnih i kemijskih svojstava zrna soje i prinosa	73
7. RASPRAVA	75
8. ZAKLJUČCI.....	94
9. LITERATURA	97
10. SAŽETAK	110
11. SUMMARY	111
12. PRILOG	112
12.1. Popis tablica u radu	113
12.2. Popis grafikona u radu.....	114
12.3. Popis slika u radu.....	115
12.4. Popis shema u radu	116

1. UVOD

Soja *Glycine max* (L.) Merr. je jednogodišnja leguminoza koja pripada porodici *Fabaceae* čiji uzgoj traje više od 4000 godina. Svjetski značaj u poljoprivrednoj proizvodnji, ishrani te industriji soja postiže tek u 20. stoljeću izgradnjom tvornica za preradu sojina zrna. Danas soja predstavlja jednu od najvažnijih bjelančevinastih i uljnih kultura u svijetu s velikim udjelom u svjetskoj proizvodnji sjemena svih uljarica kao i proizvodnji biljnih ulja.

Značaj soje proizlazi iz kakvoće zrna, koje je bogato bjelančevinama i uljima. Zrno sadrži kvalitetne bjelančevine, nezasićene masne kiseline, vlakna, vitamine i minerale. Komercijalne sorte soje imaju u zrnu, zavisno od uvjeta uzgoja, oko 40 % bjelančevina, 20-22 % ulja, 34 % ugljikohidrata, oko 5 % minerala (kalija, fosfora, sumpora, kalcija, željeza, magnezija, natrija) te vitamine A, B – kompleks, D, E i K (Vratarić i Sudarić, 2008.). Zbog kvalitetnih bjelančevina i visokog sadržaja ulja, nadomjestak je za meso više od drugih kultura (Sudarić, 2011.).

Sojino ulje je bogato omega – 3 (7-8 %) i omega - 6 masnim kiselinama (55 %) i služi kao sirovina za veliki broj industrijskih proizvoda (Gary, 2016.). Bjelančevine soje glavna su komponenta u hranidbi domaćih životinja i sve su važnije u ljudskoj prehrani. Veliki broj znanstvenih istraživanja ukazuje na pozitivnu ulogu prehrane sojom za očuvanje zdravlja i u prevenciji mnogih kroničnih bolesti (Zakir i Freitas, 2015.) posebice zbog prisustva izoflavona (fitokemijske supstance) koji se u prirodnom obliku nalaze u zrnu soje.

Ukupna proizvodnja ulja soje na globalnoj razini u 2014. godini iznosi je 45 704 551 tona, a soja se uzgaja na površinama većim od 120 milijuna hektara (FAO, 2017.). Soja se uzgaja u više od pedeset država (Wilcox, 2001.). Najveći svjetski proizvođač soje je SAD, kojeg slijede Brazil, Argentina i Kina, a najveći proizvođač soje u Europi je Rusija. Zalihe soje, prema USDA (2016.) za 2015. godinu, iznose 80,42 milijuna tona, što je za 4,3 % više nego u isto vrijeme 2014. godine.

U domaćoj poljoprivrednoj proizvodnji Republike Hrvatske bilježi se kontinuirani porast proizvodnje soje, kako sjemenske tako i merkantilne (Jukić i sur., 2010.). U 2015. godini proizvodnja je doživjela svoju ekspanziju. U toj godini proizvodnja soje bila je organizirana na 88 867 hektara, što je povećanje za oko 40 % u odnosu na 2014. godinu kada su površine iznosile 47 104 ha. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku (2018.) proizvodnja soje (merkantilne, sjemenske i soje za stočnu hranu) u 2017. godini bila je ostvarena na 85 000 ha s prosječnim prinosom od 2,4 t ha⁻¹.

Soja ima širok areal rasprostranjenosti zbog različitih grupa zrelosti (000 – vrlo rana zrioba do X – najkasnija zrioba) i varijabilnosti svojstava. Svjetska proizvodnja soje je u stalnom porastu uporedo s povećanjem ljudske populacije i sve većim potrebama za proizvodnjom hrane.

Klimatski (svjetlost, temperatura, voda i zrak), edafski (fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla) i orografski (nadmorska visina, nagib terena, ekspozicija, itd.) čimbenici primarno utječu na realizaciju genetskog potencijala rodosti soje.

Za postizanje visokih i stabilnih prinosa soje, jedan od ključnih čimbenika je voda. Prema Sudarić i Vratarić (2008.) utjecaj vode na rast i razvoj soje je vrlo velik te predstavlja limitirajući čimbenik u njezinoj proizvodnji. Soja ima određene zahtjeve za vodom u svim fenološkim fazama, od klijanja do nalijevanja zrna. U fazi klijanja, soja treba apsorbirati količinu vode više od 50 % od svoje mase te je u ovoj fazi nedostatak ili suvišak vode izrazito štetan. Deficit vode djeluje inhibitorno na razvoj kvržičnih bakterija. U razdoblju do cvatnje, soja tolerira kratkotrajan stres izazvan sušom bez ozbiljnih posljedica na visinu prinosa. Početkom cvatnje povećava se i potreba soje za vodom koja se nastavlja sve do kraja nalijevanja zrna. Količina pristupačne vode u vrijeme nalijevanja zrna je najkritičnije razdoblje za postizanje maksimalnih prinosa zrna soje. Nedostatak vode tijekom cijele vegetacije ima značajne posljedice na prinos zrna i kakvoću zrna soje (Ries i sur., 2012., Adeboye i sur., 2015.). Uz veću potražnju hrane postoji potreba za održivim rješenjima u borbi s gubitkom produktivnosti soje uzrokovanog vodnim stresom (Prudent i sur., 2015.).

Prema Tomiću (2012.) sve učestalije klimatske promjene čine uzgoj poljoprivrednih kultura zavisnim od primjene navodnjavanja. Budući da je na istraživanom području, u višegodišnjem prosjeku (1961.-1990. g.), primjetan stalni nedostatak oborina tijekom vegetacije soje, navodnjavanje se preporučuje kao obavezna agrotehnička mjera sa ciljem postizanja većih i stabilnijih prinosa.

U intenzivnoj proizvodnji soje jedan od uvjeta za postizanje visokih i stabilnih prinosa je pravilna i izbalansirana gnojdba, naročito dušikom. Premalo dušika limitira visinu prinosa, dok luksuzna opskrbljenost soje dušikom može izazvati prebujan porast vegetativne mase, polijeganje biljaka, smanjenje tolerantnosti na neke bolesti te smanjenje visine i kvalitete prinosa. Količina pristupačnog dušika treba biti dostatna za osiguranje visokih prinosa odgovarajuće kvalitete (Senevirate i sur., 2000.; Đukić i sur., 2014.). Prema Purcell i Specht (2004.) u uvjetima suše povećana količina dušika pozitivno djeluje na prinos zrna soje.

Soja podmiruje svoje potrebe za dušikom gnojidbom, fiksacijom atmosferskog dušika kvržičnim bakterijama i iz rezervi dušika u tlu. Prema Vratarić i Sudarić (2008.) soja fiksacijom dušika kvržičnim bakterijama na svom korijenu podmiruje između 30 % i 60 % svojih ukupnih potreba te se unošenjem visokih doza dušika u tlo usporava njihov rad. Povećana gnojidba dušikom ima opravdanje na tlima slabije plodnosti pri niskoj pH reakciji tla u kojima nisu realizirani uvjeti za razvoj kvržičnih bakterija. Upravo zbog toga je gnojidba dušikom predmet proučavanja u svim područjima uzgoja soje. Rezultati u velikoj većini zavise od uzgojnog areala, sastava i svojstava tla kao i agroekoloških čimbenika. Zbog variranja klimatskih elemenata, agroekoloških uvjeta istraživanog područja, heterogenosti tla i specifičnosti sorte vrlo je teško jednoznačno odrediti izravan učinak gnojidbe, kako na visinu prinosa tako i na njegovu kakvoću.

Regulacijom sadržaja vode u tlu (odvodnjom ili navodnjavanjem), pravilnom gnojidbom soje dušikom i pravilnim odabirom genotipa, značajno se mogu poboljšati uvjeti uzgoja soje. Poznavanje fenoloških faza rasta i razvoja soje te agroekoloških uvjeta uzgoja, čini osnovu donošenja pravilnih odluka u upravljanju tehnološkim procesom uzgoja soje (Vratarić i Sudarić, 2008.) i odgovarajućim agrotehničkim mjerama (navodnjavanje, gnojidba, obrada, zaštita) koje treba pravovremeno primijeniti (Jurišić i sur., 2011.).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA

2.1. Cilj istraživanja

1. Istražiti učinkovitost navodnjavanja, gnojidbe dušikom i genotipske specifičnosti te njihov međusobni odnos na prinos i kakvoću zrna soje.
2. Odrediti utjecaj navodnjavanja, gnojidbe dušikom i genotipa na fizikalna i kemijska svojstva zrna soje.
3. Doraditi proizvedeno zrno soje prema standardima dorade sjemena u Republici Hrvatskoj i odrediti njegov randman.
4. Analizirati kakvoću zrna soje: odrediti sadržaj vode, sadržaj bjelančevina i sadržaj ulja u zrnu te klijavost i energiju klijanja zrna.
5. Odrediti korelacijsku vezu između prinosa, sadržaja bjelančevina, sadržaj ulja, hektolitarske mase i mase 1000 zrna.

2.2. Radna hipoteza

1. Očekuje se značajan utjecaj navodnjavanja, gnojidbe dušikom i genetske specifičnosti pojedinih sorti soje na prinos i pokazatelje kakvoće zrna soje. Dobiveni rezultati mogu poslužiti pri procjeni potreba soje za navodnjavanjem kao i gnojidbe dušikom te pravilnog odabira sorti.
2. Očekuje se povećanje prinosa zrna soje održavanjem retencijskog kapaciteta tla za vodu (RKV) od 60 % do 100 %.
3. Pretpostavlja se da će gnojidba sa 100 kg N ha⁻¹ povećati prinos zrna u odnosu na kontrolu.
4. Pretpostavlja se da će sadržaj ulja i bjelančevina u zrnu soje biti različit zavisno od genetske varijabilnosti sorata i drugih tehnoloških uvjeta. Rezultati istraživanja će poslužiti kao smjernica oplemenjivačima u svrhu kreiranja genotipa visokog potencijala rodnosti i adaptabilnosti na različite agroekološke uvjete.
5. Očekuju se razlike u randmanu zrna soje pri doradi u tretmanima navodnjavanja, gnojidbe dušikom i kultivara.
6. Kako prinos zrna predstavlja najveće ekonomsko značenje za proizvođače, na temelju rezultata istraživanja moći će se preporučiti režim navodnjavanja i optimalna gnojidba dušikom kao i sorta za postizanje visokih prinosa i kvalitete zrna u agroekološkom području istočne Hrvatske.

3. PREGLED LITERATURE

3.1. Utjecaj navodnjavanja na prinos i kakvoću zrna soje

Brojni su autori istraživali o navodnjavanju kao mjeri kojom se nadopunjuju prirodne oborine kako bi se osigurala optimalna vlažnost tla i povoljan utjecaj vode na prinos i kvalitet poljoprivrednih kultura.

Tomić (1976.) ističe kako je donja granica usvajanja vode lentokapilarna vlažnost (LKV), a njezina vrijednost varira zavisno od tla, kulture i niza drugih čimbenika. U svezi s gornjom granicom sadržaja vode u tlu, mišljenja mnogih istraživača su prilično ujednačena te ova vrijednost odgovara PVK. U stručnim i znanstvenim „krugovima“ opće je poznato da je za uspješno navodnjavanje soje donja granica sadržaj vlažnosti tla od 70 – 80 % PVK, a gornja granica PVK.

Lawn (1982.) navodi kako prinos zrna leguminoza zavisi od „sezonskog obrasca“ korištenja vode, dakle naglašava utjecaj klime. Agronomski uspjeh različitih strategija navodnjavanja stoga zavisi od sezonske dostupnosti vode odnosno sezonske oscilacije sadržaja vode u tlu tijekom vegetacije.

Tomić i Romić (1992.), proučavajući utjecaj navodnjavanja na prinos više kultura, zaključuju da se nedostatak vode razlikovao zavisno od područja, a najizraženiji je tijekom ljetnih mjeseci, pri čemu se javlja suša u tlu i atmosferska suša. Autori na temelju analize oborina za područje istočne Slavonije (1985.-1989.) navode trend zasušenja (kratkoročni manjak oborine u vegetacijskom razdoblju) oko 60 mm u ljetnom razdoblju, a navodnjavanje smatraju potrebnim u čak 95 % slučajeva. Upozoravaju na štetnu pojavu veće oscilacije sadržaja vode u tlu pri nekontroliranom navodnjavanju.

Dragović (1994.) navodi kako su urodi soje manji kada su veći intenzitet i dužina trajanja suše. Nakon provedenih analiza zaključuje da je suša u različitim reproduktivnim fazama smanjila urod od 2 do 92 %, kao i kakvoću zrna soje.

Prema Wrightu (1999.) vlagu tla treba održavati više u reproduktivnoj nego u vegetativnoj fazi. Biljke soje su osjetljivije u reproduktivnom stadiju na stres suše uslijed pomanjkanja vode, što za posljedicu može dovesti do značajnijih gubitaka prinosa zrna.

Desclaux i sur. (2000.) zaključuju kako biljke soje imaju velike zahtjeve prema vodi, naročito dosta vode treba za proizvodnju suhe tvari tijekom vegetacije. Ova kultura je posebno osjetljiva na nedostatak u fazama cvatnje, oplodnje, formiranja mahuna i nalijevanja zrna. Norma navodnjavanja u njihovim istraživanjima iznosi je 40-45 mm dva do tri puta

tijekom vegetacije. Rani stres vode tijekom nalijevanja zrna smanjuje broj zrna po mahuni, dok kasni stres smanjuje masu zrna. Ovi rezultati sugeriraju da se preciznija razdoblja stresa suše mogu odrediti naknadnim mjerenjem nekoliko morfoloških čimbenika i komponenti prinosa determiniranih i nedeterminiranih genotipova soje u fiziološkoj zriobi.

Frederick i sur. (2001.) prema rezultatima istraživanja navode da je ukupan prinos zrna, prinos zrna po grani i % ukupnog prinosa zrna po granama najveći u tretmanu navodnjavanja. Ovi podaci pokazuju da stres suše, tj. nedostatak vode koji se pojavi između početka cvatnje i nalijevanja sjemena smanjuje prinos zrna, prvenstveno smanjivanjem vegetativnog rasta grana.

De Costa i Shanmugathan (2002.) postavili su pokus 1995. i 1996. godine. Prinosi zrna soje varirali su od 252 - 2509 kg ha⁻¹, odnosno druge godine od 526 - 2154 kg ha⁻¹ kroz različite faze razvoja soje i različite režime navodnjavanja. Za tretman bez navodnjavanja autori navode najniže prinose obje godine, a za tretman s 13 navodnjavanja u 1995. godini i tretman s 10 navodnjavanja 1996. godine značajno veće prinose zrna. U cvatnji i formiranju mahuna dobiveni su najveći prinosi u obje godine istraživanja.

Brevedan i Egli (2003.) proučavajući biljke soje u tretmanu ranog vodnog stresa dolaze do saznanja da ranije sorte pri navedenom stresu daju značajno manji prinos i krupnoću zrna u odnosu na kontrolu, te da kratka razdoblja vodnog stresa tijekom nalijevanja sjemena također mogu imati negativne učinke na prinose.

Postavljanjem pokusa u kojem je navodnjavanje bilo glavni čimbenik Sweeney i sur. (2003.) proveli su istraživanje na sortama Hodgson 78 i Weber 84. U svojim rezultatima navode da kada je količina vode ograničena, povremeno navodnjavanje u odabranim fazama rasta može pomoći pri izbjegavanju stresa u kritičnim razdobljima za vodu. Prinosi s jednim navodnjavanjem u fazama R, R₅ ili R₆ su slični i prosječno su oko 20 % veći nego prinos bez navodnjavanja (1,72 t ha⁻¹).

Maksimović i sur. (2004.) izveli su dvogodišnje istraživanje utjecaja navodnjavanja na prinos, kakvoću i evapotranspiraciju sjemenske soje u razdoblju 2002.-2003. godine u Rimskim Šančevima gdje su bile zastupljene tri sorte soje s različitim vremenom dozrijevanja. Autori bilježe prinos soje bez navodnjavanja od 3,025 t ha⁻¹, a uz navodnjavanje (60 %, 70 % odnosno 80 % PVK) prinos od 4,436 t ha⁻¹, 4,709 t ha⁻¹ odnosno 4,823 t ha⁻¹.

Dogan i sur. (2007.) postavili su pokuse u semiaridnim klimatskim uvjetima na pokusnim poljima Fakulteta poljoprivredne tehnike Sveučilišta Harran u 2003. i 2004.

Autori utvrđuju da u obje godine bilo kakav vodni stres u tri različite generativne faze (R₃, R₅ i R₆) rezultira značajnim smanjenjem prinosa u usporedbi s navodnjavanjem. Iz dobivenih analiza zaključuju da je smanjenje prinosa najveće u R₆ fazi.

Man i Modra (2008.) navode utjecaj klimatskih promjena, odnosno da suša predstavlja glavni rizični čimbenik u smanjenju prinosa biljaka te da klimatske promjene, nakon onečišćenja, predstavljaju drugi veliki problem s kojim se suočava svijet.

Bošnjak (2008.) navodi da je urod soje najveći kada je sadržaj vode u tlu održavan od 60 % do 100 % poljskog vodnog kapaciteta (PVK). Također utvrđuje da je urod pri održavanju sadržaja vode u tlu od 80 % do 100 % PVK bio manji nego na kontroli.

Vratarić i Sudarić (2009.) navode da biljke soje trebaju dosta vode za proizvodnju suhe tvari tijekom vegetacije. Sojine potrebe za vodom povezane su s temperaturama zraka i tla, a različite su u pojedinim fazama razvoja. Razdoblje cvatnje, oplodnje, formiranja mahuna i nalijevanja zrna u našim uvjetima uzgoja traje oko dva mjeseca. U tom razdoblju važno je da padne dovoljno oborina radi formiranja glavnih komponenti prinosa (cvjetova, mahuna i zrna). Niži prinosi zrna evidentirani su kada nije bilo dovoljno vode u razdoblju cvatnje i u ranoj fazi razvoja mahuna i zrna. To potvrđuje da je soja najosjetljivija prema nedostatku vode u tlu u vrijeme formiranja mahuna i nalijevanja zrna. Suša može smanjiti prinos zrna od 20 do 60 %, zavisno od osjetljivosti sorte na sušu. Ovo je djelomično u skladu s nedostacima vode za područje Osijeka u lipnju, srpnju i kolovozu.

Demirtaş i sur. (2010.) na temelju vlastitih istraživanja zaključuju da na prinos zrna soje ne utječe stres suše tijekom nedostatka vode u vegetativnoj fazi razvoja (V₅), dok jedan ili višestruki intervali stresa suše tijekom reproduktivnih faza razvoja (R₂, R₄ ili R₆) rezultiraju značajnim smanjenjem prinosa. Iako postoji neznatno smanjenje mase 1000 zrna tijekom vodenog stresa u R₄ i R₆, prinos sjemena je značajno smanjen zbog značajne redukcije broja mahuna i broja zrna po biljci. Na stres tijekom faze rasta zrna najosjetljivija komponenta prinosa je broj zrna po biljci. Autori zaključuju da soju treba navodnjavati četiri puta s punim obrocima navodnjavanja (obrokom dodati vode do PVK) u V₅, R₂, R₄ i R₆ za postizanje visokih prinosa.

Kirnak i sur. (2010.) zaključuju da bilo kakav vodni stres u fazama R₃, R₅ i R₆ rezultira znatnim smanjenjem prinosa u odnosu na kontrolni tretman potpunog navodnjavanja. Navode i da vodni stres tijekom reproduktivnih faza (R₁-R₆) značajno utječe na smanjenje sadržaja bjelančevina u zrnu.

Autori Singh i sur. (2012.) proveli su poljske pokuse 2007., 2008. i 2009. godine te nakon analiza zaključuju da je količina oborina od početka razvoja mahuna do faze punog mahunanja (R₃-R₄) povezana s masom zrna te sadržajem ulja i bjelančevina u zrnu.

Nakon provedenih eksperimentalnih istraživanja u Rimskim Šančevima od 1993. do 2004. godine Pejić i sur. (2012.) zaključuju da je prinos zrna soje u uvjetima navodnjavanja (4,559 t ha⁻¹) bio visokoznačajano veći u odnosu na kontrolnu (3,739 t ha⁻¹). Prosječno povećanje prinosa pri navodnjavanju bilo je 0,82 t ha⁻¹.

Maleki i sur. (2013.) proveli su pokus u Ilamu (Iran) sa ciljem proučavanja nedostatka vode na prinos i svojstva kultivara soje. Rezultati pokazuju da je nedostatak vode značajno utjecalo na visinu biljaka i na plod. Najniži prinos zrna bio je u sušnim uvjetima tijekom nalijevanja zrna (2682 kg ha⁻¹) i u fazi cvatnje (2918 kg ha⁻¹). Autori zaključuju da je faza nalijevanja zrna bila najosjetljivija na nedostatak vode u uzgoju soje.

Torrion i sur. (2014.) na temelju rezultata istraživanja navode kako se učinkovitost korištenja vode za navodnjavanje poboljšava ako se navodnjavanje planira samo kada potrošnja vode u tlu prelazi granicu poljskog vodnog kapaciteta. Daljnje poboljšanje moguće je objašnjenjem sezonske varijance osjetljivosti prinosa na vodni stres. Također navode da je faza cvatnje soje manje osjetljiva na vodni stres nego faza formiranja mahuna i nalijevanja zrna.

Nakon provedenih višegodišnjih pokusa Irmak i Sharma (2015.) uočavaju povećanje prinosa soje na godišnjoj osnovi za navodnjavanu i soju koja je primila dovoljnu količinu oborina u godinama s povoljnim rasporedom u razdoblju od 1986.-2009. godine u Nebraski. Istraživanje pokazuje da odgađanje početka navodnjavanja do faze R₃ i prakticiranje punog navodnjavanja nakon toga za soju rezultira prinosima koji su slični pri navodnjavanju tijekom cijele sezone. Ovi rezultati mogu se primijeniti i na druge regije s edafskim i klimatskim karakteristikama sličnim onima u južnoj i središnjoj Nebrasci.

Rezultati istraživanja Zhanga i sur. (2015.) ukazuju da navodnjavanje ima statistički značajan učinak na ublažavanje štetnih klimatskih utjecaja, posebno suše i ekstremne vrućine. U prosjeku navodnjavanje smanjuje negativne utjecaje ekstremne vrućine za oko 5 % prinosa za svakih dodatnih 10 stupnjeva iznad optimalne temperature.

Marković i sur. (2016.) nakon provedenih poljskih pokusa tijekom tri klimatski različite godine (2006., 2007. i 2008.) zaključuju da analiza vremenskih uvjeta pokazuje potrebu za dodatnim navodnjavanjem u subhumidnom području istočne Hrvatske. Soja pokazuje osjetljivost na nedostatak oborina tijekom srpnja i kolovoza, što odgovara fazi

inicijacije mahuna (faze R_3 do R_5). Na parcelama održivog (racionalnog) navodnjavanja prinos soje je u odnosu na kontrolu povećan za 7,5 % (2006.), 1,15 % (2007.) i 7,3 % (2008.). U klimatski prosječnim godinama (2006. i 2008.), pri bogatom navodnjavanju (80-100 % RKV) prinos zrna soje smanjen je za 1,9 % odnosno 5,8 % u odnosu na parcele racionalnog navodnjavanja. U 2007. godini, klimatski toplijoj i s manje oborina, najveći prinos je zabilježen na parcelama bogatog navodnjavanja ($3,68 \text{ t ha}^{-1}$).

Kresović i sur. (2016.) u trogodišnjim (2006.-2008.) poljskim pokusima istražili su utjecaj različitih tretmana navodnjavanja na prinos i komponente prinosa soje. Istraživana su po tri tretmana navodnjavanja, i to sa 80 – 85 % (T_1), 70 – 75 % (T_2) i 60 – 65 % (T_3) poljskog vodnog kapaciteta te prirodni vodni režim bez navodnjavanja (T_0). U tretmanu T_2 postignut je veći prinos zrna nego na tretmanima T_1 i T_3 . Iako je tretman T_2 dobio oko 37 % manje vode u navodnjavanju nego T_1 , prinos soje povećan je u prosjeku za 11 %. U ekstremno toplom i vrlo suhom vegetacijskom razdoblju 2007. godine režim navodnjavanja na parcelama punog navodnjavanja povećava prinos zrna za 5,7 % u odnosu na kontrolu i 4,6 % u odnosu na parcele racionalnog navodnjavanja.

Na osnovu postavljenih pokusa Nunes i sur. (2016.) procijenjuju reakciju soje na navodnjavanje i nedostatak vode u različitim fenološkim fazama. Tretmani su se sastojali od razina navodnjavanja koje su dovele do povećanja vode u vegetativnoj fazi, reproduktivnoj fazi i tijekom cijelog ciklusa, temeljene na potencijalnoj evapotranspiraciji. Ispitane su sljedeće varijable: vrijeme do cvatnje, vrijeme do sazrijevanja, visina biljke, broj mahuna po biljci, promjer stručka, površine lista i prinos. Biljke iz tretmana navodnjavanja s umjerenim deficitom vode, 50 % potencijalne evapotranspiracije (ET_p) u vegetaciji, pokazuju najbolja agronomska svojstva.

Candoğan i Yazgan (2016.) u dvogodišnjem pokusu na temelju rezultata analize varijance bilježe razlike između tretmana za navodnjavanje koje su statistički značajne na razini $P \leq 0,01$ za prinos zrna i $P \leq 0,05$ za sadržaj bjelančevina i sadržaj ulja u obje godine. Rezultati pokazuju da se prinos zrna kretao u rasponu od $2,16 \text{ t ha}^{-1}$ u nenavodnjavanoj varijanti T_0 , sve do $3,93 \text{ t ha}^{-1}$ u navodnjavanoj varijanti T_{100} u 2005. godini te $1,98 \text{ t ha}^{-1}$ u T_0 , sve do $3,59 \text{ t ha}^{-1}$ u T_{100} . Uspoređujući s nenavodnjavanim varijantama, svi tretmani navodnjavanja znatno su povećali prinos zrna. Postotak bjelančevina varirao je od 31,3 do 35 % u 2005. i od 30,7 do 33,2 % u 2006. godini. Sadržaj bjelančevina najmanji je u zrnu dobivenom u T_{100} tretmanu, koji je u konačnici rezultirao visokim prinosom. U obje godine, najniži postotak ulja dobiven je kod soje u tretmanu bez navodnjavanja T_0 (16,5 i 18,9 %), a

najveći u tretmanu punog navodnjavanja T_{100} (19,4 i 20,5 %). Ovi rezultati upućuju da sadržaj ulja zavisi od sadržaja vode u tlu tijekom vegetacije.

3.2. Utjecaj primjene dušika na prinos i kakvoću zrna soje

Veći broj studija pokazuje da primjena dušika u određenim uvjetima povećava prinos (Wesley i sur., 1999.; Manral i Saxena, 2003.; Taylor i sur., 2005.; Ray i sur., 2006.; Mendes i sur., 2008.).

Reakciju soje na gnojdbu dušikom u različitim fazama rasta proučavali su Wood i sur. (1993.) kroz provedbu poljskih pokusa na sedam lokacija tijekom 1990. i 1991. godine. Rezultati pokazuju da sorta Stonewall ima najveće prinose i koncentraciju ulja u zrnju, dok sorta Sharkey ima najveću koncentraciju bjelančevina. Pozitivna reakcija prinosa zrna soje na dušičnu gnojdbu uočena je na pet od sedam lokacija. Gnojdba dušikom utjecala je na koncentracije ulja i bjelančevina samo na jednoj lokaciji.

Wesley i sur. (1998.) ukazuju da primjena dušika u početku formiranja mahuna (u R_3 , reproduktivnoj fazi rasta) može osigurati pozitivne učinke onim proizvođačima koji uzgajaju navodnjavanu soju visokog potencijala.

Brevedan i sur. (1999.) nakon provedenih istraživanja navode da povećanje gnojdbu dušikom od početka cvatnje do kraja cvatnje povećava prinos 33 % u stakleniku i od 28-32 % na polju. Povećanje količine dušika tijekom razdoblja nalijevanja zrna ne utječe na prinos. U pokusu u stakleniku i u poljskom pokusu prinos soje se povećava zbog povećanja broja zrna po biljci. U drugom poljskom pokusu povećanje prinosa bilo je djelomično zbog povećanja krupnoće i broja zrna. Navedeni podaci ukazuju na važnost opskrbljenosti biljaka dušikom tijekom cvatnje i formiranja mahuna za maksimalni prinos.

Barker i Sawyer (2005.) proveli su istraživanja na pet lokacija u Iowi tijekom 1999. i. 2000. godine. Tretmani gnojdbu dušikom obuhvaćali su tri razine: 0, 45 i 90 kg N ha⁻¹. Autori analizom utvđuju povećanje prinosa zrna od svega 39 kg ha⁻¹ u tretmanima gdje je primjenjen dušik. Sadržaj bjelančevina, ulja i vlakana u zrnju bile su iste s ili bez dušične gnojdbu.

Kako bi utvrdili optimalnu količinu dušika koja bi stimulirala rano nakupljanje suhe tvari, a time i prinos zrna soje, Taylor i sur. (2005.) proveli su istraživanje s dvije sorte soje, tri roka sjetve i pet razina dušika (0, 25, 50, 75 i 100 kg ha⁻¹) tijekom dvije godine na tri lokacije u Alabami. Autori zaključuju da je gnojdba sa 75 kg N ha⁻¹ povećala prinos zrna soje. Prema njihovim rezultatima razina dušika nije imala učinak na visinu biljke, kao niti na kvalitetu zrna, odnosno sadržaj bjelančevina i ulja.

Ispitujući učinak dušične gnojidbe u proizvodnji soje u hladnijim klimatskim uvjetima, Osborne i Riedell (2006.) proveli su poljski pokus unutar plodoreda kukuruza i soje. Analiza kroz tri godine pokusa pokazuje povećanje prosječnog prinosa od 6 % za količinu od 16 kg N ha⁻¹ u odnosu na tretman bez dušika, bez značajnije razlike u koncentraciji ulja. Ovo istraživanje pokazuje da primjena dušika u predstjetvenoj pripremi tla ima potencijal povećanja prinosa i raniji porast soje, što u konačnici može poboljšati kakvoću zrna u jedinstvenim okolišnim uvjetima.

Caliskana i sur. (2008.) proučavali su utjecaj gnojidbe dušikom na visinu biljke soje, broj bočnih grana, broj etaža mahuna, broj mahuna, masu 1000 zrna i prinos zrna. U dvogodišnjem razdoblju količina primijenjenog dušika (0, 40, 80 i 120 kg ha⁻¹) nije imala utjecaj samo na visinu biljke i masu 1000 zrna u jednoj od istraživanih godina. Svi ostali ispitivani parametri bili su pod značajnim utjecajem razine gnojidbe dušikom.

Oz (2008.) Nakon provedenog istraživanja na četiri sorte soje pri različitim sklopovima i tretmanima dušikom (0, 30, 60 i 90 kg N ha⁻¹) tijekom 2000. i 2001. godine na Sveučilištu Uludag, autor uočava da gušći sklop i količina dušika povećavaju visinu biljke, žetveni indeks i prinos zrna. Prinos zrna varira od 1855 do 2574 kg ha⁻¹, a najmanji je prinos zrna bio na tretmanu bez gnojidbe dušikom. Najveći prinos zrna je ostvaren na tretmanu s 90 kg N ha⁻¹. U pravilu, sve količine dušika povećale su prinos zrna soje u usporedbi s kontrolnom skupinom. U konačnici, soja u tretmanu s 90 kg N ha⁻¹ proizvodi veći prinos zrna za 38,7 % nego soja u kontrolnoj skupini.

Povećanjem količine primijenjenog dušika (56, 112, 168, 224 i 280 kg ha⁻¹) u istraživanjima Dorivar-a i sur. (2009.), povećava se prinos zrna soje, iako nije zabilježen utjecaj količine dušika na masu 1000 zrna, visinu biljke, kao niti na sadržaj ulja i bjelancevina u zrnu.

Josipović i sur. (2010.) nakon četverogodišnjih istraživanja utvrđuju u 2006. godini izrazit učinak dušika u varijanti 100 kg N ha⁻¹ na prinos zrna soje. Gnojidba dušikom je u tri godine istraživanja rezultirala statistički vrlo značajno većim prinosom soje u odnosu na kontrolu.

Istraživanja Khanbebin i sur. (2012.) pokazuju da su broj zrna po biljci, broj etaža, masa 1000 zrna i prinos zrna neposredno pod utjecajem navodnjavanja. Utjecaj primjene dušika na navedena svojstva također je značajan. Prinos zrna u primjeni 105 kg N ha⁻¹ iznosio je 4430 kg ha⁻¹, dok je u kontrolnoj varijanti iznosio 3368 kg ha⁻¹.

Valinejad i sur. (2013.) istraživali su utjecaj predstjetvene dušične gnojidbe na prinos i kakvoću soje. Gnojidba dušikom (urea) je obavljena predstjetveno u dozama od 0, 16, 32 i 64 kg N ha⁻¹. Analiza pokusa pokazuje povećanje prosječnog prinosa od 12,2 % pri gnojidbi od 32 kg N ha⁻¹ i 16,4 % pri gnojidbi od 64 kg N ha⁻¹ u odnosu na kontrolu (0 kg N ha⁻¹). Rezultati istraživanja pokazuju da primjena dušika u predstjetvenoj pripremi tla ima potencijal povećanja prinosa zrna.

Balboai i sur. (2015.) nakon provedenih istraživanja u Kansasu zaključuju da primjena dušika u ranoj fazi uzgoja dovodi do slabog formiranja kvržica i rijetko daje veće prinose od soje gdje nije obavljena gnojidba dušikom. Visokoprinose soje, poput onih uzgojenih navodnjavanjem, u kvržicama ne mogu fiksirati dovoljno dušika (N) kako bi osigurale sav potreban dušik za optimalno „nalijevanje zrna“.

Ferreira i sur. (2016.) nakon provedenih pokusa impliciraju da nikakvo međudjelovanje nije uočeno između gustoće sklopa i primjene mineralnog dušika na prinos, komponente prinosa, sadržaju ulja i bjelančevina u zrnu soje. Povećanje broja biljaka smanjuje broj mahuna po biljci, bez obzira na tretman dušikom. Uz trenutnu plodnost tla, atmosferske uvjete, procijenjene sorte i primijenjene sklopove sjetve gnojidba mineralnim dušikom nije povećala prinos i koncentraciju bjelančevina i ulja u zrnu te je prema tome bila nepotrebna.

Kako bi ispitali utjecaj primjene različitih količina dušika (30; 60 i 90 kg N ha⁻¹) na neke značajnije komponente prinosa soje, Kolarić i sur. (2016.) nakon provedenih poljskih pokusa 2009. godine na dvije različite lokacije bilježe da su broj mahuna po biljci i masa 1000 zrna u tretmanu sa 60 kg N ha⁻¹, prosječno veći za 5,2 odnosno 3,8 %.

Rezultati dvogodišnjeg istraživanja Wesely i sur. (2016.) na četiri navodnjavana pokusna mjesta u Kansasu pokazuju da kasna primjena dušika u soji, u R₃ fazi rasta, povećava prinose zrna soje.

Analiza provedenih pokusa La Menza i sur. (2017.) pokazuje statistički značajan utjecaj tretmana gnojidbe dušikom na prinos zrna soje, koji je bio za 11 % veći od kontrolnog tretmana.

3.3. Utjecaj genotipa na prinos i kakvoću zrna soje

Prema brojnim istraživanjima zaključeno je kako su sadržaj ulja i bjelančevina u zrnu soje pod značajnim utjecajem genetske specifičnosti. Prinos zrna i njegova kakvoća primarni su ciljevi oplemenjivanja soje (Wilcok, 2001.; Orf i Diers, 2004.; Sudarić i sur., 2009.).

Genetska varijabilnost unutar oplemenjivačke kolekcije nastale križanjem elitnog domaćeg i introduciranog materijala dovoljno je široka, te omogućuje odabir različitih oplemenjivačkih linija (Kolak i sur., 1992.).

Novostvorene oplemenjivačke linije ispituju se u mikro i makro pokusima i uspoređuju se sa standardnim kultivarima. Pri tome se bilježi prinos svake pojedine oplemenjivačke linije kao i glavne sastavnice prinosa (Šatović i sur., 1998).

Fabre i Planchon (2000.) su na temelju svojih istraživanja utvrdili kako izvor dušika (fiksacijom N_2 i usvajanjem nitrarnog oblika) značajno utječe na prinos i sadržaj bjelančevina rekombinantne inbred linije soje izvedene iz križanja dviju sorti različitog genetskog podrijetla, svaka s visokim sadržajem bjelančevina u zrnu. Potvrđena je značajna uloga simbiotske fiksacije N_2 na prinos i sadržaj bjelančevina u zrnu soje posebice tijekom generativne faze razvoja (R_2 - R_6). Prinos je, prema istim autorima, izravno povezan s usvajanjem mineralnog dušika u prvim fazama generativne faze (R_2) te simbiotskom fiksacijom u R_6 generativnoj fazi.

Yang i Wang (2000.) u svojim istraživanjima provode korelacijsku analizu agronomskih svojstava između interspecifičnih i intraspecifičnih sorti, dvije poluuzgojene (*Glicine gracilis*) i četiri uzgojene (*Glicine max*). Analizirana je njihova međusobna povezanost. Biljke izvedene iz križanja koje su uključivale *G. gracilis* bile su više i snažnije te su imale više zrna i mahuna po biljci u odnosu na biljke intraspecifičnih križanja. U interspecifičnim križanjima, više i snažnije biljke povezane su s nižim omjerom sjeme/stabljika. Korelacije mase 1000 zrna s trajanjem razvojne faze bile su suprotne korelacijama između broja zrna i mahuna po biljci. Korelacija bjelančevinastog sastava s razvojnou fazou bila je suprotna onou sa sadržajem ulja.

Chung i sur. (2003.) ispitivali su korelaciju sadržaja bjelančevina koja je negativno povezana sa sadržajem sjemena ulja soje, često i s prinosom. Pokusi su provedeni sa šest različitih tretmana navodnjavanja (100, 80, 60, 40, 20 i 0 % nadoknade tjednog gubitka evapotranspiracijou) u dvogodišnjem istraživanju. Autori nakon provedenih analiza zaključuju kako prinos gotovo uvijek opada kada se sadržaj bjelančevina u zrnu genetski povećava na račun sadržaja ulja u zrnu što sugerira da je sinteza bjelančevina i njihovo nakupljanje u zrnu energetski skuplje (zahtjevnije) za biljku nego što se pretpostavlja.

Vratarić i sur. (2005.) navode da se registrirani kultivari soje Poljoprivrednog instituta Osijek uzgajaju na velikim površinama, s tim da oko 10 kultivara s Instituta pokriva oko 70 % ukupnih površina pod proizvodnjou soje u Hrvatskou. Kultivari su karakterizirani

visokim potencijalom prinosa i dobrom prilagodljivošću na lokalne agroekološke uvjete, pa značajno doprinose povećanju i poboljšanju proizvodnje soje u zemlji.

Basić i sur. (2006.) postavili su pokus u četiri ponavljanja po slučajnom blok rasporedu na pokušalištu u Maksimiru tijekom 2002. godine. Nakon provedenog pokusa zaključuju da se kultivar kao izvor varijabilnosti pokazao visokoznačajani za visinu stabljike, visinu do prve mahune, broj grana, broj mahuna, broj zrna, masu zrna po biljci, broj zrna po mahuni, masu 1000 zrna i prinos zrna.

Malik i sur. (2006.) istraživali su genetsku varijabilnost glavnih svojstava povezanih s prinosom soje. Informacije o korelacijama prinosa dobivene su iz podataka o 16 svojstava povezanih s prinosom zrna kod 25 genotipova. Za podatke agronomskih svojstava i svojstava prinosa te sadržaj ulja i bjelančevina provedena je analiza varijance i regresijska analiza te jednostruke i višestruke korelacije. Rezultati otkrivaju da postoje vrlo značajne razlike među genotipovima za sva svojstva. Korelacijski koeficijent prinosa značajno je i pozitivno povezan s brojem mahuna po biljci.

Sudarić i sur. (2006.) nakon provedenog četverogodišnjeg istraživanja navode prosječnu masu 1000 zrna 15 OS kultivara od 171,8 g i 15 kanadskih kultivara s masom od 162,4 g. Prosječan prinos zrna 15 OS kultivara bio je od 3,512 do 4,480 t ha⁻¹ i 15 kanadskih kultivara od 3,223 do 4,469 t ha⁻¹.

Balešević-Tubić i sur. (2008.) na osnovu dvogodišnjeg pokusa sa 15 sorti soje na 9 lokacija, u cilju ispitivanja sadržaja ulja u NS sortama soje, zaključuju da klimatski čimbenici imaju veći utjecaj na prinos i kakvoću zrna soje od samog genotipa.

U svojim istraživanjima Garcia i sur. (2010.) pronalaze da postoje genotipske razlike u učinkovitosti korištenja vode, što naglašava važnost selekcije kultivara kao ključne strategije za postizanje optimalnih prinosa uz smanjeno korištenje vode pri dopunskom navodnjavanju.

Glamočlija i sur. (2010.) ispitivali su svojstva šest suvremenih sorti soje uzgojenih u uvjetima pojačane gnojidbe dušikom i prirodnog vodnog režima u razdoblju od 2006. do 2008. godine. Rezultati pokazuju da između genotipova postoje značajna variranja u ispitivanim svojstvima. Gnojidba dušikom nije značajno utjecala na prinos, posebno u godinama s povoljnijim rasporedom oborina. Razlike u proizvodnim svojstvima bile su izražene po godinama istraživanja.

Sudarić i sur. (2012.) navode da registrirane sorte Poljoprivrednog instituta Osijek značajno doprinose horizontalnom i vertikalnom povećanju proizvodnje soje u zemlji.

Odlikuje ih visoki genetski potencijal rodnosti i široka adaptibilnost na nepovoljne abiotičke činitelje.

Na osnovu dvogodišnjih ispitivanja utjecaja sorte i godine na prinos i komponente prinosa Popović i sur. (2012.) zaključuju da su utvrđene statistički značajne razlike u prinosu, sadržaju bjelančevina i ulja u zavisnosti od genotipa i godine istraživanja. Sorte 0. grupe zriobe imale su u prosjeku veću stabilnost prinosa i stabilnost sadržaja bjelančevina od prosjeka I. grupe zriobe, uz isti prosječan prinos i sadržaj bjelančevina. Veću stabilnost ulja imale su sorte I. grupe u odnosu na sorte 0. grupe zriobe, uz isti prosječan prinos i sadržaj ulja. Čimbenici vanjske sredine utječu na korelaciju između prinosa i sadržaja bjelančevina i ulja. Prosječni prinos u 2010. godini bio je 4103 kg ha⁻¹, a u 2009. godini 3211 kg ha⁻¹. Povoljnija godina za sintezu bjelančevina u zrnu soje za sve ispitivane sorte bila je 2010. a za sintezu ulja 2009., dok je statistički značajno veći sadržaj ulja zabilježen u 2009. godini.

Salimi i sur. (2013.) postavili su pokuse sa ciljem procjene utjecaja vodnog deficita ili stresa suše na prinos genotipova soje u 2008. godini. Rezultati pokazuju pozitivne i značajne korelacije prinosa zrna sa suhom masom biljke (13 % vlage) i brojem zrna po biljci. Stupnjevita regresijska analiza za prinos zrna pokazuje značajnost za broj zrna po biljci i masu zrna kao važnom komponentom prinosa zrna, te da broj zrna po biljci ima najveći pozitivan izravan utjecaj na prinos zrna u uvjetima deficita vode ili stresnim uvjetima suše. Rezultati potvrđuju da je prinos zrna po biljci rezultirao značajnom i pozitivnom korelacijom sa svim ispitivanim svojstvima.

Chowdhury i sur. (2015.) proveli su istraživanje tijekom 2012. godine sa ciljem utvrđivanja čimbenika koji utječu na prinos deset genotipova soje. Stres suše značajno je utjecao na visinu biljke, broj listova, površinu lista i suhu tvar korijena kod svih genotipova. U usporedbi s kontroliranim uvjetima prinos zrna genotipova je smanjen od 42 % do 68 % zbog suše. Osjetljivi genotipovi imali su veće smanjenje prinosa od tolerantnih genotipova. Rezultati istraživanja pokazuju da su genotipovi imali značajne varijacije povezane s rastom biljaka, prinosom i komponentama prinosa u sušnim uvjetima.

Soares i sur. (2015.) procijenili su 38 sorata soje na njihovu prilagodbu različitim područjima uzgoja. U vrijeme žetve mjere prinos zrna, visinu biljke i visinu biljke do prve mahune. Nakon provedene individualne i kombinirane analize varijance autori zaključuju kako je proučavanje prilagodljivosti novih kultivara u regiji neophodno za postizanje visokih prinosa.

Yunusa i sur. (2015.) istraživali su šest genotipova soje koji su bili izloženi vodnom stresu u tri faze rasta (vegetativnoj fazi, fazi cvatnje i fazi poslije cvatnje) s dobro kontroliranom količinom vode. Dobiveni su vrlo niski prinosi, što upućuje na zaključak kako nedostatak vode, posebno u fazama cvatnje i punjenja mahuna, predstavlja limitirajući čimbenik prinosa soje.

3.4. Interakcije istraživanih čimbenika

Vollmann i sur. (2000.) na osnovu svojih rezultata istraživanja zaključuju da postoje znatne varijacije u sastavu bjelančevina zrna genotipova soje, posebice kod sorti rane grupe zriobe uzgajane u srednjoj Europi. Autori ističu kako atmosferski i agroekološki uvjeti značajno utječu na sadržaj bjelančevina u zrnu soje. Kod genotipova soje koji rano dozrijevaju variranje bjelančevina je bilo pod značajnim utjecajem gnojidbe dušikom te se može koristiti u odabranima programima za postupno poboljšanje sastava bjelančevina.

Bellallouli i Mengistu (2008.) ispitivali su učinke navodnjavanja i razlike u kultivarima na prinos i sastav zrna soje. Njihovi rezultati upućuju da upravljanje navodnjavanjem i selekcija kultivara značajno utječu na prinos i sastav zrna soje. Povećanje bjelančevina kod kultivara Freedom u nenavodnjavanim uvjetima može koristiti proizvođačima za uzgoj soje s visokim sadržajem bjelančevina u zrnu pri uvjetima suhog ratarenja.

Kako bi ispitali učinak dušičnih gnojiva na prinos i rast soje Hatami i sur. (2009.) provode pokuse tijekom 2006. i 2007. godine u Sjevernom Khorasanu na 3 sotre (Hobbit, L.W.K. i Williams) i 4 tretmana gnojidbe dušikom (0, 50, 100 i 150 kg N ha⁻¹). Rezultati istraživanja pokazuju da sorta i gnojidba dušikom značajno utječu na prinos zrna. Sorta Williams daje najveći prinos zrna. S povećanjem dušične gnojidbe povećavao se broj mahuna po biljci i prinos zrna. Analizom rasta utvrđeno je kako gnojidba dušikom utječe na veće nakupljanje suhe tvari, brzinu rasta usjeva i indeks lisne površine. Sorta Williams i L.W.K. pokazale su veći indeks rasta u odnosu na sortu Hobbit.

Angra i sur. (2010.) proučavali su različite genotipove soje u reakciji na vodni stres te utjecaj količine vode tijekom nalijevanja zrna. Istraživanja su provedena na genotipu tolerantnom na stres i genotipu osjetljivom na vodni stres u fazi nalijevanja zrna. Utvrđeno je da genotip koji je tolerantan na stres ima manja oštećenja izazvana stresnim uvjetima zbog većeg nakupljanja šećera, slobodnih aminokiselina, topivih bjelančevina i prolina uz zadržavanje veće količine vode. Oštećenja lipidnom peroksidacijom su zabilježena kod oba genotipa, s tim da su značajno veća oštećenja zabilježena kod genotipa osjetljivog na stres.

Josipović i sur. (2010.) u svojim četverogodišnjim istraživanjima navode kako se prosječan urod zrna soje kretao od 2,84 do 4,13 t ha⁻¹. U svim godinama istraživanja utvrđena je statistički vrlo značajna razlika prinosa zrna soje između varijanti navodnjavanja, između varijanti gnojidbe dušikom, kao i u njihovoj interakciji. Najveći prosječan prinos navodnjavanjem ostvaren je kod soje pri sadržaju vode u tlu od 60 do 100 % PVK (4,02 t ha⁻¹) i djelovanjem gnojidbe dušikom s 200 kg ha⁻¹ (3,88 t ha⁻¹), ali je i sa 100 kg N ha⁻¹ postignuta ista razina značajnosti. Kombinacija varijanti s najvećim prinosom soje od 4,13 t ha⁻¹ je racionalno navodnjavanje i gnojidba sa 100 kg N ha⁻¹.

Randjelović i sur. (2010.) ispitivali su sorte soje koje pripadaju različitim grupama zriobe (Laura – I., s dužinom vegetacije 130-135 dana i Lana – II., 140-145 dana). Uspoređivane su četiri varijante gnojidbe dušikom (0, 30, 60 i 90 kg N ha⁻¹). Pokusi su izvedeni u suhom ratarenju na lokaciji Putinci tijekom 2008. i 2009. godine. U obje godine istraživanja sorta Lana (II. grupa zriobe) imala je veći prinos zrna i sadržaj ulja u zrnu. Gnojidba dušikom pokazala se kao uspješna metoda za povećanje prinosa zrna.

Comlekcioglu i Simsek (2011.) u svojim istraživanjima ispituju utjecaj nedostatka vode na prinos zrna i komponente prinosa soje u semiaridnim klimatskim uvjetima. Ovo istraživanje je provedeno na poljoprivrednom pokusnom polju Sveučilišta Harran (Turska) u 2006. i 2007. godini. Razlike u prinosu između sorata koje su uzrokovane razinom navodnjavanja ukazuju na to da je potrebno odabrati sorte koje su manje osjetljive na nedostatak vode, posebno u polu sušnim i sušnim područjima.

Chafi i sur. (2012.) su u uvjetima pokrajine Guilan proveli istraživanje kako bi ispitali utjecaji navodnjavanja i gnojidbe dušikom na prinos soje kultivara Chernika. Ovaj pokus je postavljen 2011. godine prema planu podijeljenih parcela split split plot metodi u tri ponavljanja. Glavni čimbenik je bilo navodnjavanje (bez navodnjavanja i navodnjavanje u razmacima od 0, 6, 12 i 18 dana), a podčimbenik je obuhvaćao tretmane gnojidbe dušikom (0, 30, 60, 90 i 120 kg N ha⁻¹). Tretmani navodnjavanja, primjenjena količina dušičnih gnojiva i njezin utjecaj na prinos zrna rezultirali su značajnošću na razini od 0,05 %. Najveći prinos izmjeren je kod tretmana navodnjavanja u razmaku od 12 (5125,6 kg ha⁻¹). Povećanjem gnojidbenih doza povećavao se i prinos.

Kako bi ispitali utjecaj navodnjavanja i genotipa na prinos zrna, udio ulja i bjelancevina u zrnu u uvjetima bez aplikacije dušika, Josipović i sur. (2013.) u trogodišnjim istraživanjima bilježe zanimljive rezultate. Prosječni prinosi zrna soje iznose 3436 kg ha⁻¹, 3678 kg ha⁻¹ odnosno 3633 kg ha⁻¹ u 2010., 2011. odnosno 2012. godini. Sadržaj

bjelančevina rezultirao je statistički značajnim utjecajem između svih ispitivanih sezona uzgoja i iznosio je 40,5, 38,2 i 39,0 % u 2010., 2011. i 2012. godini. U vlažnoj 2010. godini, sadržaj bjelančevina bio je znatno veći od ostale dvije godine istraživanja (sušne i vrlo sušne godine). Navodnjavanje u oba tretmana rezultiralo je statistički značajnom razlikom ($P \leq 0,01$) u prinosu zrna soje prema kontrolnom tretmanu. Kultivar je visoko značajno utjecao ($P \leq 0,01$). Tako je sorta Tena imala 3707 kg ha^{-1} , što je značajno više od druge dvije sorte, a najraširenija sorta Ika bila je na istoj razini. Učinci interakcije godine i navodnjavanja te godine i sorte bili su statistički vrlo značajni.

Maleki i sur. (2013.) proveli su pokus na području Irana sa ciljem proučavanja utjecaja suše na prinos zrna i komponente prinosa tri kultivara soje. Pokus je postavljen tijekom 2010.-2011. godine prema modelu podijeljenih parcela, u tri ponavljanja. Rezultati pokazuju da je suša značajno utjecala na sklop, visinu biljaka, broj zrna po biljci, broj zrna po mahuni, prinos zrna, biološki prinos, masu 1000 zrna, broj zrna po mahuni, žetveni indeks te sadržaj ulja i bjelančevina u zrnu. M9 sorta je imala najbolje rezultate za broj zrna po mahuni, masu 100 zrna, prinos zrna i biološki prinos. Najniži prinos zrna proizveden je u sušnim uvjetima tijekom nalijevanja zrna (2682 kg ha^{-1}) i u fazi cvatnje (2918 kg ha^{-1}). Sorta Hobit je u zrnu imala najveći postotak ulja, neovisno o uvjetima stresa. Postotak bjelančevina kod sorte M7 bio je veći nego kod ostalih sorata. Može se zaključiti da je faza nalijevanja zrna bila najosjetljivija na stres izazvan sušom.

Zhao i sur. (2014.) analizirali su sadržaj dušika u svim djelovima soje kod 10 različitih sorti uzorkovanih u različitim generativnim fazama. Preraspodjela dušika je procijenjena na osnovu koncentracije dušika u lišću između sorti u R_5 i R_7 stadiju. Kod svih sorti uočeno je smanjenje koncentracije dušika u lišću nakon R_5 stadija, što upućuje na početak preraspodjele dušika u biljci. Prinos zrna je pozitivno korelirao s količinom preraspodjelenog dušika iz lišća, ali ne i s koncentracijom dušika u lišću u R_5 stadiju, niti s koncentracijom preraspodjelenog dušika u zrnu soje. Ipak, u godinama s većim prinosom, 2008. i 2009., prinos nije bio povezan s preraspodjelom dušika. Najmanja preraspodjela dušika povezana je s relativno visokim prinosom zrna u jednoj od ispitivanih sorti. Njihovi rezultati ukazuju na to da preraspodjela velike količine dušika ne pridonosi uvijek visokom prinosu, implicirajući da bi izravno usvajanje dušika tijekom nalijevanja zrna mogao biti važan čimbenik za postizanje visokog prinosa zavisno od sorte soje.

4. MATERIJAL I METODE RADA

4.1. Poljski pokusi

U optimalnim agrotehničkim rokovima tijekom tri godine (2013.-2015.) postavljeni su poljski pokusi prema planu podijeljenih parcela (split-split-plot metoda) u tri ponavljanja. Poljski pokus postavljen je na površinama pokušališta Poljoprivrednog instituta Osijek ($45^{\circ}32'$ sjeverne zemljopisne širine i $18^{\circ}44'$ istočne zemljopisne dužine, na prosječnim 88 m nadmorske visine). Istraživanje je dio dugogodišnjih pokusa koji su postavljeni još 2000. godine. Na istoj pokusnoj parceli izmjenjivani su u plodoredu kukuruz i soja.

Istraživanje je provedeno s tri čimbenika: glavni čimbenik (A) je navodnjavanje, podčimbenik (B) je gnojidba dušikom, a pod podčimbenik (C) je genotip (sorta) soje.

Veličina pokusnih parcela glavnog čimbenika iznosila je 360 m^2 ($A = B \times 3$ varijante navodnjavanja = $120 \times 3 = 360 \text{ m}^2$), podčimbenika 120 m^2 ($B = C \times 4$ sorte = $30 \times 4 = 120 \text{ m}^2$), a pod podčimbenika 30 m^2 ($C = \text{sorta soje}$, četiri sorte, svaka sijana u pet redova, od kojih su tri žetvena reda 20 m dužine međurednoga razmaka 50 cm, $3 \times 20 \times 0,5 = 30 \text{ m}^2$).

4.1.1. Navodnjavanje - glavni čimbenik (A)

Navodnjavanje se provodilo u tri tretmana: A1 – kontrolni tretman koji nije bio navodnjavao (prirodni uvjeti, samo voda od oborina); A2 – racionalno navodnjavanje, tretman gdje je sadržaj vode u tlu održavan od 60 % do 100 % RKV i A3 tretman – bogato navodnjavanje, tretman gdje je sadržaj vode u tlu održavan od 80 % do 100 % RKV.

Mjerena je razina podzemne vode (dva puta tjedno u zdencu, 100 m udaljenom od pokusa) kako bi se utvrdilo ima li podzemna voda utjecaj na prinos soje. Na osnovu mjerenja senzorima *watermark* utvrđivao se sadržaj vode u tlu. Navodnjavanje se provodilo prema napisanim varijantama od sjetve sve do nalijevanja zrna, izračunatim obrokom navodnjavanja na temelju vodnih svojstava tla.

4.1.1.1. Određivanje sadržaja vode u tlu i trenutka početka navodnjavanja

Trenutak početka navodnjavanja određen je na temelju mjerenja sadržaja vode u tlu pomoću gipsanih blokova. Sadržaj vode u tlu određivan je svaka tri dana u dva sloja (na dubini 10-15 i 20-25 cm) pomoću *watermark* uređaja. Uređaj se sastoji od blokova tj. gipsanih senzora (Slika 1.) i ručnog mjerača (Slika 2.). Blokovi (sonde) su postavljeni u sve tri varijante navodnjavanja (A1, A2, A3) i u tri ponavljanja. Izračun vrijednosti sadržaja vode

u tlu u danom trenutku je prosjek s dvije dubine za svaku varijantu navodnjavanja. Prije postavljanja u tlo senzori su baždareni za tip tla na pokusnoj parceli (antropogenizirani hidromeliorirani hipoglej). Za baždarenje uređaja korištena je gravimetrijska metoda. 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. Vrijeme postavljanja senzora i broj izvršenih mjerenja po godinama istraživanja prikazani su u Tablici 1. *Watermark* senzor (blok) čini cilindar tanke stijenke načinjen od perforirane nehrđajuće cijevi unutar kojega je smješteno porozno tijelo sačinjeno od agregata pijeska i granularnog matrixa.

Tablica 1. Vrijeme postavljanja senzora i broj izvršenih mjerenja u vegetaciji

Godina	Datum sjetve	Datum postavljanja senzora	Broj mjerenja
2013.	25. travnja	18. svibnja	32
2014.	07. svibnja	15. svibnja	40
2015.	21. travnja	11. svibnja	45

Porozno tijelo obavijeno je sintetičkom membranom koja reagira na promjene vlažnosti tla. Na jednoj strani senzora nalaze se gipsana pločica i elektrode. Gips služi kao pufer u promjeni pH tla, tako da promjena električnog otpora isključivo zavisi od promjene vlažnosti i temperature tla. Elektrode ostaju iznad površine tla te se na njih priključuje mjerni uređaj čineći strujni krug. U Tablici 2. 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.). Vrijednost na uređaju kreće se od 0 - 200 cbara, pri čemu vrijednost 0 predstavlja 100 % retencijskog kapaciteta tla za vodu, a vrijednost od 200 cbara predstavlja sadržaj vode u tlu kod kojeg dolazi do venuća biljaka.



Slika 1. Postavljeni blokovi na parcelama
(foto original; D. Galić Subašić)



Slika 2. Watermark uređaj
(foto original; D. Galić Subašić)

Tablica 2. Interpretacija očitavanja na Watermark uređaju

bar	Stanje vlažnosti
0 – 10	Saturirano tlo (dan dva nakon navodnjavanja ili obilnijih oborina)
10 - 20	Tlo je optimalno vlažno (tlo s većim sadržajem pijeska je manje optimalno)
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 vrlo nizak, slijedi snižavanje uroda ili su urodi upitni

4.1.1.2. Uređaj za navodnjavanje

Navodnjavanje soje obavljeno samohodnim vučenim rasprskivačem (tifon), kako je prikazano na Slici 3. Prosječni radni tlak na ulazu u tifon iznosi 5 do 7 kPa, a na mlaznici rasprskivača od 3 do 4 kPa. Rasprskivač je smješten na pokretnim „kolicima“ te je spojen brzo spajajućom spojnicom za PE cijev promjera 50 mm i dužine 150 m. Intenzitet navodnjavanja zavisi od promjera mlaznice (8, 10 ili 12 mm), radnog tlaka uređaja i širine zone navodnjavanja odnosno površine koja se navodnjava. Željeni obrok navodnjavanja postiže se brzinom kretanja uređaja. Na izlazu cijevi iz zdenca postavljen je vodomjer pomoću kojega se kontrolira dodani obrok navodnjavanja. Sustav se sastoji od jednog rasprskivača (kišnoga krila) i kotura na kojega je namotana polietilenska (PE) cijev. Rasprskivač ima domet od 22 do 25 m s ukupnim radnim zahvatom do 30 m. Pomično postolje i kotur, koji se uslijed snage vode koja prolazi kroz turbinu i tlak u sustavu, omogućuju sustavu kretanje i namatanje rasprskivača s kolicima na kotur. Sustav se kreće

uvijek po suhom tlu što smanjuje mogućnost pogoršanja strukture tla. Prilikom pomicanja rasprskivač kiši površinu određenog sektora (varijante istraživanja). Kada rasprskivač na pokretnim kolicima stigne do kotura, prestaje raditi, jer aktivira uređaj koji isključuje dovod vode u turbinu i sustav prema rasprskivaču.



Slika 3. Navodnjavanje parcela samohodnim rasprskivačem s kišnim krilom
(foto original; D. Galić Subašić)

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. Navedeni uređaj uz korišteni radni tlak i korištenu normu navodnjavanja daje intenzitet kiše od približno 300 mm/sat/m^2 . Najveći obrok navodnjavanja (50 mm) ovaj uređaj isporuči za 10-ak minuta (uz korišteni radni tlak i zahvat) u početku rada. Obzirom da je vrijednost infiltracije u svim godinama istraživanja u početnom mjerenju bila iznad intenziteta kišenja, nije bilo ograničenja u uporabi korištenog uređaja. Voda za navodnjavanje crpila se iz zdenca dubine 37 m, izdašnosti oko $7,0 \text{ l s}^{-1}$, a optimalne vrijednosti crpljenja iznosile su oko $5,5 \text{ l s}^{-1}$. Za crpljenje vode koristila se električna dubinska crpka (snage 5,5 kW) postavljena na 19 m dubine.

4.1.1.3. Dinamika sadržaja vode u tlu i obroci navodnjavanja

Količina i raspored oborina u vegetaciji soje (od travnja do rujna) u tri godine istraživanja znatno su se razlikovali i različito utjecali na dinamiku sadržaja vode u tlu. Sukladno tome razlikovali su se broj i raspored obroka navodnjavanja (Tablica 3.).

Tablica 3. Datumi i količine vode dodane navodnjavanjem po varijantama

Varijanta	2013. godina		2014. godina		2015. godina	
	obrok	datum	obrok	datum	obrok	datum
A2 (65-100 %) RKV	35 mm	6.-8. 06.	35 mm	11.-13. 06.	35 mm	14.-15. 06.
	35 mm	22 -27. 07.	35 mm	7.- 9. 07.	35 mm	11.-14. 07.
	35 mm	6.-8. 08.	35 mm	1.-4. 08.	35 mm	27.-31. 07.
			35 mm	12.-14. 08.		
Ukupno	105 mm		140 mm		105 mm	
A3 (80-100 %) RKV	35 mm	18.-24. 06.	35 mm	11.-13. 06.	35 mm	11.-13. 06.
	35 mm	26. 06. - 8.07.	35 mm	7.- 9. 07.	35 mm	24.-25. 06.
	35 mm	16.-17. 07.	35 mm	29.-31. 07.	35 mm	3.-6. 07.
	35 mm	22.-27.07.	35 mm	1.-4. 08.	35 mm	11.-14. 07.
	35 mm	31.07.-2.08.	35 mm	12.-14. 08.	35 mm	22.-25. 07.
	35 mm	6.-8. 08.			35 mm	27.-31. 07.
Ukupno	210 mm (l/m²)		175 mm (l/m²)		210 mm (l/m²)	

Isto tako, na dinamiku sadržaja vode u tlu utjecalo je i navodnjavanje u varijantama A2 i A3. Varijante održavanja sadržaja vode u tlu 60-100 % RKV (A2) i 80-100 % RKV (A3) primile su različit broj obroka navodnjavanja a prema dinamici sadržaja vode u tlu u pojedinoj varijanti. Tijekom vegetacije, u varijanti A2 dodano je ukupno 105 mm oborina u 3 obroka, a u varijanti A3 ukupno 210 mm u 6 obroka. Broj i vrijeme primijenjenih obroka ovisili su o sadržaju vode u tlu (podaci dobiveni trodnevnim očitanjem vrijednosti sadržaja vode u tlu *watermark* uređajem).

4.1.1.4. Određivanje obroka navodnjavanja

Mjerenja sadržaja vode u tlu obavljana su u kontinuitetu svaka tri dana. Prosječni sadržaj vode u tlu na dvije dubine korišten je kao prikaz sadržaja vode u tlu na određenom mjestu mjerenja i za određivanje trenutka početka navodnjavanja. Tako je početak

navodnjavanja u varijanti A2 bio kada je sadržaj vode u tlu na dubini 0-35 cm u prosjeku iznosio 60 %, a u varijanti A3 80 % RKV. Vrijednost RKV u ovom radu predstavlja retencijski kapacitet tla za vodu određen laboratorijskim uvjetima (Škorić, 1992.). Utvrđeni retencijski kapacitet tla za vodu iznosio je 37 % volumena. To je osnovna vrijednost koja je korištena za izračun obroka navodnjavanja. Obzirom na varijantu istraživanja dodavani su različiti obroci navodnjavanja s tim da je uvijek dodavana razlika vode od trenutnog sadržaja vode u tlu do 100 % vrijednosti RKV. Količina vode koju je trebalo primijeniti da bi se popunio sadržaj vode u volumenu tla do dubine 35 cm, od vrijednosti 60-100 % RKV u varijanti A2, odnosno od 80-100 % RKV na varijanti A3, kako je prikazano u Tablici 4.

Tablica 4. Količine vode dodane jednim obrokom navodnjavanja za 35 cm dubine

Navodnjavanje tla do 35 cm dubine		
Vol. %	60 % - 100 % RKV	80 % - 100 % RKV
Obrok navodnjavanja u mm (l/m ²)		
	35	35

4.1.1.5. Učinkovitost navodnjavanja

Kako bi se uvidjela iskorištenost vode iz sustava za navodnjavanje, odnosno norme navodnjavanja (A2 i A3) tijekom razdoblja istraživanja, izračunata je učinkovitost navodnjavanja. U tu svrhu korišteni su slijedeći izrazi:

- Učinkovitost navodnjavanja (UN) ili *Irrigation efficiency (IE)* koju čini odnos uroda poljoprivredne kulture i utrošene vode dodane navodnjavanjem (Blümling i sur., 2007.). Učinkovitost navodnjavanja izračunata je pomoću slijedećeg izraza (Takac i sur., 2008.):

$$UN (\%) = (Un/Usr) \times 100$$

gdje je:

UN (%) = učinkovitost navodnjavanja,

Un = urod na navodnjavanoj varijanti (A2 i A3)

Usr = urod u suhom ratarenju (A1).

- Učinkovitost norme navodnjavanja (UNN) ili *Irrigation Water Use Index (IWUI)* izračunat je kao

odnos između ostvarenog uroda i norme navodnjavanja (Fairweather i sur., 2011.), a prema formuli:

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

gdje je:

UNN = učinkovitost norme navodnjavanja (kg ha mm^{-1})

U_n = urod na navodnjavanoj varijanti (kg ha^{-1})

U_s = urod u suhom ratarenju (kg ha^{-1})

N_n = norma navodnjavanja (mm).

4.1.2. Gnojidba mineralnim dušikom - podčimbenik (B)

Gnojidba mineralnim dušikom provedena je u tri varijante: varijanta B1 – kontrolna varijanta bez gnojidbe dušikom; varijanta B2 – gnojidba sa 100 kg N ha^{-1} i varijanta B3 – gnojidba sa 200 kg N ha^{-1} . Gnojidba dušikom obavljena je u dva navrata ureom, i to kao osnovna gnojidba u jesen, kada je aplicirano 50 % ukupne količine dušika i predstetveno, u proljeće, s preostalim količinom dušika. Gnojidba fosforom i kalijem na razini je standardne količine mineralnih gnojiva za soju ($100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ i $100 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$). Gnojidba fosforom i kalijem obavljena je u jesen (osnovna gnojidba) rasipačem za mineralna gnojiva Amazone 2000 i pred sjetvu u proljeće u dva jednaka dijela.

4.1.2.1. Učinkovitost gnojidbe dušikom

Kako bi se provjerila učinkovitost dodanog dušika gnojidbom na prinos zrna izvršeni su izračuni učinkovitosti gnojidbe - UG (Rehman i sur., 2011.) pomoću formule:

$$UG = (U_g - U_n) / N \text{ (kg)}$$

gdje je:

UG = učinkovitost gnojidbe (kg)

U_g = prinos u varijanti gnojidbe (kg)

U_n = prinos na negnojenoj varijanti (kg)

N = količina dodanog dušika (kg)

4.1.3. Genotip - podčimbenik (C)

Rezultat dosadašnjeg rada na oplemenjivanju soje na Poljoprivrednom institutu Osijek je trideset šest (36) priznatih sorti soje u okvirima 00. do II. grupe zriobe.

U istraživanju su se ispitivale četiri sorte soje (Tablica 5.) kreirane na Poljoprivrednom institutu Osijek.

Tablica 5. Osnovne značajke sorti u istraživanju

Sorta	Grupa zriobe (dani)	Značajke sorte	Prosječan prinos zrna 2013./2015. (kg ha ⁻¹)
Lucija C1	00.-0. (100 -110)	vrlo rana sorta, dobro podnosi stres suše	3728
Vita C2	0. (111-120)	rana sorta, otporna na polijeganje	3618
Ika C3	0.-I. (121-130)	srednje rana sorta, otporna na plamenjaču	4019
Tena C4	0.-I. (121-130)	srednje rana sorta, otporna na polijeganje	3862

4.1.4. Agrotehnika pokusa

Nakon razmjeravanja parcela (Slika 4.) sve agrotehničke mjere u pokusu (obrađa tla, sjetva, zaštita i njega usjeva od korova, bolesti i štetnika) provedene su u skladu s načelima održive poljoprivrede (Tablica 6.) i jednake su za sve varijante pokusa.

Soja je sijana 6-metarskom, 12-rednom pneumatskom sijačicom na međuredni razmak 50 cm, razmak u redu 3-5 cm i dubinu 4-6 cm (Slika 5.). Tijekom vegetacije u svim varijantama pokusa utvrđen je sklop. U sve tri godine istraživanja realizirani su preporučeni sklopovi, 650 000 biljaka ha⁻¹ za rane i 580 000 biljaka ha⁻¹ za srednje rane sorte.

U vegetaciji su obavljena fenološka opažanja (Slik 6.-9.) u slijedećim fenofazama: faza nicanja (VE₁), razvijena prva troliske (V₂), početak cvatnje (R₁), početak formiranja mahuna (R₃) i puna zrioba (R₈).



Slika 4. Razmjeravanje parcela za sjetvu pokusa soje
(foto original; D. Galić Subašić)



Slika 5. Sjetva soje
(foto original; D. Galić Subašić)

Tablica 6. Obavljeni radovi na pokusu tijekom istraživanja 2013.-2015.

AGROTEHNIČKI RADOVI NA POKUSU	DATUMI OBAVLJANJA RADOVA NA POKUSU		
	2013. godina	2014. godina	2015. godina
Oranje – zimska brazda	16.11.2012	18.11. 2013.	14.11. 2014.
Predsjetvena gnojdba	22.04.	02.05.	17.04.
Predsjetvena obrada tla	12.04.	25.04.	14.04.
Iscrtavanje parcela	22.04.	02.05.	14.04.
Sjetva	25.04.	07.05.	21.04.
Zaštita soje od korova	26.04.	09.05.	22.04.
Postavljanje senzora za mjerenje sadržaja vode u tlu	18.05.	15.05.	11.05.
Međuredna kultivacija	10.06.	27.05.	29.05.
	14.06.	09.06.	03.06.
Žetva pokusa soje	15.10.	9.-10.10.	24.09. Lucija 06.10. ostale sorte
Uzimanje uzoraka nakon berbe	25.10.	21.10.	16.10.
Osnovna gnojdba	14.11.	17.11.	11.11.
Vrijeme dorade zrna	19.-20.12.	11.-12.02.2015.	12.-13.10.



Slika 6. Prva troliska (V_2)
(foto original; D. Galić Subašić)



Slika 7. Početak cvatnje (R_1)
(foto original; D. Galić Subašić)



Slika 8. Početak formiranja mahuna (R₃)
(foto original; D. Galić Subašić)



Slika 9. Potpuna zrioba (R₈)
(foto original; D. Galić Subašić)

4.2. Analiza klimatskih elemenata i bilanca vode

Za analizirane klimatske elemente (temperatura zraka u °C, oborine u mm, insolacija u satima i relativna vlaga zraka u %) korišteni su podatci Državnog hidrometeorološkog Zavoda s meteorološke postaje Osijek (Zračna luka Osijek). Prosječne višegodišnje vrijednosti korištene su iz klimatološkog niza 1981.-2010. godine i uspoređivane s godinama istraživanja (2013., 2014. i 2015.).

U prihode vode u bilanci računata su oborine i količina vode dodana navodnjavanjem, a rashodi vode izračunatom referentnom evapotranspiracijom (ET_o) upotrebom računalnog programa CropWat (Smith, 1992.). Za izračun referentne evapotranspiracije korišteni su klimatski podaci DHZM za područje Osijeka. Od klimatskih elemenata korišteni su: srednja mjesečna temperatura zraka °C, srednja mjesečna brzina vjetra m s⁻¹, srednja mjesečna vlaga zraka %, srednja mjesečna insolacija.

4.3. Analiza fizikalnih i kemijskih svojstava zrna soje

Nastupom tehnološke zriobe obavljeno je uzimanje uzoraka za analizu komponenti prinosa i žetva pokusa. Sa svake parcele uzeto je 12 prosječnih biljaka za određivanje komponenti prinosa (dvije su odbačene, uzete su kao pričuva, a 10 je analizirano). Dobivena

količina zrna izvagana je za svaku parcelu i preračunata u kg ha^{-1} . Žetva je obavljena kombajnom za pokuse tipa *Wintersteiger* (slika 10.). Pri žetvi je izmjeren sadržaj vlage u zrnju (%) i hektolitarska masa (kg hl^{-1}) pomoću uređaja *Dickey – John*, Grain analysis computer – model *GAC plus* (slika 11.). Masa 1000 zrna određena je automatskim brojačem *Contador* i vaganjem uzorka te izražena u g.



Slika 10. Žetva soje 2014. kombajnom za pokuse
(foto original; D. Galić Subašić)



Slika 11. Mjerenje vlage i hektolitarske mase uređajem Dickey John
(foto original; D. Galić Subašić)

U laboratoriju Poljoprivrednog instituta Osijek ispitano je oko 200 g prosječnog uzorka zrna sa svake parcelice pokusa nakon sušenja i izračuna sadržaja vode u zrnju na skladišnu vlagu (13 %). Obavljene su laboratorijske analize kakvoće zrna, odnosno utvrđeni

su sadržaj ulja (%) i bjelančevina (%) metodom bliske infracrvene transmisije na uređaju Infratec S009011 Analyzer.

Na dorađenom sjemenu utvrdila se klijavost i energija klijanja prema vrijedećoj zakonskoj regulativi (Zakon o sjemenu, sadnom materijalu i priznavanju sorti poljoprivrednog bilja, NN 137/04, pročišćeni tekst i Pravilnik o temeljnim zahtjevima kakvoće načinu ispitivanja NN 04/2005).

Klijavost sjemena najvažniji je pokazatelj kvalitete sjemena, a odnosi se na utvrđeni broj normalnih klijanaca prema ukupnom broju sjemenki postavljenih na klijanje, izražen u postotku. Energija klijanja predstavlja brzinu i ujednačenost klijanja sjemena. Klijavost i energija klijanja određeni su metodom rolanog filter papira (Slika 12.) na Odjelu za sjemenarstvo Poljoprivrednog instituta Osijek. Na navlaženi filter papir pomoću „sheme za naklijavanje i ispitivanje kakvoće zrna“, postavljeno je 100 zrna sa svake varijante pokusa, te umotano u plastične (PVC) folije i smješteno u Binder komore (Slika 13.) na temperaturu od 25°C na naklijavanje. Nakon pet dana određen je broj iskljalih zrna i te je dobivena energija klijanja za svaku varijantu u tri ponavljanja. Ostala neisklijana zrna vraćena su u komore i ponovo je određen broj iskljalih zrna nakon 3 dana. Tako je dobivena klijavost za svaku varijantu izražena u postotku.



Slika 12. Određivanje broja klijanaca
(foto original; D. Galić Subašić)



Slika 13. Komore za naklijavanje
(foto original; D. Galić Subašić)

4.4. Analiza tla

Pedološki profili su iskopani i analizirani početkom istraživanja u 2000. godini. Tada su utvrđena osnovna obilježja tla: antropogenizirani hidromeliorirani hipoglej (Josipović, 2004.). Određeni su sljedeći parametri:

- mehanički sastav tla pipet metodom nakon dezagregacije u Na-pirofosfatu, mm
- retencijski kapacitet tla za vodu po Gračaninu (1972.), vol. %
- kapacitet tla za zrak po Gračaninu (1972.), vol. %
- ukupna poroznost, %
- gustoća čvrste faze tla, u ksilolu, g cm⁻³
- stabilnost agregata prema Vageleru (Škorić, 1992.), %.

Prosječan uzorak tla iz oraničnog sloja uzet je sondom na dubini od 0-15 i 15-30 cm, nakon žetve u jesen 2013., 2014. i 2015. godine, a prije osnovne gnojidbe. Ukupno je uzorkovano osamnaest uzoraka tla. Uzorci su analizirani u laboratoriju Zavoda za Agroekologiju Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Kemijska analiza obuhvatila je: pH u H₂O i u 1 mol dm⁻³ KCl otopini (ISO 10390,1994.), sadržaj humusa u tlu (bikromatnom metodom, ISO 14235 1998.), sadržaj lako pristupačnog fosfora i kalija u tlu (Al metoda; Egner i sur., 1960.). Radi kontrole sadržaja dušika u tlu i eventualnog nakupljanja od prethodne vegetacije utvrđen je sadržaj ukupnog dušika u tlu modificiranom Kjeldahlovom metodom (cit. prema Jurišić, 1995.).

4.5. Analiza vode za navodnjavanje

Kvaliteta vode za navodnjavanje definirana je skupom parametara koji su dio redovitog sustava kontrole. Zato je i za potrebe ovog višegodišnjeg pokusa u prvoj godini istraživanja uzet uzorak vode s rasprskivača i analiziran na sve relevantne parametre koji definiraju kvalitetu vode za navodnjavanje (Plavšić, 2012.).

Analize uzoraka vode provedene su u laboratoriju „Vodovod - Osijek“ d.o.o. te u Zavodu za javno zdravstvo u Osijeku. Ispitani su sljedeći parametri: električna vodljivost (konduktometrijski), pH (elektrometrijski), koncentracija mangana, željeza, slobodnog amonijaka (spektrofotometrijski), prisustvo sulfata, klorida, nitrata, nitrita, fluorida, fosfata (ionskom kromatografijom), kalcij i magnezij (kompleksometrijska titracija), te natrij (atomsom apsorpcijskom spektrofotometrijom).

4.6. Dorada zrna soje

Svi odvagani uzorci sa svake parcele (varijante) su doradjeni na Poljoprivrednom institutu u Osijeku, Odjelu poljoprivredne tehnike i melioracija u pogonu Mala dorada. Proizvođač uređaja u doradi je tvrtka Cimbria (Republika Austrija). Sklop uređaja za doradu sjemena se sastoji od slijedećih uređaja: usipni koš, selektor, koperaj, trijer, gravitacijski stol, uređaj za kemijsko tretiranje sjemena, vaga i šivaljka te potreban broj transportera koji povezuje spomenute uređaje. Uzorci su doradjeni prema vrijedećem Pravilniku o stavljanju na tržište sjemena uljarica i predivog bilja (NN br. 126/2007, 20/2013, 123/2016), koji propisuje temeljne zahtjeve kakvoće, načina ispitivanja, pakiranja i deklariranja sjemena i doradu sjemena i sadnoga materijala u Republici Hrvatskoj. Utvrđen je randman (izražen u postotku) doradenoga sjemena prema proizvedenoj (naturalnoj) količini. Također je utvrđena količina sjemena nepogodnog za sjetvu, odvojenog u pojedinom procesu dorade, na selektoru (sita i vjetar) i na gravitacijskom stolu (odvajanje lakših zrna pomoću radnog nagiba, vibracije i vjetra na temelju mase zrna).

Nakon žetve uzorci su transportirani s pokusnih parcela do skladišta Male dorade. Kako je zrno soje osjetljivo na mehanička oštećenja i termičke utjecaje, posebna pažnja posvećena je rukovanju sjemenom u žetvi, tijekom transporta, pretovara, te sušenja i dorade.

Naturalno sjeme je u skladištu odvojeno, označeno (etiketirano) i stavljanje pod nadzor u suhom i zatamnjenom prostoru. Pri samom prijemu zrna u skladište kontrolirana je vlaga koja je u većini uzoraka iznosila 11-14 % (prikladna za skladištenje). Vrlo mali broj uzoraka bio je s vlagom većom od 14 %, i to samo u 2013. godini. Zrno je kod tih uzoraka dosušeno ventiliranjem zraka.

Proces dorade započeo je prijemom naturalnog sjemena u usipni koš (Slika 14.) s predčistačem (aspiratorom) gdje su se odvojile grube nečistoće (dijelovi stabljike, mehaničke primjese i sl.). Dalje je zrno transportirano elevatorom do selektora, osnovnog stroja za doradu sa sitima: okrugla sita promjera 6 mm; rezana sita promjera 4,0 mm i rezana sita promjera 3,5 mm i aspiracijom gdje su odvojene sitnije nečistoće, komadići zemlje, krupnija prašina i ostale primjese. Kapacitet selektora je 1 t/sat. Selektor je pogonjen električnom energijom snage motora od 0,75 do 2,2 kW. Nakon toga je sjeme soje elevatorom transportirano na gravitacijski stroj (Slika 15.) gdje se odvajaju bolesna i oštećena zrna na temelju specifične mase zrna. Zrna lakše specifične mase koja su štura i nedovoljno nalivena odlaze u otpad, a ona veće specifične mase u sjemensku robu. Iako je sjeme zdravstveno ispravno, iz preventivnog razloga zaštite sjeme soje je tretirano

fungicidom Vitavax 200 FF u centrifugalnom zaprašivaču s preciznim doziranjem. Slijedilo je vaganje, doziranje, pakiranje i šivanje vreća koje su slagane na paletu i tako otpremane (slika 16.).



Slika 14. Usipni koš i selektor
(foto original; D. Galić Subašić)



Slika 15. Gravitacijski stol
(foto original; D. Galić Subašić)



Slika 16. Zaprašivač, linija za vaganje i pakiranje dorađene soje
(foto original; D. Galić Subašić)

4.7. Statistička obrada podataka

Statistički su obrađeni sljedeći rezultati: prinos zrna soje (kg ha^{-1}), sadržaj bjelančevina u zrnu (%), sadržaj ulja u zrnu (%), hektolitarska masa zrna (kg hl^{-1}), masa 1000 zrna (g), sadržaj vode u zrnu u trenutku žetve (%), energija klijanja (%), klijavost (%) i randman dorađenog sjemena (%).

Dobivene vrijednosti za pojedina istraživana svojstva analizirane su u svakoj godini posebno obrađene analizom varijance (ANOVA), uz izračun vrijednosti t-testa izračunatom najmanjom značajnom razlikom, NZR (LSD). Nadalje, izvršena je statistička analiza jednostruke korelacije (za veze između ispitivanih varijabli), regresije (putem jednadžbi regresije za opis veze između ispitivanih varijabli), te analiza višestruke korelacije i regresijske analize navedenim računalnim programom. Statistička analiza obavljena je u računalnom programu *Statistica 12* i *Microsoft Excel*. Jačina i smjer korelacije određen je prema Roemer Orphalovoj skali (Vasilj, 2000.).

5. AGROEKOLOŠKI UVJETI ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

5.1. Vremenske prilike

Poljski pokusi provedeni su tijekom 2013., 2014., i 2015. godine. Klimatske prilike značajno utječu na poljoprivrednu proizvodnju (prinos i kakvoću proizvoda), pa su analizirane temperatura zraka i oborine u godinama tijekom istraživanja te višegodišnji prosjeci (1981.-2010.), a njihove vrijednosti prikazane su u Tablici 7.

Tablica 7. Temperatura zraka (°C) i oborine (mm) u istraživanim godinama i višegodišnji prosjek za područje Osijeka (Zračna luka Osijek – DHMZ)

Mjesec	2013.	2014.	2015.	1981.-2010.
OBORINE (mm)				
I	60,8	36,0	73,7	45,7
II	85,8	48,0	57,1	35,6
III	84,3	39,4	50,5	44,7
IV	44,9	81,3	12,9	52,4
V	119,0	161,4	113,4	63,9
VI	63,6	91,0	17,1	87,1
VII	36,5	66,4	25,6	56,0
VIII	32,9	54,3	105,8	68,3
IX	123,7	68,9	41,1	62,9
X	52,3	87,9	142,1	52,5
XI	63,8	8,8	45,1	59,6
XII	0,0	66,0	1,9	53,9
Ukupno IV-IX	420,6	523,3	315,9	390,6
Ukupno I-XII	767,6	809,4	686,3	682,6
SREDNJE TEMPERATURE ZRAKA (°C)				
I	2,1	3,7	2,9	-0,1
II	2,9	5,6	2,5	1,6
III	5,2	9,5	7,5	6,5
IV	13,1	13,2	12,1	11,8
V	16,7	16,1	17,8	17,1
VI	20,0	20,5	20,8	20,1
VII	22,9	21,9	24,6	22,0
VIII	22,9	20,8	23,7	21,3
IX	15,9	17,0	17,9	16,7
X	13,7	13,3	11,1	11,6
XI	7,8	8,3	7,5	5,6
XII	1,6	3,5	3,2	1,3
Prosjeak IV-IX	18,58	18,25	19,48	18,17
Prosjeak I-XII	12,07	12,78	12,63	11,29

IV.-IX. – vegetacija (travanj – rujanj); I.-XII. (siječanj - prosinac)

Evidentno je da su sve tri godine istraživanja prema pojedinim klimatskim pokazateljima (temperatura zraka, oborine, sati sijanja sunca) bile različite.

Prema Thornthwaiteovoj klasifikaciji klime baziranoj na odnosu količine vode potrebne za potencijalnu evapotranspiraciju i oborinske vode postoji pet tipova, od vlažne, perhumidne do suhe, aridne klime. Hrvatsku obilježava perhumidna, humidna i subhumidna klima. U istočnoj Hrvatskoj, prevladava subhumidna klima.

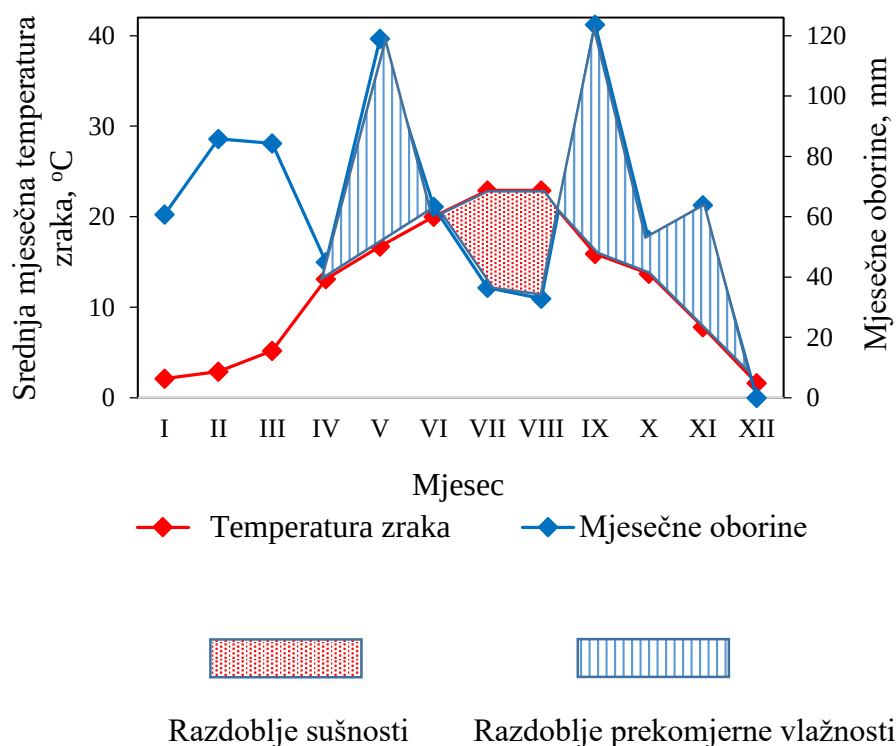
Iz tablice 7. vidljivo je da su ukupne godišnje oborine tijekom tri uzastopne godine i višegodišnji prosjek za lokaciju Osijek na približnoj razini s količinom oborina koju brojni autori navode kao dostatnu za uzgoj soje bez navodnjavanja (600-700 mm), ali uz važan uvjet povoljnog rasporeda tijekom vegetacije. Rezultati pri uzgoju soje uvelike su povezani s količinom, distribucijom, frekvencijom i intenzitetom oborina. Tijekom vegetacije 2013. i 2014. godine palo je 30 mm odnosno 132,7 mm više oborina od prosjeka, dok je posljednje godine pokusa (2015.) palo svega 315,9 mm oborina, što je za 74,7 mm manje od višegodišnjeg prosjeka. Mjesec travanj na istoj lokaciji u višegodišnjem prosjeku imao je 52,4 mm oborina. Slična količina oborina zabilježena je u travnju 2013. godine (44,9 mm), dok su 2014. oborine bile više od prosjeka (za oko 30 mm). Travanj 2015. bio je izuzetno suh (svega 12,9 mm). Svibanj je u sve tri godine bio kišovitiji od višegodišnjeg prosjeka (za 55,1; 97,5 odnosno 49,5 mm). Lipanj je 2013. i 2015. bio znatno sušniji od prosjeka (87,1 mm) i to za 23,5 mm odnosno 70 mm, dok je lipanj 2014. (91,0 mm) bio na razini višegodišnjeg prosjeka. Srpanj u višegodišnjem prosjeku ima 56 mm oborina, a kroz tri godine ovaj mjesec pokazao je sličan trend kao i za lipanj. Naime, prve i treće godine pokusa u ovom mjesecu bilo je manje oborina (za 19,5 odnosno 30,4 mm) od višegodišnjeg prosjeka, a druge godine (2014.) u ovom mjesecu bilo je 66,4 mm oborina. Kolovoz u prvoj i drugoj godini pokusa imao je za oko 35 odnosno 14 mm oborina manje od višegodišnjeg prosjeka (68,3 mm), dok je treće godine pokusa u ovom mjesecu bilo čak 37,5 mm više od prosjeka. Rujan je druge godine pokusa imao oborina na razini višegodišnjeg prosjeka, dok je prve godine bio izrazito kišovitiji (za oko 60 mm više), a druge sušniji (21,8 mm manje oborina).

Višegodišnji prosjek temperature zraka za područje istraživanja iznosi 11,29 °C. Iz tablice 7. vidljivo je da su sve tri godine pokusa toplije od prosjeka i to za 0,78 °C, 1,49 °C odnosno 1,34 °C. U razdoblju od travnja do rujna prosječna temperatura zraka iznosila je 18,17 °C. Prosječne temperature zraka tijekom vegetacije soje po godinama pokusa bile su za 0,41 °C, 0,08 °C i čak 1,31 °C veće od višegodišnjeg prosjeka.

Srednja temperatura zraka za travanj u višegodišnjem prosjeku iznosila je 11,8 °C. Ovaj mjesec je u svim godinama pokusa bio topliji od višegodišnjeg prosjeka (za 1,3 °C, 1,4 °C i 0,3 °C). Svibanj 2013. i 2014. godine bio je za 0,4 °C odnosno 1,0 °C hladniji od višegodišnjeg prosjeka, dok je 2015. godine bio topliji za 0,7 °C. Srednja mjesečna temperatura zraka za kolovoz u višegodišnjem prosjeku iznosi 21,3 °C, a tijekom prve i treće godine pokusa ovaj mjesec bio je znatno topliji od prosjeka (za 1,6 °C i 2,4 °C), dok je kolovoz 2014. godine bio na razini prosjeka. Rujan 2013. godine bio je hladniji od prosjeka za 0,8 °C, druge godine neznatno topliji, dok je posljednje godine pokusa bio izrazito topliji, za čak 1,2 °C.

5.1.2. Klimadijagrami prema H. Walteru

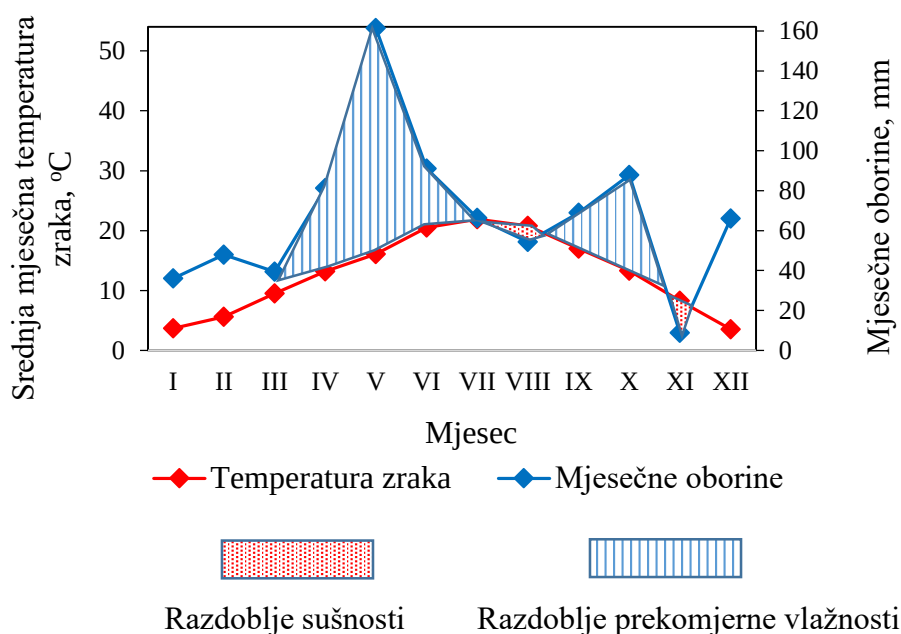
Iz Grafikona 1. vidljivo je da sušno razdoblje 2013. godine traje od sredine lipnja, pa sve do sredine kolovoza. Tijekom ove godine ističe se nekoliko razdoblja prekomjerne vlažnosti različitog intenziteta i trajanja s vrhuncima u veljači, svibnju, rujnu i studenom.



Grafikon 1. Klimagram prema Walteru za 2013. godinu za područje Osijeka

Srednja godišnja temperatura zraka bila je viša u odnosu na višegodišnji prosjek i u 2013. godini iznosila je 12,3°C. Najtopliji mjesec bio je srpanj.

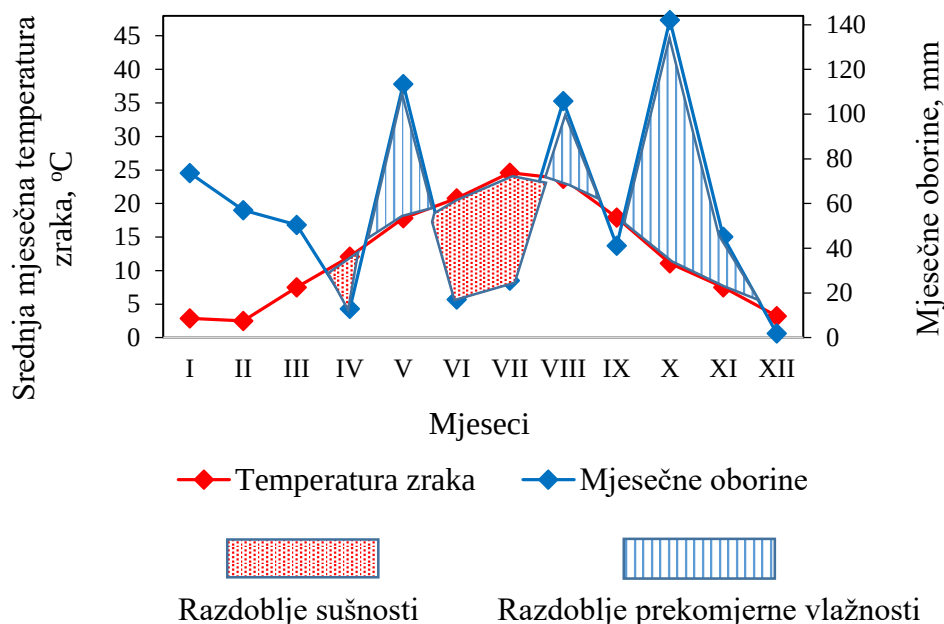
Godinu 2014. (Grafikon 2.) obilježilo jedno slabije razdoblje sušnosti tijekom srpnja i kolovoza. Međutim, kao i prethodne godine ističu se četiri razdoblja prekomjerne vlažnosti u razdoblju siječanj-veljača, travanj-lipanj, rujan-listopad te u prosincu. Najizraženije razdoblje prekomjerne vlažnosti bilo je u razdoblju travanj-svibanj dok su ostala dva bila slabije izražena. U 2014. godini sušno razdoblje uobičajeno za ovo agroekološko područje nije zabilježeno već je tijekom ljetnih mjeseci pala značajna količina oborina (u srpnju 82,6 mm i u kolovozu 92,5mm).



Grafikon 2. Klimagram prema Walteru za 2014. godinu za područje Osijeka

Godina 2015. bila je godina s izraženim odstupanjima i po količini oborina i po srednjoj mjesečnoj temperaturi zraka, kako je vidljivo iz Grafikona 3. Ističu se četiri razdoblja prekomjerne vlažnosti. Prvo i najduže se pojavljuje od siječnja do ožujka. Drugo izraženije razdoblje s previše vlage bilo je u svibnju, a treće u kolovozu, ali nešto slabijeg intenziteta. Najduže i najintenzivnije razdoblje prekomjerne vlažnosti pojavljuje se od kraja rujna do kraja godine. Iz grafikona su vidljiva tri razdoblja sušnosti, i to intenzivna koja su označila godinu kao sušnu (315,9 mm u vegetaciji, odnosno za 74,7 mm manje od višegodišnjeg prosjeka). Prvo razdoblje pojavljuje se tijekom travnja (izmjerena količinom oborina iznosila je 12,9 mm) drugo jače, od lipnja (17,1 mm) do srpnja (25,6 mm) i treće, najkraće i najslabije u rujnu (41,1 mm).

Grafikon 4. prikazuje razdoblja sušnosti i prekomjerne vlažnosti u višegodišnjem (1981.-2010.) prosjeku za Osijek. Ističe se razdoblje sušnosti slabijeg intenziteta u srpnju. Ostatak godine prevladava prekomjerna vlažnost, koja ima nekoliko vrhunaca (siječanj, lipanj, kolovoz, studeni).

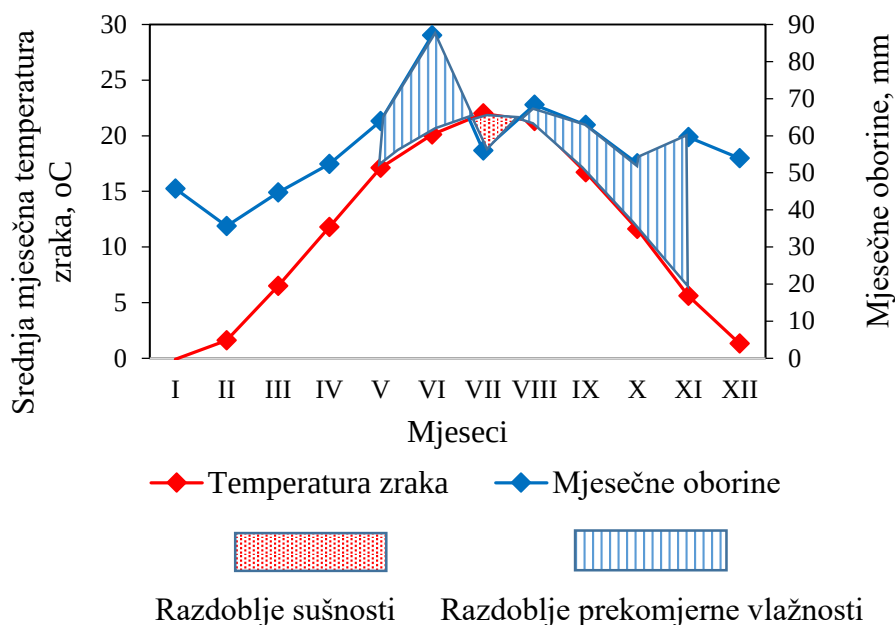


Grafikon 3. Klimagram prema Walteru za 2015. godinu za područje Osijeka

Razlike su zabilježene i između minimalnih i maksimalnih temperatura zraka tijekom istraživnog razdoblja. Apsolutne mjesečne maksimalne temperature zraka iznad 30 °C zabilježene su u 2013. godine u tri mjeseca, i to u mjesecu lipnju (30 °C), srpnju (31 °C) i kolovozu (30 °C). U istom vremenskom razdoblju 2014. mjesečne maksimalne temperature zraka iznosile su u lipnju (27 °C), srpnju (26 °C) i kolovozu (26 °C). U 2015. godini samo su u srpnju zabilježene temperature oko 30 °C. U lipnju i kolovozu maksimalna temperatura zraka iznosila je 25,6 °C odnosno 28,4 °C.

Godine 2015. bilo je 243,8 sati sijanja sunca više u odnosu prema višegodišnjem prosjeku odnosno za 182 sata više, a više za 210,5 sati u odnosu na prethodnu godinu. Evidentno je da su svi mjeseci u 2015. godini, osim veljače i rujna imali više sati sijanja sunca od prosjeka. Srpanj u 2015. godini imao je za 56,7 sati više od prosjeka. U 2013. zabilježeno je 208,6 sati više u odnosu na 2014. godinu i 153,1 sat više od prosjeka. Iz Tablice 8. vidljivo je da je 2014. godina imala manje sati sijanja sunca i u odnosu na druge dvije godine.

U 2013. i 2014. godini, vidljivo iz tablice 9., izmjerene su više vrijednosti relativne vlage zraka. Prema podacima DHZM na krivulji temperature za razdoblje 1862.-2015. godina vidljivo je da je 2015. godina bila druga najtoplija godina od početka mjerenja (Grafikon 4.). Nedostatak oborina u travnju (svega 12,9 mm), a velika količina u svibnju (113,4 mm), uz neravnomjernu raspodjelu i temperature zraka od oko 30 °C već u prvim danima svibnja otežali su uvjete obrade i pripreme tla za sjetvu.



Grafikon 4. Klimagram prema Walteru za razdoblje od 1981.-2010. godine
za područje Osijeka

Niže vrijednosti relativne vlage zraka i na razini godine i na razini vegetacije zabilježene su jedino u 2015. godini (Tablica 9.), te su imale za 1,0 % nižu vrijednost relativne vlage zraka na razini godine odnosno za 5,0 % nižu vrijednost na razini vegetacije u odnosu na prosjek (1981.-2010.).

Analizirajući prikazane klimatske pokazatelje, primjetno je da je 2015. godina bila nepovoljnija za poljoprivrednu proizvodnju. Karakterizirao ju je nedostatak oborina (posebno u lipnju i srpnju), visoke temperature, niska relativna vlaga zraka i veliki broj sati sijanja sunca. Takvi uvjeti imaju vrlo nepovoljan utjecaj na rast i razvoj poljoprivrednih kultura. Budući da se pri određenim ekstremima fiziološki procesi u biljci ne mogu normalno odvijati, a kao posljedica je smanjenje prinosa i kakvoće zrna.

Tablica 8. Sijanje sunca u istraživanim godinama i vegetaciji soje te višegodišnji prosjek za Osijek (DHMZ)

Mjesec	SIJANJE SUNCA (sati)			
	2013.	2014.	2015.	1981.-2010.
I	43,8	38,0	64,4	59,1
II	28,2	71,7	84,7	93,4
III	104,9	176,2	167,4	141,5
IV	233,4	166,6	236,5	180,7
V	205,4	242,1	237,3	227,7
VI	263,0	282,4	290,6	244,8
VII	367,4	273,2	331,5	274,8
VIII	288,5	254,2	278,1	258,8
IX	167,9	125,5	180,5	185,7
X	170,8	132,4	118,1	148,2
XI	76,9	67,5	131,8	80,3
XII	62,2	67,1	65,6	51,3
Ukupno IV.-IX.	1525,6	1344,0	1554,5	1372,5
Ukupno I.-XII.	2013,4	1896,9	2186,5	1942,7

Tablica 9. Relativna vlaga zraka (%) u istraživanim godinama i vegetaciji soje te višegodišnji prosjek Osijek

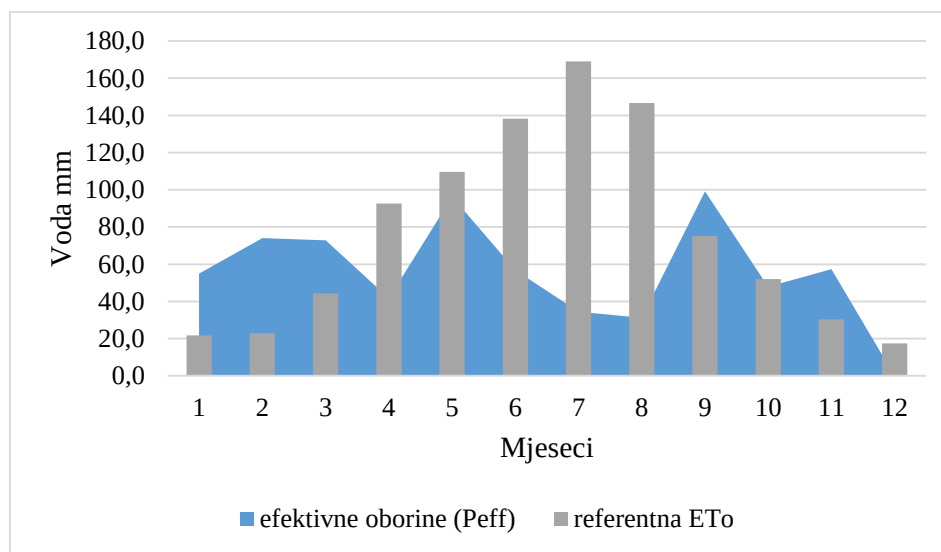
Mjesec	RELATIVNA VLAGA ZRAKA (%)			
	2013.	2014.	2015.	1981.-2010.
I	88	87	87	87
II	89	85	87	81
III	81	74	72	74
IV	70	75	61	70
V	75	73	70	69
VI	74	67	66	71
VII	65	74	61	68
VIII	64	76	66	71
IX	75	82	73	75
X	78	82	84	78
XI	87	87	78	85
XII	88	87	92	88
Prosjek IV-IX	71	75	66	71
Prosjek I-XII	78	79	75	76

IV-IX – vegetacija (travanj – rujanj); I-XII (siječanj – prosinac)

Proučavajući vremenske uvjete na području Osječko-baranjske županije Šoštarić i sur. (2012.) u razdoblju od 1973. do 2011. god. pomoću hidrotermičkog koeficijenta (K_s) prema Seljaninov-u zaključuju da je tijekom analiziranog razdoblja četrnaest godina 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.).

5.1.3. Evapotranspiracija i bilanca vode u tlu

Nedostatak vode računat je na osnovu podataka o relativnoj vlažnosti zraka (%), broju sati sijanja sunca (h), maksimalnoj i minimalnoj temperaturi zraka ($^{\circ}\text{C}$) i brzini vjetra (km h^{-1}) te svojstvima tla i koeficijentima kulture prema fazama razvoja biljaka. Svi prihodi i rashodi vode u određenom razdoblju i određenom volumenu tla čine bilancu vode. Referentna evapotranspiracija (E_{To} , mm dan^{-1}) predstavlja gubitak vode iz tla i s površine biljaka u optimalnim uvjetima razvoja, s prostrane površine zasijane zelenom travom visine 8-15 cm, koja aktivno raste i pokriva cijelu površinu i ima dovoljno vode. Evapotranspiracija (E_{To}), efektivne oborine (P_{eff}), vodna bilanca odnosno nedostatak vode koji bi trebao biti nadoknađen navodnjavanjem izračunati su pomoću računalnog programa *CROPWAT 8.0*. Referentna evapotranspiracija (E_{To} , mm dan^{-1}) izračunata je prema Penman-Monteith metodi izračuna, a bilanca vode predstavlja razliku referentne evapotranspiracije (E_{To}) i efektivnih oborina (P_{eff}). U Grafikonu 5. prikazana je bilanca vode za 2013. godinu.

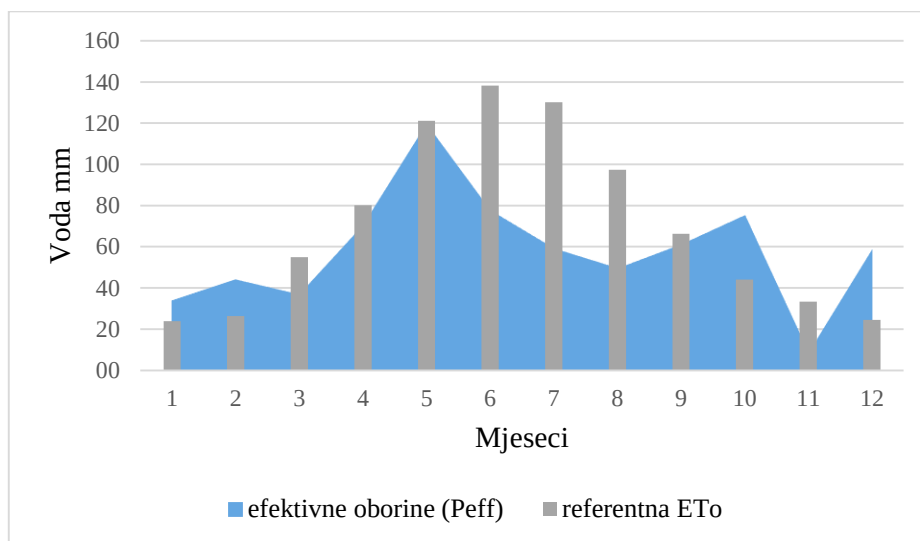


Grafikon 5. Bilanca vode 2013. godine

Efektivne oborine (Peff) izračunate su prema USDA S.C. (*Soil Conservation Service Formula*) metodi. Nedostatak vode tijekom vegetacije izračunat je kao razlika između referentne evapotranspiracije (ET_o) i efektivne oborine (Peff).

Referentna evapotranspiracija određena je korištenjem prosječnih klimatoloških parametara za 2013. godinu za područje Osijeka, a iznosila je 920,3 mm. U mjesecu srpnju iznosila je 169 mm. Izračunata bilanca vode ukazuje na značajni manjak vode tijekom razdoblja vegetacije.

Ukupne efektivne oborine u razdoblju vegetacije (262,5 mm) u ovoj godini bile su raspoređene tijekom godine s nedostatkom vode u srpnju (-134,6 mm) i kolovozu (-115,4 mm).

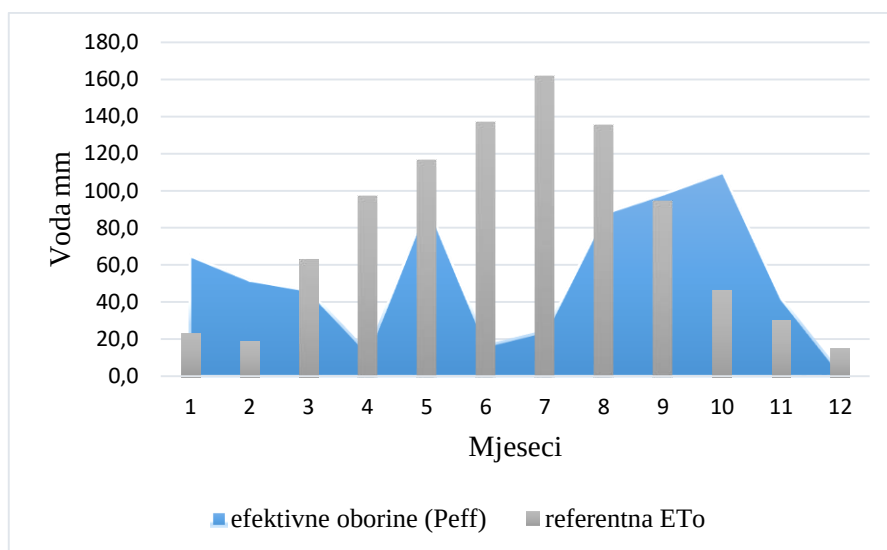


Grafikon 6. Bilanca vode 2014. godine

Efektivne oborine u vlažnoj 2014. godini iznosile su 696,8 mm, a u vegetacijskoj sezoni čak 439,4 mm. U ekstremno kišnom mjesecu svibnju efektivne oborine iznosile su visokih 119,7 mm. Ukupna referentna evapotranspiracija u ovoj godini bila je 840,3 mm, a u vegetaciji prosječno 3,5 mm/dan. Na grafikonu 6. vidljivo je da su se u mjesecu svibnju, u kojem je izmjerena velika količina oborina, vrijednosti referentne evapotranspiracije (121,2 mm) i efektivnih oborina (119,7 mm) gotovo izjednačile.

U 2015. godini ukupna referentna evapotranspiracija iznosila je 938 mm, a njezina dinamika tijekom godine prikazana je na grafikonu 7. Najveća mjesečna vrijednost ET_o zabilježena je u srpnju i iznosi 161,8 mm. U postupku izračina uzete su efektivne oborine i iznose 589,8 mm, a njihov godišnji raspored također je vidljiv iz bilance vode. Iz odnosa

ETo i Peff vidljivo je da se nedostatak vode javlja tijekom cijelog vegetacijskog razdoblja, posebno je izražen lipnju i srpnju. Usporedbom godišnje evapotranspiracije i godišnje efektivne oborine evidentno je da su godišnje efektivne oborine bile niže od ETo za 348,2 mm. Mjesečne vrijednosti ETo u lipnju i srpnju 2015. godine bile su sedmerostruko veće od efektivnih oborina. Tijekom cijele vegetacijske sezone vrijednosti ETo bile su veće od efektivnih oborina. Bilanca vode ukazuje na veliki manjak vode tijekom lipnja (-120,5 mm) i srpnja (-137,2 mm), iako je manji nedostatak izmjeren i tijekom dijela vegetacije (u travnju i svibnju, -23,8 mm).



Grafikon 7. Bilanca vode 2015. godine

Evapotranspiracija (Etc) ukazuje na potrebu uzgajane kulture za vodom zavisno od stadija razvoja biljke, vrste uzgajane kulture i klimatskih uvjeta. Izračunava se iz odnosa referentne evapotranspiracije (ETo) i koeficijenta kulture (Kc) za svaki razvojni stadij soje, a izražava u mm dan⁻¹. Izračun evapotranspiracije kulture (ETc) vršen je pomoću formule i računalnog programa CROPWAT 8.0):

$$ETc = ETo \times Kc$$

gdje je:

Etc = evapotranspiracija

ETo = referentna evapotranspiracija

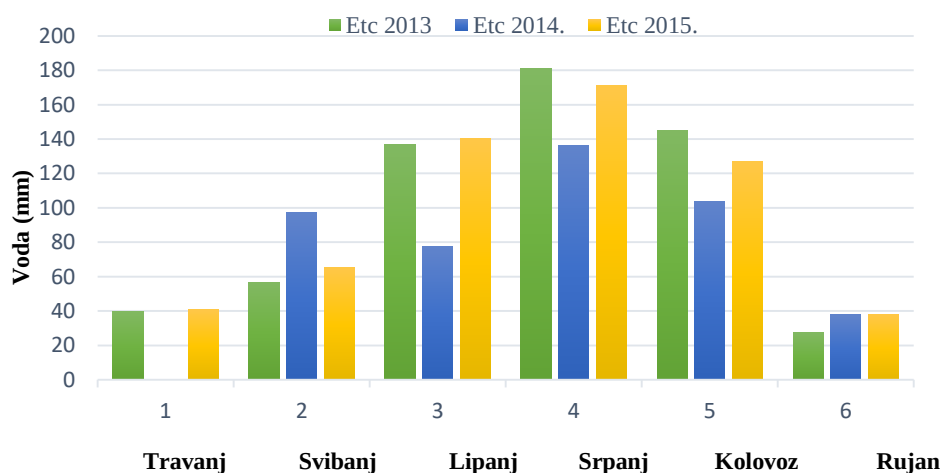
Kc = koeficijent kulture.

Mjesečne vrijednosti evapotranspiracije za razdoblje vegetacije prikazane su u Grafikonu 8. Najniža ETc u usjevu soje tijekom razdoblja vegetacije 2013. godine iznosila je 39,6 mm ($1,32 \text{ mm dan}^{-1}$) u mjesecu travnju, a najviša tijekom mjeseca srpnja u iznosu od 180,90 mm ($6,03 \text{ mm dan}^{-1}$). Ukupna evapotranspiracija u vegetaciji iznosila je 546,1 mm.

U 2014. godini ukupna evapotranspiracija soje u vegetacijskom razdoblju iznosila je 426,7 mm. Najviša ETc iznosila je u mjesecu srpnju 136,1 mm, niže vrijednosti ETc izračunate su prema opisanom modelu za mjesece lipanj (77,7 mm), svibanj (97,2 mm) i kolovoz (103,8 mm).

Evapotranspiracija soje u 2015. godini je iznosila čak 530 mm (Grafikon 8.). U mjesecu lipnju ETc je iznosila 140,2 mm ($4,7 \text{ mm dan}^{-1}$). U mjesecu srpnju bila je najviša i iznosila je 170,9 mm ($5,7 \text{ mm dan}^{-1}$). Na evapotranspiraciju soje djeluje čitav niz čimbenika, a koji nisu uključeni u matematički model izračuna (dio raznih gubitaka vode). Isto tako, nije uzeta u obzir rezerva vode u tlu, kao niti udio podzemne vode u ukupno raspoloživoj vodi.

Podzemna voda bila je u sve tri godine istraživanja ispod 150 cm, tako da se pouzdano može zaključiti da nije bilo utjecaja podzemne vode na postavljene varijante navodnjavanja, dakle niti na prinos.



Grafikon 8. Evapotranspiracija kulture (ETc)

5.2. Svojstva tla pokusne parcele

Na temelju terenskih i laboratorijskih analiza i utvrđenih endo i ektomorfoloških značajki tla izdvojena je sistemska jedinica prema Škoriću (1992.): eutrično smeđe na lesu, srednje duboko oglejeno, nekarbonatno praškasto glinasto ilovasto tlo. Pedološki profil je sljedeće građe: **Ap – AC – C – Gso**

Značajka ove sistematske jedinice je da je to tlo s moličnim A horizontom i prijelaznim AC horizontom, semiaridnog stepskog područja. Matični supstrat je karbonatni les ili prapor. Reljef u ovoj oblasti je ravan. Podzemna voda je duboko, a ako na najnižim terasama dopire u zonu matičnog supstrata, može vršiti oglejavanje, i to dublje od 1 m. Nadalje, znakovi hidromorfizma podzemnom vodom utvrđeni su na 1,5 m. U Tablici 10. prikazana su fizikalna svojstva tla istraživanog područja.

Tablica 10. Fizikalna svojstva tla istraživanog područja

Dubina cm	Mehanički sastav tla u mm (po Atterbergu)					Teksturna oznaka
	2-0,2 šljunak	0,2-0,05 krupni pijesak	0,05-0,02 sitni pijesak	0,02-0,002 prah	<0,002 glina	
0-40	0	1	38	33	28	PrI
40-95	0	2	35	30	33	PrGI
95-140	2	7	33	33	25	PrI
140-170	4	5	39	34	18	PrI
170-200	2	5	53	23	17	PrI

Retencijski kapacitet tla za vodu (RKV) za oranični i podoranični horizont iznosi u prosjeku 37 vol. % (Tablica 11.).

Tablica 11. Stabilnost agregata

Dubina (cm)	Stabilnost agregata		Kapacitet tla za vodu, vol. %	
	makro	mikro	Retenc. kapacitet	Oznaka
0-40	nestabilan	vrlo stabilan	36,61	Osrednji
40-95			37,14	Osrednji

U površinskom oraničnom sloju (Ap) do dubine 40 cm sadržaj gline iznosi 28 %, a praha 33 %. Na osnovu tih podataka ovo tlo svrstava se u praškasto glinasto ilovasto (tablica

12.). Podoranični horizont AC sličnog je teksturnog sastava s nešto većim postotkom gline. Sadržaj gline se smanjuje u dubljim horizontima (Tablica 10). U dubini do 2 m prevladavaju praškaste ilovače. Najčešće su to les ili lesoliki sedimenti. Nastaju u specifičnom klimatu (semiaridna, semihumidna ili humidna klima) gdje je smanjen intenzitet procesa transformacije organske i mineralne tvari tla. Rezultati analiza u površinskim horizontima ukazuju da su makroagregati nestabilni, a mikroagregati vrlo stabilni.

Vrijednosti kapaciteta tla za zrak (Kz) 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.

Za klasifikaciju tla temeljem određivanja donje (WL) i gornje granice (WP) plastičnosti dobivena vrijednost indeksa plastičnosti (koji opisuje svojstva čvrstih čestica tla IP) bila je između 19,12 i 21,73, što ovo tlo označava kao vrlo plastično.

Tablica 12. Rezultati hidropedoloških analiza tla

Dubina (cm)	Volumen pora % vol.	Apsolutni kapacitet tla, % vol.		Specifična gustoća tla g cm ³	
		za vodu	za zrak	volumna	prava
15-20	51	40	11	1,41	2,70
60-65	45	37	8	1,60	2,72
100-105	55	40	15	1,39	2,75

Prema Škoriću (1992.) tlo je srednjeg retencijskog kapaciteta za vodu (Kv) cijelom dubinom profila. Prema prosječnom sadržaju ukupnog volumena pora u Ap horizontu od 51 vol. %, tlo je klasificirano porozno. U podoranci je utvrđena vrijednost od 45 vol. %, što predstavlja granicu između malo poroznog i poroznog tla. Cijelom dubinom profila tlo je porozno do malo porozno. Mala poroznost i povećana specifična gustoća tla utvrđeni su u podoraničnom horizontu, što upućuje na antropogeno zbijanje tla obradom. Apsolutni kapacitet tla za vodu u Ap horizontu iznosi 40 vol. %, što je ocijenjeno kao osrednji, a vrijednost kapaciteta za zrak iznosi 11 vol. % (umjereno mali). Specifična gustoća volumena u Ap horizontu iznosi 1,41 vol. %, a prava 2,70 vol. % (Tablica 12.).

5.2.1. Kemijska analiza tla istraživnog područja

Aktualna kiselost izmjerena je u suspenziji tla s destiliranom vodom, a supstitucijska u suspenziji tla s 1 mol dm⁻³ KCl. Prema pH (KCl) uzorci pripadaju u kategoriju od blago kiselih do srednje alkalnih (karbonatnih), vidljivo u tablici 13.

Prema sadržaju organske tvari uzorci pripadaju klasi srednje humoznih tala. Sadržaj humusa u tlu određen je bikromatnom metodom (ISO 14235, 1994.) koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari tla kalijevim bikromatom.

AL metodom ekstrakcije tla s amonij laktatom, određeni su lako pristupačni fosfor i kalij u tlu. Nakon ekstrakcije uzorka tla sadržaj fosfora u ekstraktu određen je plavom metodom. Ovom metodom se određuje fosfor topiv u vodi i u slabim kiselinama, što je najznačajniji oblik za ishranu bilja. Prema koncentraciji biljci pristupačnog fosfora uzorci pripadaju u klase srednje do bogato opskrbljenih fosforom.

Tablica 13. Rezultati kemijske analize uzoraka tla u 2013., 2014. i 2015. godini

Varijanta	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Humus (%)	Ukupni N (%)	Al-P ₂ O ₅ mg/100g	Al-K ₂ O mg/100g
2013.						
A1B1	7,19	5,92	1,99	0,11	30,87	41,60
A1B2	7,20	6,26	2,57	0,14	31,93	44,80
A1B3	6,92	5,57	2,18	0,12	27,55	44,62
A2B1	7,36	6,28	2,53	0,12	32,96	40,70
A2B2	8,49	7,06	2,58	0,12	36,96	43,32
A2B3	7,43	6,19	2,58	0,11	29,59	41,62
A3B1	7,81	6,67	2,38	0,12	33,18	40,76
A3B2	7,89	6,70	2,63	0,10	35,51	40,79
A3B3	8,48	7,70	2,07	0,10	35,11	41,59
2014.						
A1B1	7,94	7,94	2,45	0,12	37,43	44,50
A1B2	6,91	6,91	2,66	0,13	23,31	43,04
A1B3	7,92	6,05	1,93	0,10	29,57	44,95
A2B1	7,64	7,39	1,90	0,10	31,80	43,16
A2B2	8,16	6,94	1,80	0,09	30,06	38,95
A2B3	7,89	7,52	2,49	0,12	25,48	42,95
A3B1	7,45	7,31	2,10	0,10	28,05	44,05
A3B2	8,11	6,48	1,72	0,09	34,34	40,63
A3B3	8,07	7,45	2,12	0,11	32,31	42,46
2015.						
A1B1	7,15	6,35	2,13	0,11	26,34	38,92
A1B2	7,13	6,23	2,00	0,10	25,36	33,87
A1B3	6,58	5,43	1,97	0,10	19,71	42,97
A2B1	7,10	6,23	2,28	0,11	27,53	38,69
A2B2	7,91	7,23	2,52	0,12	28,89	38,44
A2B3	7,05	6,27	1,83	0,09	24,74	37,18
A3B1	7,92	7,25	1,70	0,09	25,87	36,94
A3B2	7,23	6,34	1,83	0,09	30,16	36,96
A3B3	7,93	7,23	1,93	0,10	30,58	36,68

A1=kontrola, A2 = racionalno navodnjavanje, A3 = bogato navodnjavanje;

B1 = 0 kg N ha⁻¹, B2 = 100 kg N ha⁻¹, B3 = 200 kg N ha⁻¹;

Koncentracije biljkama pristupačnog kalija utvrđene su izravno iz ekstrakta tla emisijskom tehnikom mjerenja koncentracije na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru

(AAS-u) ili na plamen-fotometru i izražavaju se u mg K₂O u 100 g tla. Prema koncentraciji ovog oblika kalija uzorci pripadaju u klasu tala bogato snabdjevenih kalijem. Neznatno povećanje sadržaja kalija u svim varijantama istraživanja izmjereno je u tlu nakon žetve soje u 2014. godini, za razliku od 2013. i 2015. godine kada nisu bile evidentne promjene u sadržaju kalija tijekom vegetacije (Tablica 13.).

Rezultati mjerenja pH(H₂O) 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.

Ukupan dušik određen je standardnom metodom po Kjeldahl-u, u laboratoriju Zavoda za agroekologiju Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku. Prema rezultatima dobivenim analizom na uzorcima tla uzetim u jesen 2013., 2014. i 2015. godine nakon žetve, a prije osnovne gnojidbe, kod sadržaja ukupnog dušika u tlu nije bilo velikih variranja. Nešto viša razina dušika izmjerena je u varijanti bez navodnjavanja i u tretmanu 100 i 200 kg N⁻¹ (A1B2 i A1B3) u sve tri godine.

U varijantama u kojima se održavala viša razina sadržaja vode u tlu (A3) sadržaj ukupnog dušika bio je nešto niži (Tablica 13.). U tretmanima navodnjavanja primjenom određene količine vode došlo je do djelomičnog ispiranja dušika u tlu. Klimatski čimbenici također su utjecali na sadržaj ukupnog dušika u tlu, pa je uzorak u 2013. godini imao prosječno veći postotak dušika u odnosu na ostale godine što je vjerojatno posljedica manjih količina oborina u 2013. godini u odnosu na 2014. godinu.

Ukupni sadržaj dušika u tlu bio je definiran sadržajem organske tvari u tlu, te je u uzorcima s većim sadržajem organske tvari utvrđen i veći sadržaj ukupnog dušika, bez obzira na tretman. U tretmanu A3B2 u 2013. godini sadržaj organske tvari (humusa) bio je 2,63 %, a ukupnog dušika 0,10 % što je uobičajeni odnos humusa i ukupnog dušika u ovom tipu tlu.

5.2.2. Kemijska analiza i kvaliteta vode za navodnjavanje

Uzorak vode za analizu uzet je jednokratno iz dubinskog zdenca po prolasku kroz sustav tijekom navodnjavanja pokusa. Rezultati laboratorijskih ispitivanja su preuzeti iz ranijih istraživanja na pokusnim parcelama i prikazani su u Tablici 14.

Prema dobivenim rezultatima izračunavanjem i rezultatima dobivenim kemijskom analizom uzorka vode, može se zaključiti da je voda iz dubinskog zdenca zadovoljavajućih svojstava za navodnjavanje.

Tablica 14. Rezultati kemijske analize uzorka vode za navodnjavanje

Vrijednost	Uobičajena vrijednost u vodi za navodnjavanje	Izmjerena vrijednost
pH	6,5 - 8,4	7,31
Amonijak slobodni	0 - 5 mg N l ⁻¹	0,55 mg l ⁻¹
Nitriti	0 - 10 mg NO ₂ -N l ⁻¹	0,008 mg l ⁻¹
Nitrati	0 - 10 mg NO ₃ -N l ⁻¹	0,049 mg l ⁻¹
Provodljivost	0 - 3 dS m ⁻¹	0,84 dS/m
Mangan	0 - 0,2 me Mn l ⁻¹	0,341 me l ⁻¹
Željezo	0 - 5 me Fe l ⁻¹	0,1358 me l ⁻¹
Kalcij	0 - 20 me Ca ²⁺ l ⁻¹	171,62 me l ⁻¹
Magnezij	0 - 5 me Mg ²⁺ l ⁻¹	72,97 me l ⁻¹
Kloridi	0 - 30 me Cl ⁻ l ⁻¹	15,941 me l ⁻¹
Sulfati	0 - 20 me SO ₄ ²⁻ l ⁻¹	19,401 me l ⁻¹
Natrij	0 - 40 me Na ⁺ l ⁻¹	16,51 me l ⁻¹
Fluoridi	0 - 1 me F l ⁻¹	0,399 me l ⁻¹
Fosfati	0 - 2 mg PO ₄ -P l ⁻¹	0,0387 mg l ⁻¹

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

6.1. Prinos zrna soje 2013., 2014. i 2015. godine

Prosječan prinos zrna soje u 2013. godini iznosio je 3883 kg ha⁻¹. Navodnjavanje je imalo statistički vrlo značajan učinak na prinos zrna soje ($P \leq 0,01$, F test = 238,68**). U varijanti A3 (bogato navodnjavanje) ostvaren je prinos od 4228 kg ha⁻¹, što je statistički vrlo značajno više u odnosu na A1 (bez navodnjavanja), gdje je ostvaren prinos od 3386 kg ha⁻¹ i u varijanti A2 (racionalno navodnjavanje) gdje je iznosio 4034 kg ha⁻¹. Navodnjavanjem je povećan prinos zrna soje u relativnim pokazateljima za oko 25 % u varijanti A3 prema kontroli i oko 19 % u varijanti A2.

Prinosa soje na tretmanu B3 bio je statistički vrlo značajno veći u odnosu na ostale gnojdbene tretmane (Tablica 15.). Prinos od 4001 kg ha⁻¹ veći je za 5,8 % prema kontroli (3781 kg ha⁻¹) i 3,5 % prema varijanti B2 (3866 kg ha⁻¹).

Utjecaj podčimbenika genotipa soje (C, sorte) na prinos zrna soje u 2013. godini također je bio značajan ($P \leq 0,01$). Najznačajniji utjecaj sorte na prinos bio je izražen kod sorte Ika. Najveći prosječni prinos 4063 kg ha⁻¹ ostvarila je sorta Ika (C3) u odnosu na sorte Lucija (C1), Vita (C2) i Tena (C4). Interakcija navodnjavanja i gnojdbes dušikom (AxB) na prinos zrna soje rezultirala je statistički vrlo značajnom razlikom ($P \leq 0,01$), a najveći prinos (4236 kg ha⁻¹) ostvaren je u kombinaciji A3B3 i A3B1. Interakcija navodnjavanja i sorte (AxC) također je bila značajna, a najveći ostvaren prinos iznosio je 4448 kg ha⁻¹ sa sortom Ika pri bogatom navodnjavanju. Količina primijenjenog dušika na sortama soje (BxC), bila je statistički opravdana. Primjenom 200 kg dušika ha⁻¹ (B3C3) na sorti Ika ostvaren je prinos od 4303 kg ha⁻¹.

U međusobnom djelovanju sva tri čimbenika, navodnjavanja, gnojdbes dušikom i sorte soje (AxBxC) u 2013. godini također je utvrđena statistički vrlo značajna razlika ($P \leq 0,01$) u prinosu zrna soje u određenim varijantama pokusa.

U interakciji svih čimbenika – AxBxC, raspon prinosa iznosio je od 2634 kg ha⁻¹ u varijantama pokusa A1B1C2, sa znatnim povećanjem prinosa u varijanti A3B3C3 od 4764 kg ha⁻¹.

Tablica 15. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na prinos (kg ha⁻¹) zrna soje

A	B1				B2				B3			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
	2013. godina											
A1	2989	2634	3317	3124	3359	3348	3492	3359	3403	3666	4074	3866
A2	3833	4096	4189	4240	3794	4189	4077	3927	3849	3721	4072	4423
A3	3943	4073	4413	4517	4047	4019	4166	4615	3448	4602	4764	4129
$\bar{X}_{BC}$	3588	3601	3973	3960	3733	3852	3912	3967	3567	3996	4303	4139
	Interakcija A x B					Interakcija A x C						$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3		C1	C2	C3	C4			
A1	3017	3389		3752	A1	3250	3216	3628	3450	3386		
A2	4090	3997		4016	A2	3825	4002	4113	4197	4034		
A3	4236	4212		4236	A3	3813	4231	4448	4420	4228		
$\bar{X}_B$	3781	3866		4001	$\bar{X}_C$	3629	3816	4063	4022	3883		
Analiza varijance		A		B	C	AB		AC	BC		ABC	
LSD _{0,05}		79,12		98,01	64,93	188,72		123,98	123,98		302,07	
LSD _{0,01}		104,15		129,00	87,69	264,59		178,13	178,13		554,50	
F test		238,68**		9,92**	80,15**	13,45**		9,27**	11,83**		15,24**	
	2014. godina											
A1	3840	3296	3239	3567	3268	3538	4513	3198	3974	3879	3412	3769
A2	4090	3676	3601	3687	3863	3756	3899	3720	3972	3792	3919	4105
A3	4263	3524	3649	3917	3692	3871	4274	3980	4211	3960	3621	4374
$\bar{X}_{BC}$	4064	3499	3496	3724	3607	3721	4229	3633	4053	3877	3650	4083
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3		C1	C2	C3	C4			
A1	3485	3630		3758	A1	3694	3571	3721	3511	3624		
A2	3764	3809		3947	A2	3975	3741	3806	3837	3840		
A3	3838	3954		4042	A3	4055	3785	3848	4091	3945		
$\bar{X}_B$	3696	3797		3916	$\bar{X}_C$	3908	3699	3792	3813	3803		
Analiza varijance		A		B	C	AB		AC	BC		ABC	
LSD _{0,05}		93,42		56,23	72,28	n.s.		108,27	138,01		336,27	
LSD _{0,01}		122,98		74,02	97,61	n.s.		151,80	198,29		617,27	
F test		23,50**		29,44**	11,86**	n.s.		5,47**	46,78**		9,07**	
	2015. godina											
A1	2747	1981	2399	2744	3043	2700	3536	3615	3090	3331	3511	3298
A2	3677	3161	4114	3786	4033	3881	3984	3701	4003	3158	3695	4073
A3	4236	3935	4005	3956	3844	3851	4237	4042	4144	4070	4368	4557
$\bar{X}_{BC}$	3553	3026	3506	3495	3640	3472	3919	3786	3746	3520	3858	3976
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3		C1	C2	C3	C4			
A1	2468	3223		3307	A1	2960	2671	3148	3219	2999		
A2	3685	3900		3732	A2	3904	3400	3931	3853	3772		
A3	4033	3993		4285	A3	4075	3952	4203	4185	4104		
$\bar{X}_B$	3395	3705		3775	$\bar{X}_C$	3646	3341	3761	3752	3625		
Analiza varijance		A		B	C	AB		AC	BC		ABC	
LSD _{0,05}		159,31		95,26	137,75	183,43		n.s.	n.s.		640,81	
LSD _{0,01}		209,70		125,39	186,01	257,17		n.s.	n.s.		1176,29	
F test		97,19**		34,64**	17,14**	18,190*		n.s.	n.s.		4,14**	
A1=kontrola, A2=60-100 % RKV, A3=80-100 % RKV; B1=0 kg N ha ⁻¹ , B2=100 kg N ha ⁻¹ , B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=Lucija, C2=Vita, C3=Ika, C4=Tena; AB=navodnjavanje x gnojidba, BC=gnojidba x sorta, AC= navodnjavanje x sorta, ABC=navodnjavanje x gnojidba x sorta; *=P≤0,05; **=P≤0,01												

Navedeni statistički rezultati su pokazatelji velikog utjecaja sorte u 2013. godini. Uslijed primijene svih tretmana kod sorte Ika prinos je povećan za 43,6 % u odnosu na kontrolnu varijantu.

U 2014. godini prosječan prinos zrna soje iznosio je 3803 kg ha⁻¹. Navodnjavanje je rezultiralo statistički vrlo značajnom razlikom u pogledu prinosa zrna soje. U varijanti A3 ostvaren je prinos od 3945 kg ha⁻¹, što je značajno više nego u kontrolnoj varijanti gdje je ostvaren prinos od 3624 kg ha⁻¹ (za oko 9 %). Evidentno je da je u varijanti A2, gdje je ostvaren prinos od 3840 kg ha⁻¹, prinos niži u odnosu na isti u varijanti A3, no neznatno.

Gnojidba dušikom je povećala statistički značajno prinos zrna u varijanti B3 (3916 kg ha⁻¹) prema varijanti B2 i prema varijanti B1 (3696 kg ha⁻¹ za 6,0 %), dok interakcija navodnjavanja i gnojidbe dušikom nije bila statistički značajna.

Sorta soje je u 2014. godini rezultirala statistički vrlo značajnom razlikom u prinosu. Najveći prinos ostvaren je sortom Lucija 3908 kg ha⁻¹, što je za 5,7 % više od prosječnog prinosa Vite, za 3,1 % više od sorte Ike i za 2,5 % više od sorte Tena. Interakcija navodnjavanja i sorte soje (AxC) kao i interakcija gnojidbe dušikom i sorte (BC, $P \leq 0,01$, F test = 46,78**) pokazala je statističku značajnost ($P \leq 0,01$, F test = 5,47**). Prinos se u AxC interakciji kretao od 3511 kg ha⁻¹ (A1C4) do 4091 kg ha⁻¹ (A3C4) što čini razliku od čak 16,5 % u prinosu zrna. Navedeno ukazuje na to da je sorta Tena najvećim povećanjem prinosa reagirala na navodnjavanje, za razliku od sorte Ika (samo 3,4 %), Lucija (9,8 %) i Vita (6 %). Rezultati upućuju na činjenicu da je Ika vrlo stabilna sorta pri relativnom nedostatku vode u 2014. godini.

Prinos se u BxC interakciji kretao od 3496 kg ha⁻¹ (B1C3) do 4229 kg ha⁻¹ (B2C3) što čini 21 % razliku u prinosu i to sa sortom Ika. Navedeno ukazuje da je sorta Ika sa najvećim povećanjem prinosa reagirala na gnojidbu dušikom, dok su razlike kod sorti Lucija, Tena i Vita bile 12,7 %, 12,4 % i 10,8 %. Evidentno je da je sorta Ika vrlo pozitivno reagirala na gnojidbu dušikom od 100 kg N ha⁻¹.

Prinos u interakciji AxBxC u 2014. je također pokazao statistički vrlo značajne razlike. Najveći prosječan prinos ostvaren je u A1B2C3 kombinaciji postavljenih tretmana sa sortom Ika u iznosu od 4513 kg ha⁻¹, a najniži sa sortom Vita u iznosu 3198 kg ha⁻¹ i u kombinaciji A1B2C4.

Prosječan prinos zrna soje 2015. godine iznosio je 3625 kg ha⁻¹. Navodnjavanje je vrlo značajno utjecalo na visinu prinosa zrna soje ($P \leq 0,01$, F test = 97,19**). U varijanti A3 (bogato navodnjavanje) ostvaren je prinos 4104 kg ha⁻¹, što je značajno veći prinos prema

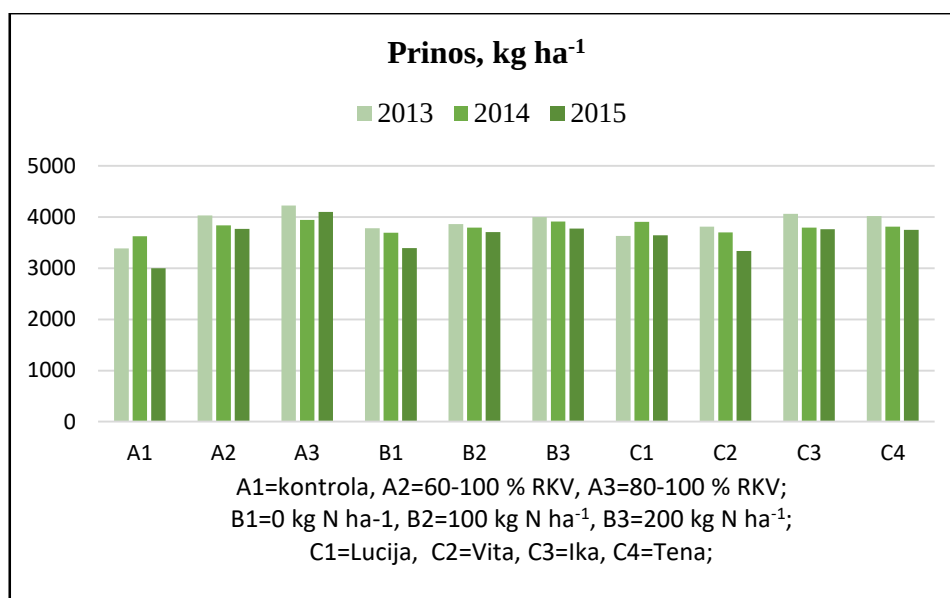
kontroli, gdje je ostvaren prinos od svega 2999 kg ha⁻¹ te u varijanti A2 (racionalno navodnjavanje) 3772 kg ha⁻¹. Navodnjavanjem je povećan prinos zrna soje za 37 % u varijanti A3 prema kontroli i 26 % u varijanti A2 prema kontroli. U varijanti A3 prinos zrna je povećan za 9 % prema varijanti A2.

Gnojidba dušikom statistički je značajno utjecala na povećanje prinosa zrna soje u varijanti B3 (3775 kg ha⁻¹) prema varijanti B1 (3395 kg ha⁻¹ ili 11,2 %), dok je prema varijanti B2 (3705 kg ha⁻¹) povećanje bilo neznačajano.

Sorte soje su i u 2015. godini pokazale vrlo značajne razlike u pogledu prinosa. Najveći prinos ostvaruje sorta Ika u prosjeku 3761 kg ha⁻¹ što je od 0,2 % do 13 % više od prosječnog prinosa ostalih sorti u pokusu.

Utvrđena je statistički značajna interakcija navodnjavanja i gnojidbe dušikom (AB) na visinu prinosa soje ($P \leq 0,05$, F-test=18,19*). Najveći prinos ostvaren je u kombinaciji A3B3, 4285 kg ha⁻¹, dok je najmanji iznosio 2468 kg ha⁻¹ ostvaren u kontroli. Razlika u prinosu iznosi čak 1817 kg, odnosno 73,6 %. Interakcija navodnjavanja i sorte soje (AxC) kao i interakcija gnojidbe dušikom i sorte (BxC) nije bila statistički opravdana u 2015. godini. Interakcija sva tri čimbenika rezultirala je vrlo značajnom razlikom ($P \leq 0,01$, F-test 1,14**) u prinosu zrna. Prinos se kretao od svega 1981 kg ha⁻¹, u interakciji A1B1C2 (Vita) do 4557 kg ha⁻¹ (Tena). U 2013. godini ostvaren je prosječni prinos od 3883 kg ha⁻¹, što je za svega 2 % više nego u 2014. godini, a za 7 % više nego prinos u 2015. godini. U sve tri godine istraživanja utvrđene su značajne ili vrlo značajne razlike u prinosu zrna soje kod svih interakcija.

U trogodišnjem prosjeku istraživanja (Grafikon 9.) dvije varijante pokusa su se isticalo visokim i vrlo visokim prinosom zrna soje od svih ostalih varijanti. Varijanta A3B3C3 je rezultirala prinosom od 4764 kg ha⁻¹ (2013.), a varijanta A3B3C4 prinosom od 4557 kg ha⁻¹ (2015. godine). Niskim i značajno manjim prinosom (1981 kg ha⁻¹) izdvaja se varijanta A1B1C2 u 2015. godini.



Grafikon 9. Prinos zrna soje

6.2. Sadržaj vode u zrnju soje 2013., 2014. i 2015. godine

Prosječni sadržaj vode u zrnju soje u trogodišnjem istraživanju, iznosio je 12,95 % (2013.), 11,97 % (2014.) i 11,94 % (2015.). Sadržaj vode u zrnju bio je u 2014. i 2015. godini manji za oko 1 % nego u 2013. godini.

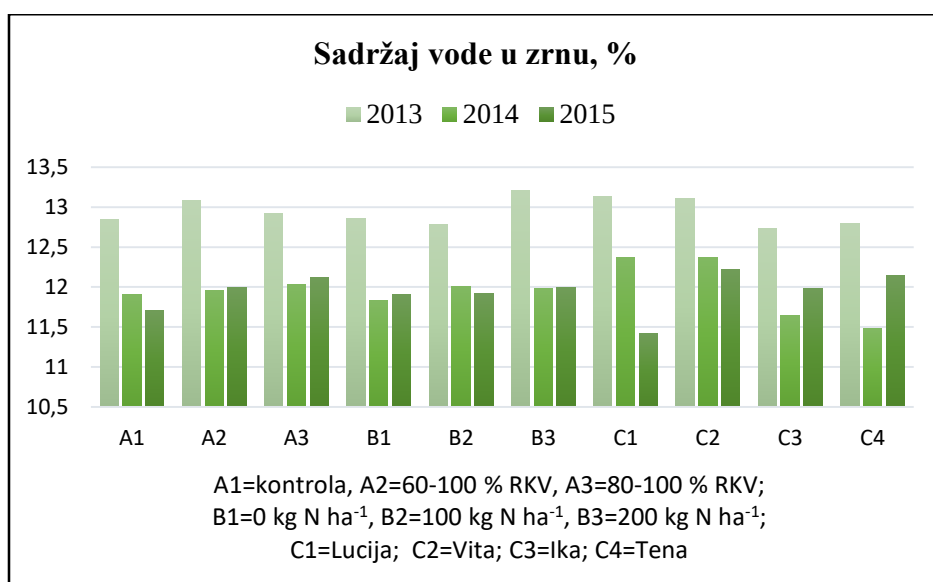
Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom statistički nije bio značajan niti u jednoj godini istraživanja na sadržaj vode u zrnju soje. Ipak, bile su primjetne neke male razlike između pojedinih varijanti navodnjavanja u odnosu na kontrolu (Tablica 16.).

Utjecaj genotipa je visokoznačajno ($P \leq 0,01$) na sadržaj vode u sve tri godine istraživanja. U vrijeme žetve najmanji sadržaj vode u zrnju imale su Ika, 2013., Tena, 2014. i Lucija u 2015. godini (Grafikon 10.).

U sve tri godine istraživanja interakcije čimbenika na sadržaja vode u zrnju soje nisu bile statistički značajne. U prosjeku svih godina provođenja pokusa vidljivo je da su se pojedini tretmani izdvojili s nešto nižim sadržajem vlage u 2015. godini. U varijanti A1B1C1 izmjereno je 11,43 % vode. Također i u 2014. godini, u varijanti A1B1C4 sadržaj vode iznosio je svega 11,03 %, dok je nešto veći sadržaj vode utvrđen u tretmanu i interakciji racionalnog navodnjavanja, gnojidbe s 200 kg ha⁻¹ kod sorte Lucija (A2B3C1), a iznosio je 14,03 %. Ostale vrijednosti sadržaja vode u zrnju soje iznosile su u rasponu od 12-14 %.

Tablica 16. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na sadržaj vode (%) u zrnu soje

A	B1				B2				B3			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
	2013. godine											
A1	13,20	13,37	12,87	12,80	12,73	12,77	12,50	12,13	13,17	13,07	12,57	13,07
A2	12,50	12,93	12,50	12,57	13,50	13,13	13,13	13,10	14,03	13,23	13,00	13,30
A3	13,13	13,20	12,37	12,87	12,90	12,60	12,53	12,37	13,13	13,67	13,20	13,03
$\bar{X}_{BC}$	12,94	13,17	12,58	12,75	13,04	12,81	12,67	12,53	13,44	13,32	12,92	13,13
	Interakcija A x B					Interakcija A x C					$\bar{X}_A$	
	B1	B2		B3		C1	C2	C3	C4			
A1	13,06	12,53		12,97	A1	13,03	13,07	12,64	12,67	12,85		
A2	12,62	13,22		13,39	A2	13,34	13,10	12,88	12,99	13,08		
A3	12,89	12,60		13,26	A3	13,06	13,16	12,70	12,76	12,92		
$\bar{X}_B$	12,86	12,78		13,21	$\bar{X}_C$	13,14	13,11	12,74	12,80	12,95		
Analiza varijance		A		B	C		AB	AC	BC	ABC		
LSD _{0,05}		n.s.		n.s.	0,23		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
LSD _{0,01}		n.s.		n.s.	0,30		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
F test		n.s.		n.s.	7,48**		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
	2014. godine											
A1	12,40	12,17	11,40	11,03	11,67	12,33	12,10	11,13	12,37	12,60	11,90	11,80
A2	12,57	12,17	11,13	11,20	12,50	12,83	11,73	11,80	12,37	12,47	11,23	11,53
A3	12,47	12,17	11,90	11,37	12,73	12,43	11,83	12,00	12,30	12,20	11,53	11,43
$\bar{X}_{BC}$	12,48	12,17	11,48	11,20	12,30	12,53	11,89	11,64	12,35	12,43	11,53	11,59
	Interakcija A x B					Interakcija A x C					$\bar{X}_A$	
	B1	B2		B3		C1	C2	C3	C4			
A1	11,75	11,81		12,17	A1	12,14	12,37	11,80	11,91	11,90		
A2	11,77	12,22		11,90	A2	12,48	12,49	11,37	11,51	11,96		
A3	11,97	12,25		11,87	A3	12,50	12,27	11,76	11,60	12,03		
$\bar{X}_B$	11,83	12,01		11,98	$\bar{X}_C$	12,37	12,37	11,64	11,48	11,97		
Analiza varijance		A		B	C		AB	AC	BC	ABC		
LSD _{0,05}		n.s.		n.s.	0,25		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
LSD _{0,01}		n.s.		n.s.	0,34		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
F test		n.s.		n.s.	30,51**		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
	2015. godine											
A1	11,43	11,90	11,33	11,67	12,27	11,77	11,47	11,70	11,60	12,33	11,97	12,00
A2	11,30	12,03	12,00	11,90	11,63	12,43	11,90	12,37	11,70	12,83	11,87	11,97
A3	11,63	12,50	12,80	12,43	11,00	12,10	12,50	12,93	11,23	12,07	11,97	12,33
$\bar{X}_{BC}$	11,46	12,14	12,04	12,00	11,30	12,10	11,96	12,33	11,51	12,41	11,93	12,10
	Interakcija A x B					Interakcija A x C					$\bar{X}_A$	
	B1	B2		B3		C1	C2	C3	C4			
A1	11,58	11,55		11,97	A1	11,43	12,00	11,59	11,79	11,70		
A2	11,81	12,08		12,09	A2	11,54	12,43	11,92	12,08	11,99		
A3	12,34	12,13		11,90	A3	11,29	12,22	12,42	12,57	12,12		
$\bar{X}_B$	11,91	11,92		11,99	$\bar{X}_C$	11,42	12,22	11,98	12,14	11,94		
Analiza varijance		A		B	C		AB	AC	BC	ABC		
LSD _{0,05}		n.s.		n.s.	0,33		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
LSD _{0,01}		n.s.		n.s.	0,45		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
F test		n.s.		n.s.	9,89**		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
A1=kontrola, A2=60-100 % RKV, A3=80-100 % RKV; B1=0 kg N ha ⁻¹ , B2=100 kg N ha ⁻¹ , B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=Lucija, C2=Vita, C3=Ika, C4=Tena; AB=navodnjavanje x gnojidba, BC=gnojidba x sorta, AC= navodnjavanje x sorta, ABC=navodnjavanje x gnojidba x sorta; *=P≤0,05; **=P≤0,01												



Grafikon 10. Sadržaj vode u zrnu soje

6.3. Hektolitarska masa zrna soje 2013., 2014. i 2015. godine

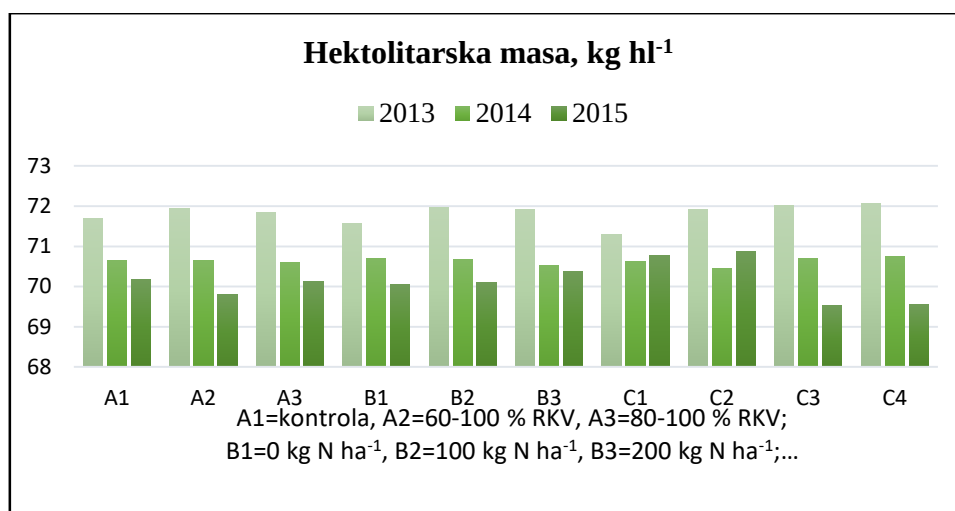
Hektolitarska masa zrna soje u prosjeku je iznosila 71,82 kg u 2013. godini, 70,63 kg u 2014. godini te 70,18 kg u 2015. godini. Značajan utjecaj na hektolitarsku masu u 2013. godini imala je gnojidba dušikom ($F=6,07^*$), premda s vrlo malim razlikama između tretmana gnojidbe, što je vidljivo iz Tablice 17. Vrlo značajan utjecaj na hektolitarsku masu imao je genotip ($F = 13,61^{**}$). Tako je sorta Tena imala nešto niže vrijednosti ($72,06 \text{ kg hl}^{-1}$) od ostalih.

Niti jedan čimbenik ni njihove interakcije u 2013. i 2014. godini nisu bili signifikantni. Genotip je u 2015. godini imao vrlo značajan utjecaj na vrijednost hektolitarske mase ($P \leq 0,01 \%$, $F = 19,59^{**}$). Rasponi vrijednosti iznosili su od $69,53 \text{ kg hl}^{-1}$ (Ika) sve do $70,87 \text{ kg hl}^{-1}$ (Vita).

Prosjek sve tri godine istraživanja ukazuje na manje razlike u hektolitarskoj masi. Iz grafikona 11. vidljivo je da je nešto veća hektolitarska masa izmjerena u 2013. godini u odnosu na druge dvije godine. U 2013. godini u varijanti A3B2C4 hektolitarska masa iznosila je $72,27 \text{ kg hl}^{-1}$ i u varijanti A1B2C4 $72,57 \text{ kg hl}^{-1}$. Najniža hektolitarska masa izmjerena u tretmanu i interakciji A1B1C3 u 2015. godini, a iznosila je $68,77 \text{ kg hl}^{-1}$.

Tablica 17. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na hektolitarsku masu (kg hl⁻¹) zrna soje

A	B1				B2				B3			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
	2013. godina											
A1	71,30	71,30	71,43	71,70	71,07	71,93	72,33	72,57	71,10	71,50	71,93	72,03
A2	70,53	72,07	72,10	72,43	71,57	71,97	72,03	72,03	72,03	72,23	72,17	72,17
A3	70,70	71,73	71,77	71,70	71,53	72,13	72,23	72,27	71,87	72,30	72,17	71,60
$\bar{X}_{BC}$	70,84	71,70	71,77	71,94	71,39	72,01	72,20	72,29	71,67	72,01	72,09	71,93
	Interakcija A x B					Interakcija A x C						$\bar{X}_A$
A1	B1	B2		B3		A1	C1	C2	C3	C4		
A2	71,43	71,98		71,64		A1	71,16	71,58	71,90	72,10	71,68	
A2	71,78	71,90		72,15		A2	71,38	72,09	72,10	72,21	71,94	
A3	71,48	72,04		71,98		A3	71,37	72,06	72,06	71,86	71,83	
$\bar{X}_B$	71,56	71,97		71,93		$\bar{X}_C$	71,30	71,91	72,02	72,06	71,82	
Analiza varijance		A		B		C		AB	AC	BC	ABC	
LSD _{0,05}		n.s.		0,25		0,28		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
LSD _{0,01}		n.s.		0,32		0,37		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
F test		n.s.		6,07*		13,61**		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	2014. godina											
A1	71,07	70,48	70,63	70,77	70,78	70,58	70,70	71,13	70,47	69,97	70,25	70,82
A2	70,67	70,65	70,98	70,30	70,47	70,73	71,07	70,75	70,67	69,87	70,65	70,83
A3	70,42	70,65	70,87	70,73	70,22	70,38	70,57	70,60	70,70	70,70	70,62	70,77
$\bar{X}_{BC}$	70,72	70,59	70,83	70,60	70,49	70,56	70,78	70,83	70,61	70,18	70,51	70,81
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
A1	B1	B2		B3		A1	C1	C2	C3	C4		
A1	70,74	70,80		70,37		A1	70,77	70,34	70,52	70,91	70,64	
A2	70,65	70,75		70,50		A2	70,60	70,42	70,90	70,63	70,64	
A3	70,67	70,44		70,70		A3	70,44	70,58	70,68	70,70	70,60	
$\bar{X}_B$	70,69	70,66		70,53		$\bar{X}_C$	70,61	70,45	70,70	70,74	70,63	
Analiza varijance		A		B		C		AB	AC	BC	ABC	
LSD _{0,05}		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
LSD _{0,01}		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
F test		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	2015. godina											
A1	70,03	69,90	68,77	69,37	71,50	70,23	69,60	69,37	70,80	71,03	69,33	70,17
A2	70,87	71,37	69,67	70,20	70,63	71,30	69,77	69,63	70,57	70,67	69,90	69,80
A3	70,50	71,23	69,53	69,30	70,97	71,10	69,17	68,07	71,13	70,97	70,07	70,13
$\bar{X}_{BC}$	70,47	70,8	69,3	69,6	71,03	70,88	69,51	69,02	70,83	70,89	69,77	70,03
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
A1	B1	B2		B3		A1	C1	C2	C3	C4		
A1	69,52	70,18		70,33		A1	70,78	70,39	69,23	69,63	70,01	
A2	70,53	70,33		70,23		A2	70,69	71,11	69,78	69,88	70,36	
A3	70,14	69,83		70,58		A3	70,87	71,10	69,59	69,17	70,18	
$\bar{X}_B$	70,06	70,11		70,38		$\bar{X}_C$	70,78	70,87	69,53	69,56	70,18	
Analiza varijance		A		B		C		AB	AC	BC	ABC	
LSD _{0,05}		n.s.		n.s.		0,48		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
LSD _{0,01}		n.s.		n.s.		0,65		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
F test		n.s.		n.s.		19,59**		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
A1=kontrola, A2=60-100 % RKV, A3=80-100 % RKV; B1=0 kg N ha ⁻¹ , B2=100 kg N ha ⁻¹ , B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=Lucija, C2=Vita, C3=Ika, C4=Tena; AB=navodnjavanje x gnojidba, BC=gnojidba x sorta, AC= navodnjavanje x sorta, ABC=navodnjavanje x gnojidba x sorta; *=P≤0,05; **=P≤0,01												



Grafikon 11. Hektolitarska masa zrna soje

6.4. Sadržaj bjelančevina u zrnu soje 2013., 2014. i 2015. godine

Prosječan sadržaj bjelančevina u zrnu soje iznosio je 37,85 % (2013.), 39,06 % (2014.) i 37,91 % (2015.). Sadržaj bjelančevina u 2013. i 2015. bio je u prosjeku za 3,1 %, odnosno 3 % niži nego u 2014. godini (Tablica 18.).

Navodnjavanje nije utjecalo na sadržaj bjelančevina u 2013. i 2014. godini. U 2015. godini razlike između kontrole i navodnjavanih varijanti su bile evidentne. U odnosu na kontrolu (35,20 %) sadržaj bjelančevina u varijanti A3 (bogato navodnjavanje) iznosio je 38,67 %.

Gnojidba dušikom (B) u dvije godine istraživanja 2014. i 2015., nije imala utjecaj na sadržaj bjelančevina, dok je u 2013. godini utjecaj bio izrazit ($F = 18,17^{**}$). Sadržaj bjelančevina kretao se u rasponu od 37,17 % na kontroli do 38,58 % u B3 (200 kg N ha⁻¹).

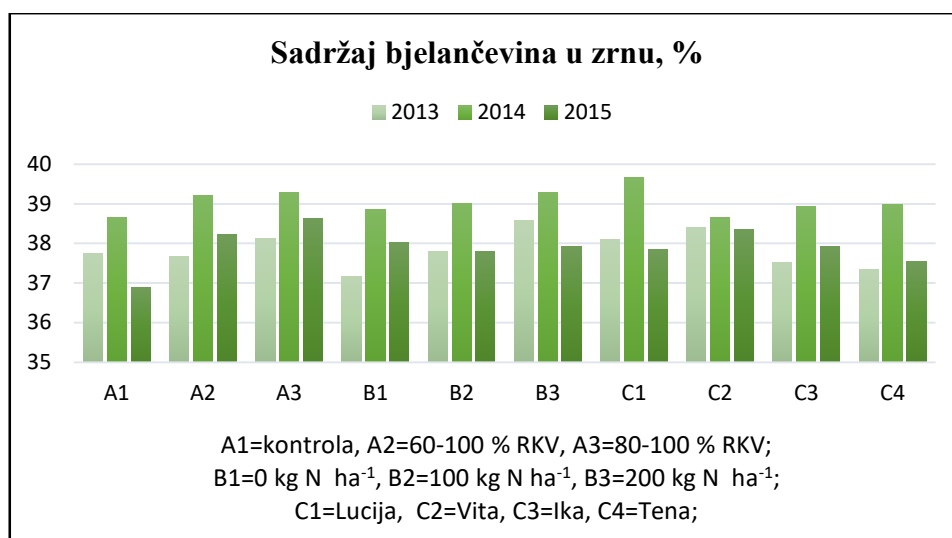
Utjecaj sorte (C) na sadržaj bjelančevina bio je vrlo značajan u 2013. i 2014. godini. U 2013. godini iznosio je 38,41 % (Ika) do 39,66 % (Lucija) u 2014. godini.

Interakcija navodnjavanja i gnojidbe u 2013. godini nije pokazala statističku značajnost. Međusobno djelovanje gnojidbe i sorte u 2013. godini pokazalo je značajnu razliku ($P \leq 0,05$ %). Interakcija gnojidbe i sorte i međusobno djelovanje sva tri čimbenika ($A \times B \times C$) rezultiralo je visokoznačajanom razlikom. Od svih interakcija u 2014. godini jedino je međusobno djelovanje navodnjavanja i sorte bilo značajno ($P \leq 0,05$ %).

U prosjeku u 2014. godini utvrđen je veći postotak sadržaja bjelančevina u zrnu (Grafikon 12.).

Tablica 18. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na sadržaj bjelančevina (%) u zrnu soje

A	B1				B2				B3			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
	2013. godina											
A1	36,00	38,02	36,95	37,22	37,98	38,50	37,03	36,03	38,68	39,18	38,57	38,80
A2	37,10	37,67	36,68	36,37	38,52	38,35	37,47	37,33	39,45	37,50	38,18	37,50
A3	37,72	37,93	37,27	37,13	38,02	38,77	37,88	37,62	39,52	39,77	37,77	38,02
$\bar{X}_{BC}$	36,94	37,87	36,97	36,91	38,17	38,54	37,46	36,99	39,22	38,82	38,17	38,11
	Interakcija A x B					Interakcija A x C					$\bar{X}_A$	
	B1	B2	B3			A1	C1	C2	C3	C4		
A1	37,05	37,38	38,81			A1	37,56	38,57	37,52	37,35		37,75
A2	36,95	37,92	38,16			A2	38,36	37,34	37,44	37,07		37,68
A3	37,51	38,07	38,77			A3	38,42	38,82	37,64	37,59		38,12
$\bar{X}_B$	37,17	37,79	38,58			$\bar{X}_C$	38,11	38,41	37,53	37,34		37,85
Analiza varijance		A	B		C	AB	AC	BC	ABC			
LSD _{0,05}		n.s.	0,46		0,32	n.s.	0,62	0,62	1,50			
LSD _{0,01}		n.s.	0,60		0,44	n.s.	0,89	0,89	2,76			
F test		n.s.	18,17**		19,98**	n.s.	3,11*	3,24**	2,79**			
	2014. godina											
A1	39,23	38,08	38,33	38,53	38,32	38,23	38,52	39,23	38,83	38,18	39,38	39,13
A2	38,92	38,40	38,80	38,80	40,25	38,85	38,85	39,03	40,98	38,88	39,48	39,23
A3	39,82	39,33	39,17	38,97	40,15	38,83	38,90	38,90	40,38	39,07	38,95	39,02
$\bar{X}_{BC}$	39,32	38,60	38,77	38,77	39,57	38,64	38,76	39,05	40,06	38,71	39,27	39,13
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
	B1	B2	B3			A1	C1	C2	C3	C4		
A1	38,55	38,57	38,89			A1	38,81	38,17	38,74	38,97		38,67
A2	38,73	39,25	39,65			A2	40,05	38,71	39,04	39,02		39,21
A3	39,32	39,21	39,35			A3	40,12	39,09	39,01	38,96		39,29
$\bar{X}_B$	38,87	39,01	39,30			$\bar{X}_C$	39,66	38,66	38,93	38,98		39,06
Analiza varijance		A	B		C	AB	AC	BC	ABC			
LSD _{0,05}		n.s.	n.s.		0,32	n.s.	0,61	n.s.	n.s.			
LSD _{0,01}		n.s.	n.s.		0,43	n.s.	0,87	n.s.	n.s.			
F test		n.s.	n.s.		14,93**	n.s.	3,10*	n.s.	n.s.			
	2015. godina											
A1	35,20	37,43	38,15	37,50	36,57	37,63	37,55	33,67	37,22	37,82	36,47	37,30
A2	38,38	38,77	38,23	38,40	38,35	38,32	37,53	37,87	38,13	38,25	38,42	38,03
A3	38,67	38,53	38,43	38,62	39,25	39,77	38,57	38,40	38,75	38,67	37,88	38,12
$\bar{X}_{BC}$	37,42	38,24	38,27	38,17	38,06	38,57	37,88	36,65	38,03	38,25	37,59	37,82
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
	B1	B2	B3			A1	C1	C2	C3	C4		
A1	37,07	36,35	37,20			A1	36,33	37,63	37,39	36,16		36,88
A2	38,45	38,02	38,21			A2	38,29	38,44	38,06	38,10		38,22
A3	38,56	38,10	38,35			A3	38,89	38,99	38,29	38,38		38,64
$\bar{X}_B$	38,03	37,79	37,92			$\bar{X}_C$	37,84	38,35	37,92	37,54		37,91
Analiza varijance		A	B		C	AB	AC	BC	ABC			
LSD _{0,05}		0,48	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.			
LSD _{0,01}		0,63	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.			
F test		28,27**	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.			
A1=kontrola, A2=60-100 % RKV, A3=80-100 % RKV; B1=0 kg N ha ⁻¹ , B2=100 kg N ha ⁻¹ , B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=Lucija, C2=Vita, C3=Ika, C4=Tena; AB=navodnjavanje x gnojidba, BC=gnojidba x sorta, AC= navodnjavanje x sorta, ABC=navodnjavanje x gnojidba x sorta; *=P≤0,05; **=P≤0,01												



Grafikon 12. Sadržaj bjelančevina u zrnu soje

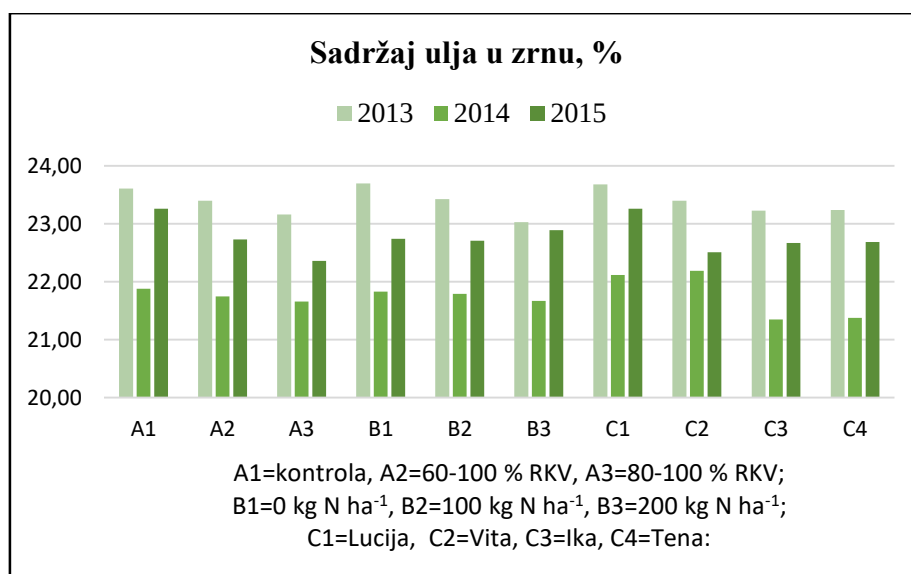
6.5. Sadržaj ulja u zrnu soje 2013., 2014. i 2015. godine

Prosječni sadržaj ulja u svim varijantama pokusa iznosio je 23,39 % u 2013., 21,76 % u 2014. i 22,78 % u 2015. godini. Sadržaj ulja bio je u 2014. godini za 7 % manji nego u 2013. i za 4,5 % manji nego u 2015. godini (Grafikon 13). Iako neznatno, navodnjavanje je u 2013. godini značajno ($P \leq 0,05$ %) utjecalo na ovo svojstvo, premda su se razlike u sadržaju ulja kretale u prosjeku od 23,16 % u varijanti A3, 23,40 % (A2) i 23,61 % (A1).

U 2014. i 2015. godini navodnjavanje nije rezultiralo statistički značajnim razlikama na sadržaj ulja u zrnu soje. Gnojidba dušikom u 2013. godini je vrlo značajno utjecala na ispitivano svojstvo zrna soje. Najmanji sadržaj ulja bio je 23 % u varijanti A2, a najveći u kontrolnoj varijanti (23,7 %). Evidentno je da je sadržaj ulja, premda neznatno, bio veći u kontroli nego u varijantama s gnojidbom (Tablica 19.). U preostale dvije godine istraživanja razlike u sadržaju ulja u zrnu na različitim gnojidbenim tretmanima nisu bile statistički opravdane. Utjecaj genotipa na ispitivano svojstvo razlikovao se u 2013. i 2015. godini istraživanja. U 2013. godini manji sadržaj ulja imale su sorte Ika i Tena (23,23 i 23,24 %), dok su nešto veći sadržaj ulja imale Lucija i Vita (23,68 i 23,40 %). Od međusobnog djelovanja analiziranih čimbenika u odnosu na sadržaj ulja u zrnu vrlo značajna bila je interakcija gnojidbe i sorte u 2013. godini.

Tablica 19. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na sadržaj ulja (%) u zrnu soje

A	B1				B2				B3			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
	2013. godina											
A1	24,53	24,05	23,50	23,43	24,03	23,67	23,48	23,98	23,53	23,24	23,02	22,82
A2	24,27	23,80	23,63	23,55	23,53	23,30	23,12	23,18	22,98	23,23	22,97	23,25
A3	23,83	23,38	23,28	23,13	23,65	23,27	23,05	22,98	22,77	22,68	23,02	22,83
$\bar{X}_{BC}$	24,21	23,74	23,47	23,37	23,74	23,41	23,22	23,38	23,09	23,05	23,00	22,97
	Interakcija A x B					Interakcija A x C						$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3		A1	C1	C2	C3	C4		
A1	23,88	23,79		23,15		A1	24,03	23,65	23,33	23,41		23,61
A2	23,81	23,28		23,11		A2	23,59	23,44	23,24	23,33		23,40
A3	23,41	23,24		22,82		A3	23,42	23,11	23,12	22,98		23,16
$\bar{X}_B$	23,70	23,43		23,03		$\bar{X}_C$	23,68	23,40	23,23	23,24		23,39
Analiza varijance		A		B		C		AB	AC	BC		ABC
LSD _{0,05}		0,17		0,30		0,15		n.s.	n.s.	0,29		n.s.
LSD _{0,01}		0,22		0,40		0,21		n.s.	n.s.	0,42		n.s.
F test		13,42*		9,76**		15,94**		n.s.	n.s.	3,55**		n.s.
	2014. godina											
A1	22,12	22,50	21,72	21,38	22,60	22,20	21,47	21,30	22,40	22,55	21,02	21,28
A2	22,52	22,37	21,38	21,45	21,87	22,10	21,53	21,30	21,58	22,12	21,12	21,55
A3	22,20	21,95	21,10	21,23	22,05	22,07	21,53	21,47	21,75	21,88	21,22	21,43
$\bar{X}_{BC}$	22,28	22,27	21,40	21,35	22,17	22,12	21,51	21,36	21,91	22,18	21,12	21,42
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3			C1	C2	C3	C4		
A1	21,93	21,89		21,81		A1	22,37	22,42	21,40	21,32		21,88
A2	21,93	21,70		21,62		A2	21,99	22,19	21,38	21,43		21,75
A3	21,62	21,78		21,57		A3	22,00	21,97	21,28	21,38		21,66
$\bar{X}_B$	21,83	21,79		21,67		$\bar{X}_C$	22,12	22,19	21,35	21,38		21,76
Analiza varijance		A		B		C		AB	AC	BC		ABC
LSD _{0,05}		n.s.		n.s.		n.s.		0,39	n.s.	n.s.		n.s.
LSD _{0,01}		n.s.		n.s.		n.s.		0,54	n.s.	n.s.		n.s.
F test		n.s.		n.s.		n.s.		59,96**	n.s.	n.s.		n.s.
	2015. godina											
A1	24,30	22,80	22,57	23,00	24,10	23,00	23,05	23,50	23,53	22,77	23,52	22,98
A2	23,12	22,22	22,52	22,40	22,90	22,65	22,92	22,52	23,20	22,77	22,60	22,92
A3	23,05	22,48	22,15	22,32	22,35	22,47	22,03	22,05	22,78	22,43	22,70	22,52
$\bar{X}_{BC}$	23,49	22,50	22,41	22,57	23,12	22,71	22,67	22,69	23,17	22,66	22,94	22,81
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3		A1	C1	C2	C3	C4		A
A1	23,17	23,41		23,20		A1	23,98	22,86	23,04	23,16		23,26
A2	22,56	22,75		22,87		A2	23,07	22,54	22,68	22,61		22,73
A3	22,50	21,98		22,61		A3	22,73	22,13	22,29	22,29		22,36
$\bar{X}_B$	22,74	22,71		22,89		$\bar{X}_C$	23,26	22,51	22,67	22,69		22,78
Analiza varijance		A		B		C		AB	AC	BC		ABC
LSD _{0,05}		n.s.		n.s.		0,19		n.s.	n.s.	0,36		n.s.
LSD _{0,01}		n.s.		n.s.		0,26		n.s.	n.s.	0,52		n.s.
F test		n.s.		n.s.		25,25**		n.s.	n.s.	2,76*		n.s.
A1=kontrola, A2=60-100 % RKV, A3=80-100 % RKV; B1=0 kg N ha ⁻¹ , B2=100 kg N ha ⁻¹ , B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=Lucija, C2=Vita, C3=Ika, C4=Tena; AB=navodnjavanje x gnojidba, BC=gnojidba x sorta, AC= navodnjavanje x sorta, ABC=navodnjavanje x gnojidba x sorta; *=P≤0,05; **=P≤0,01												



Grafikon 13. Sadržaj ulja u zrnu soje

6.6. Masa 1000 zrna soje 2013., 2014. i 2015. godine

Prosječna masa 1000 zrna soje u 2013. godini iznosila je 170,2 g, 176,9 g u 2014. godini i 176,0 g u 2015. godini provođenja pokusa (Tablica 20.).

Tretman navodnjavanja je u 2013. i 2014. godini imao značajan utjecaj na masu 1000 zrna, koja je iznosila u rasponu od 168,6 g do 171,7 g u 2013. godini, odnosno od 172,9 do 179,3 g u 2014. godini. Evidentno je da je povećanje sadržaja vode u tlu na razini A3 smanjilo masu 1000 zrna za 0,4 % u odnosu na varijantu A2. U 2015. godini istraživanja navodnjavanje je vrlo značajno ujecalo na masu 1000 zrna ($F = 82,79^{**}$) koja se kretala od 165,2 g 184,2 g što je povećanje u varijanti A3 u odnosu na kontrolnu od 11,5 %.

Gnojidba dušikom imala je vrlo značajan utjecaj na masu 1000 zrna u 2013. i 2015. godini, dok u 2014. godini razlike u masi 1000 zrna između gnojidbenih tretmana nisu bile statistički opravdane. Tako je u 2013. i 2015. godini primjenom veće količine dušika masa 1000 zrna povećana do 174,6 g u B3 varijanti, odnosno 179,1 g u tretmanu B2. U 2015. godini došlo je do odstupanja te se primjenom manje količine dušika (B2 tretman) masa 1000 zrna povećala za 2,6 %.

Genotip je u sve tri godine istraživanja rezultirao vrlo značajnom razlikom u masi 1000 zrna soje. Sorta Ika imala je najveću masu 1000 zrna u sve tri godine, a kretala se od 192,6 g (2013.), 207,6 g (2015.) do 217,7 g (2014.) godine. Sorta Tena izdvajala se nižom prosječnom masom od 156,8 g u sve tri godine.

Tablica 20. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na masu 1000 zrna (g) soje

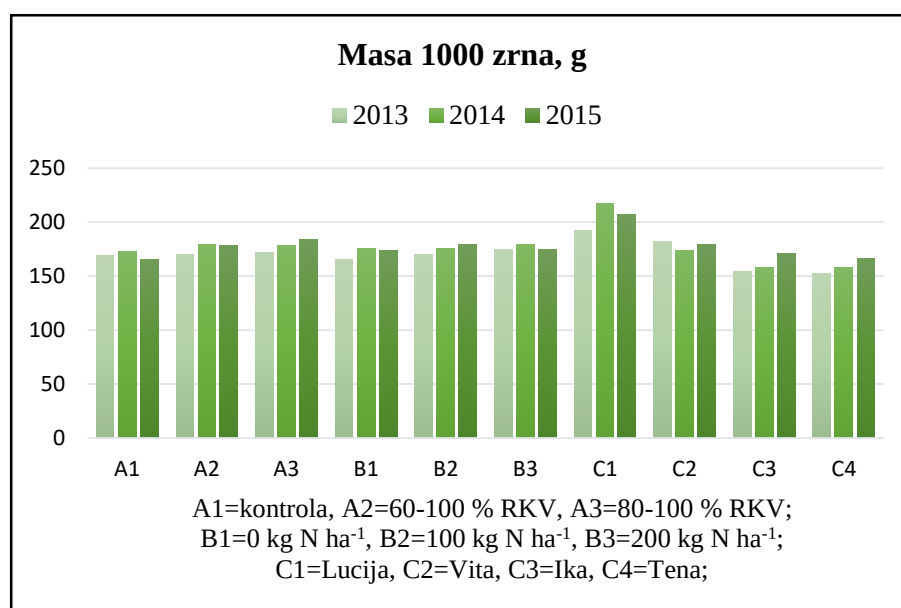
A	B1				B2				B3			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
	2013. godina											
A1	181,0	177,0	145,0	151,3	192,3	185,7	142,7	142,3	192,0	191,0	161,3	161,7
A2	192,7	174,0	151,0	142,0	200,7	186,0	153,7	150,7	199,0	183,3	155,0	153,7
A3	187,7	176,0	155,0	154,0	189,3	179,0	162,3	158,3	198,7	189,0	157,0	153,7
$\bar{X}_{BC}$	187,0	176,0	150,3	149,1	194,1	183,6	152,9	150,4	196,6	187,8	157,8	156,4
	Interakcija A x B					Interakcija A x C						$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3		A1	C1	C2	C3	C4		
A1	163,7	165,7		176,5		A1	188,4	184,7	149,7	151,8		168,6
A2	165,0	172,7		172,7		A2	197,4	181,2	153,2	148,8		170,2
A3	168,2	172,2		174,6		A3	191,9	181,4	158,1	155,3		171,7
$\bar{X}_B$	165,6	170,2		174,6		$\bar{X}_C$	192,6	182,4	153,7	152,0		170,2
Analiza varijance		A		B		C		AB	AC	BC		ABC
LSD _{0,05}		1,31		2,05		2,23		3,94	4,25	n.s.		10,36
LSD _{0,01}		1,73		2,69		3,01		5,52	6,11	n.s.		19,01
F test		10,385*		36,94**		712,03**		5,298*	8,25**	n.s.		4,64*
	2014. godina											
A1	214,0	178,0	151,7	151,3	201,3	159,7	150,3	162,7	223,0	165,7	162,0	155,0
A2	216,3	179,3	156,3	161,7	214,3	173,7	155,0	159,0	228,3	175,3	168,7	164,0
A3	219,7	169,3	159,7	152,0	223,0	183,0	161,7	160,0	219,3	180,3	158,3	156,7
$\bar{X}_{BC}$	216,7	175,5	155,9	155,0	212,9	172,1	155,7	160,6	223,5	173,8	163,0	158,6
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3			C1	C2	C3	C4		
A1	173,7	168,5		176,4		A1	212,8	167,8	154,7	156,3		172,9
A2	178,4	175,5		184,1		A2	219,7	176,1	160,0	161,5		179,3
A3	175,2	181,9		178,7		A3	220,7	177,6	159,9	156,2		178,6
$\bar{X}_B$	175,8	175,3		179,7		$\bar{X}_C$	217,7	173,8	158,2	158,0		176,9
Analiza varijance			A		B		C		AB	AC	BC	ABC
LSD _{0,05}			2,67		n.s.		4,21		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
LSD _{0,01}			3,51		n.s.		5,69		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F test			13,41*		n.s.		375,94**		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	2015. godina											
A1	175,7	151,7	155,0	160,0	202,0	167,7	160,7	161,0	190,3	176,3	155,7	126,3
A2	204,0	171,3	173,3	161,0	215,3	176,0	168,0	164,3	208,7	167,0	160,7	171,7
A3	226,3	172,7	172,7	164,0	226,3	176,0	168,3	163,3	219,3	176,0	172,7	172,3
$\bar{X}_{BC}$	202,0	165,2	167,0	161,7	214,5	173,2	165,7	162,9	206,1	173,1	163,0	156,8
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3			C1	C2	C3	C4		
A1	160,6	172,8		162,2		A1	189,3	165,2	157,1	149,1		165,2
A2	177,4	180,9		177,0		A2	209,3	171,4	167,3	165,7		178,4
A3	183,9	183,5		185,1		A3	224,0	178,9	171,2	166,6		184,2
$\bar{X}_B$	174,0	179,1		174,7		$\bar{X}_C$	207,6	170,5	165,2	160,4		176,0
Analiza varijance			A		B		C		AB	AC	BC	ABC
LSD _{0,05}			2,96		2,88		3,30		5,54	6,31	6,31	15,37
LSD _{0,01}			3,90		3,79		4,46		7,77	9,06	9,06	28,21
F test			82,79**		7,03**		356,00**		4,17*	8,37**	3,96**	8,09**
A1=kontrola, A2=60-100 % RKV, A3=80-100 % RKV; B1=0 kg N ha ⁻¹ , B2=100 kg N ha ⁻¹ , B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=Lucija, C2=Vita, C3=Ika, C4=Tena; AB=navodnjavanje x gnojidba, BC=gnojidba x sorta, AC= navodnjavanje x sorta, ABC=navodnjavanje x gnojidba x sorta; *=P≤0,05; **=P≤0,01												

Interakcija navodnjavanja i gnojidbe (AxB) je u 2013. godini rezultirala značajnom razlikom, dok je interakcija navodnjavanja i sorte (AxC) utjecala visokoznačajano na masu 1000 zrna. Rasponi su iznosili od 149,7 g u varijanti A1C3, pa sve do 191,9 g u varijanti A3C1. Bogato navodnjavanje uvjetovalo je veću masu 1000 zrna za 28,2 % u odnosu na kontrolu. Interakcija gnojidbe i genotipa (BxC) u ovoj godini istraživanja nije imala statistički značaj.

Međusobno djelovanje sva tri čimbenika u 2013. godini imalo je značajan učinak na masu 1000 zrna. U varijanti A2B2C1 (Lucija) masa 1000 zrna iznosila je čak 200,7 g. Interakcija navodnjavanja i gnojidbe u 2015. godini imala je značajan utjecaj na masu 1000 zrna, a interakcije navodnjavanja i sorte, gnojidbe i sorte te sva tri čimbenika (AxBxC) imalo je vrlo značajan utjecaj ($P \leq 0,01$, F test = 8,09**). Tako je u varijantama A3B2C1 i A3B1C1 izmjerena jednaka prosječna masa (226,3 g), a u varijanti A3B3C1, 219,3 g. Sorta Lucija u interakcijama s navodnjavanjem i gnojidbom u odnosu na ostale sorte imala najveću masu 1000 zrna i u 2015. godini, dok je najmanja masa u kontrolnoj varijanti sa sortom Vita.

U prosjeku istraživanih godina vidljivo je (Grafikon 14.) povećanje mase 1000 zrna u 2015. godini (klimatski sušnoj) uz bogato navodnjavanje, gnojidbu dušikom od 100 kg ha^{-1} i sortom Lucija (A3B2C1). Izmjerena masa 1000 zrna je iznosila je 224,0 g, dok je u 2014. godini izmjerena masa 1000 zrna 217,7 g.

Najmanja masa 1000 zrna izmjerena je u 2013 godini u varijanti A1B2C4 (Tena), a iznosila je svega 142,7 g.



Grafikon 14. Masa 1000 zrna soje

6.7. Energija klijanja zrna soje 2013., 2014. i 2015. godine

Čimbenici, kako pojedinačno tako i u međusobnim interakcijama, u 2013. godini nisu statistički značajano utjecali na energiju klijanja soje, vidljivo iz Tablice 21.

U 2014. godini jedino je genotip imao statistički značajan utjecaj na energiju klijanja zrna. Sorta Lucija izdvojila se najvećom brzinom i ujednačenošću klijanja (92,19 %).

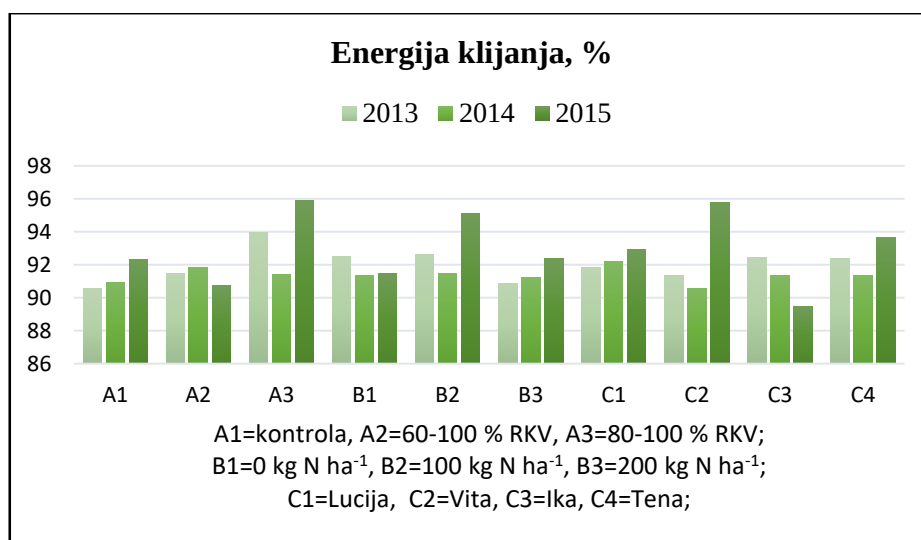
Gnojidba dušikom je u 2015. godini imala značajan utjecaj na energiju klijanja. Tako je u tretmanu B2 (100 kg N ha⁻¹) energija klijanja iznosila 95,11 %, a u kontrolnoj varijanti 91,47 %, što je za 3,8 % manje. U istoj godini, utjecaj genotipa je bio vrlo značajan na ispitivano svojstvo (Tablica 21.). U ovoj godini istraživanja izdvojile su se sorta Vita i Tena s većom energijom klijanja (95,82 % i 93,67 %) u odnosu na ostale genotipove. Interakcija navodnjavanja i gnojidbe (AxB) također se pokazala značajnom. Kretala se u rasponu od nižih 84 % u tretmanu A2B1 sve do visokih 98,50 % u tretmanu A3B1 i 98 % u A2B2.

Međusobno djelovanje sva tri čimbenika u ovoj godini imalo je značajan utjecaj na energiju klijanja. U nekim varijantama pokusa energija klijanja iznosila je 100 % (A3B1C2 i A3B1C4).

U trogodišnjem prosjeku je u tretmanima A3B3C4, A3B3C2 i A3B2C4, 2015. godine energija klijanja iznosila visokih 98,33 % (Grafikon 15.). U 2013. godini energija klijanja bila je nešto niža u kontroli navodnjavanja i gnojidbe dušikom kod sorte Lucija (86,33 %). Nešto niža energija klijanja od 84 % izmjerena je u 2015. godini u tretmanu A2B1C2. U 2014. godini u većini tretmana energija klijanja bila je relativno visoka i kretala se od 90 do 94 %.

Tablica 21. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na energiju klijanja (%) zrna soje

A	B1				B2				B3				
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	
	2013. godina												
A1	86,33	89,67	91,67	91,67	87,33	91,00	90,00	88,33	96,33	93,67	88,67	92,33	
A2	86,00	93,00	93,67	96,00	95,33	93,00	94,67	93,67	89,00	88,67	86,67	88,00	
A3	97,00	95,33	95,67	94,33	97,67	89,00	95,33	96,33	91,67	89,00	95,67	90,67	
$\bar{X}_{BC}$	89,78	92,66	94,00	93,67	93,44	91,00	91,85	92,78	92,33	90,47	90,34	90,33	
	Interakcija A x B					Interakcija A x C						$\bar{X}_A$	
	B1	B2		B3		A1	C1	C2	C3	C4			
A1	89,83	89,17		92,75		A1	90,00	91,44	90,11	90,78	90,58		
A2	92,17	94,17		88,08		A2	90,11	91,56	91,67	92,56	91,47		
A3	95,58	94,58		91,75		A3	95,44	91,11	95,56	93,78	93,97		
$\bar{X}_B$	92,53	92,64		90,86		$\bar{X}_C$	91,85	91,37	92,44	92,37	92,01		
Analiza varijance		A		B		C		AB		AC		BC	ABC
LSD 0,05		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
LSD 0,01		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
F test		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
	2014. godina												
A1	90,33	91,00	90,67	90,00	92,33	91,00	91,67	88,00	92,33	90,33	91,67	91,33	
A2	92,00	91,00	91,00	93,67	92,00	90,67	94,00	91,67	93,00	90,67	91,33	90,67	
A3	92,00	90,67	91,00	93,00	93,33	92,00	90,00	91,33	92,33	87,67	91,00	92,33	
$\bar{X}_{BC}$	91,44	90,89	90,89	92,22	92,56	91,22	91,89	90,33	92,56	89,56	91,33	91,44	
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$	
	B1	B2		B3		A1	C1	C2	C3	C4			
A1	90,50	90,75		91,42		A1	91,67	90,78	91,33	89,78	90,89		
A2	91,92	92,08		91,42		A2	92,33	90,78	92,11	92,00	91,81		
A3	91,67	91,67		90,83		A3	92,56	90,11	90,67	92,22	91,39		
$\bar{X}_B$	91,36	91,50		91,22		$\bar{X}_C$	92,19	90,56	91,37	91,33	91,36		
Analiza varijance		A		B		C		AB		AC		BC	ABC
LSD 5 %		n.s.		n.s.		1,04		n.s.		n.s.		n.s.	
LSD 1 %		n.s.		n.s.		1,40		n.s.		n.s.		n.s.	
F test		n.s.		n.s.		3,47*		n.s.		n.s.		n.s.	
	2015. godina												
A1	94,33	93,33	91,33	88,67	92,67	96,00	87,00	91,33	94,00	95,67	91,67	91,67	
A2	86,67	84,00	73,33	92,00	96,67	99,33	98,33	97,67	93,00	97,67	85,33	85,00	
A3	97,67	100,0	96,33	100,0	88,33	98,00	97,67	98,33	93,33	98,33	84,33	98,33	
$\bar{X}_{BC}$	92,89	92,44	87,00	93,56	92,56	97,78	94,33	95,78	93,44	97,22	87,11	91,67	
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$	
	B1	B2		B3		A1	C1	C2	C3	C4			
A1	91,92	91,75		93,25		A1	93,67	95,00	90,00	90,56	92,31		
A2	84,00	98,00		90,25		A2	92,11	93,67	85,67	91,56	90,75		
A3	98,50	95,58		93,58		A3	93,11	98,78	92,78	98,89	95,89		
$\bar{X}_B$	91,47	95,11		92,36		$\bar{X}_C$	92,96	95,82	89,48	93,67	92,98		
Analiza varijance		A		B		C		AB		AC		BC	ABC
LSD 5 %		n.s.		2,38		2,84		4,60		n.s.		13,20	
LSD 1 %		n.s.		3,14		3,83		6,45		n.s.		24,23	
F test		n.s.		4,85*		7,23**		10,14**		n.s.		2,14*	
A1=kontrola, A2=60-100 % RKV, A3=80-100 % RKV; B1=0 kg N ha ⁻¹ , B2=100 kg N ha ⁻¹ , B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=Lucija, C2=Vita, C3=Ika, C4=Tena; AB=navodnjavanje x gnojidba, BC=gnojidba x sorta, AC= navodnjavanje x sorta, ABC=navodnjavanje x gnojidba x sorta; *=P≤0,05; **=P≤0,01													



Grafikon 15. Energija klijanja zrna soje

6.8. Klijavost zrna soje 2013., 2014. i 2015. godine

Prosječna klijavost zrna soje u svim varijantama u 2013. godini iznosila je 96,88 % nije bila pod značajnim utjecajem tretmana navodnjavanja, gnojidbe i genotipa (Tablica 22.).

Niti jedan čimbenik u 2013. godini nije pokazao značajnu razliku, kao niti njihove interakcije. Tek je interakcija sva tri čimbenika (AxBxC) pokazala je statističku značajnost ($P \leq 0,05$). Dvije varijante su se izdvojile s većom klijavošću od ostalih varijanti, i to A3B1C1 (99,67 %) i A3B2C4 (99,33 %).

Genotip je u 2014. g. pokazao vrlo značajne razlike ($P \leq 0,01$, F test=8,27**) u pogledu klijavosti. Evidentno je da je sorta Vita pokazala najmanju klijavost (96,48 %) u odnosu na ostale sorte (98,41 %, 97,22 % i 97,33 %). Međusobno djelovanje navodnjavanja i sorte, te gnojidbe i sorte pokazalo je značajnu ($P \leq 0,05$) razliku. Visokom klijavošću izdvojila se sorta Lucija u tretmanu bogatog navodnjavanja A3C1 (99 %) i tretmanu gnojidbe B3C1 (98,78 %).

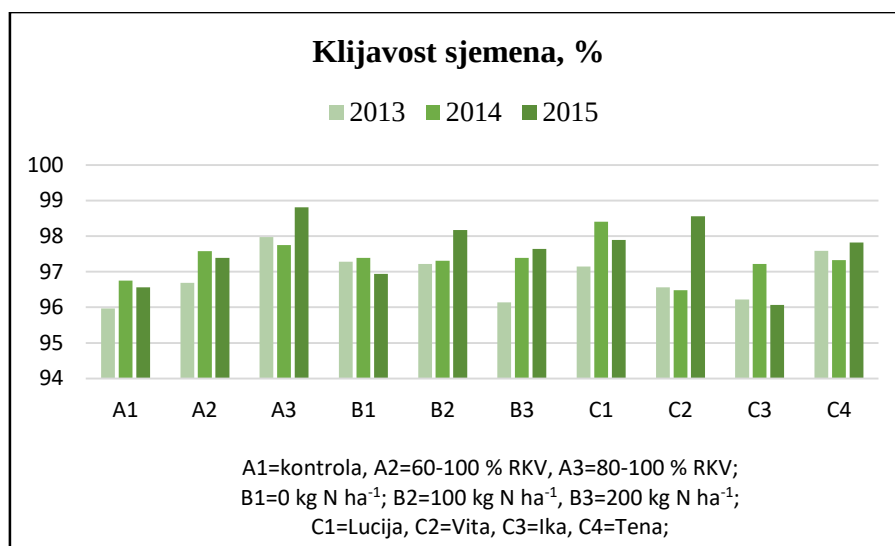
U 2015. statistički značajan bio je genotip te interakcija navodnjavanja i gnojidbe. Tako je u varijanti A3B1 klijavost iznosila 99,75 %, u varijanti A2B1 95 %. U varijantama A3B1C2, A3B1C4, A2B2C4 i A3B2C4 klijavost zrna iznosila 100 %.

Tablica 22. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na klijavost (%) zrna soje

A	B1				B2				B3			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
	2013. godina											
A1	94,00	95,67	97,33	99,00	96,00	96,00	95,00	96,33	99,00	97,00	90,00	96,33
A2	96,33	97,00	96,00	98,67	98,00	98,00	97,33	98,00	94,67	95,33	96,33	94,67
A3	99,67	98,67	97,67	97,33	99,00	95,67	98,00	99,33	97,67	95,67	98,33	98,67
$\bar{X}_{BC}$	96,67	97,11	97,00	98,33	97,67	96,56	96,78	97,89	97,11	96,00	94,89	96,56
	Interakcija A x B					Interakcija A x C						$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3		A1	C1	C2	C3	C4		
A1	96,50	95,83		95,58		A1	96,33	96,22	94,11	97,22		95,97
A2	97,00	97,83		95,25		A2	96,33	96,78	96,56	97,11		96,69
A3	98,33	98,00		97,58		A3	98,78	96,67	98,00	98,44		97,97
$\bar{X}_B$	97,28	97,22		96,14		$\bar{X}_C$	97,15	96,56	96,22	97,59		96,88
Analiza varijance		A		B		C		AB	AC	BC		ABC
LSD _{0,05}		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	n.s.	n.s.		6,52
LSD _{0,01}		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	n.s.	n.s.		11,96
F test		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	n.s.	n.s.		2,09*
	2014. godina											
A1	98,33	96,33	96,33	96,67	97,67	96,33	98,00	94,33	98,33	96,33	96,33	96,00
A2	97,67	96,67	96,00	98,33	97,67	96,67	99,00	97,00	99,00	96,33	98,67	98,00
A3	98,67	96,67	97,33	99,67	99,33	98,00	96,33	97,33	99,00	95,00	97,00	98,67
$\bar{X}_{BC}$	98,22	96,56	96,55	98,22	98,22	97,00	97,78	96,22	98,78	95,89	97,33	97,56
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3		A1	C1	C2	C3	C4		
A1	96,92	96,58		96,75		A1	98,11	96,33	96,89	95,67		96,75
A2	97,17	97,58		98,00		A2	98,11	96,56	97,89	97,78		97,58
A3	98,08	97,75		97,42		A3	99,00	96,56	96,89	98,56		97,75
$\bar{X}_B$	97,39	97,31		97,39		$\bar{X}_C$	98,41	96,48	97,22	97,33		97,36
Analiza varijance		A		B		C		AB	AC	BC		ABC
LSD _{0,05}		n.s.		n.s.		0,80		n.s.	1,53	1,53		n.s.
LSD _{0,01}		n.s.		n.s.		1,08		n.s.	2,20	2,20		n.s.
F test		n.s.		n.s.		8,27**		n.s.	2,47*	2,66*		n.s.
	2015. godina											
A1	98,67	97,00	95,67	93,00	97,00	98,67	94,33	96,00	97,00	98,33	95,67	97,33
A2	95,67	95,33	91,33	97,67	98,67	100,0	99,33	100,0	99,67	99,67	94,33	97,00
A3	99,67	100,0	99,33	100,0	95,67	99,00	99,33	100,0	99,00	99,00	95,33	99,33
$\bar{X}_{BC}$	98,00	97,44	95,44	96,89	97,11	99,22	97,66	98,67	98,56	99,00	95,11	97,89
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3		A1	C1	C2	C3	C4		
A1	96,08	96,50		97,08		A1	97,56	98,00	95,22	95,44		96,56
A2	95,00	99,50		97,67		A2	98,00	98,33	95,00	98,22		97,39
A3	99,75	98,50		98,17		A3	98,11	99,33	98,00	99,78		98,81
$\bar{X}_B$	96,94	98,17		97,64		$\bar{X}_C$	97,89	98,56	96,07	97,82		97,58
Analiza varijance		A		B		C		AB	AC	BC		ABC
LSD _{0,05}		n.s.		n.s.		1,38		2,15	n.s.	n.s.		n.s.
LSD _{0,01}		n.s.		n.s.		1,87		3,00	n.s.	n.s.		n.s.
F test		n.s.		n.s.		4,93**		5,10*	n.s.	n.s.		n.s.
A1=kontrola, A2=60-100 % RKV, A3=80-100 % RKV; B1=0 kg N ha ⁻¹ , B2=100 kg N ha ⁻¹ , B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=Lucija, C2=Vita, C3=Ika, C4=Tena; AB=navodnjavanje x gnojidba, BC=gnojidba x sorta, AC= navodnjavanje x sorta, ABC=navodnjavanje x gnojidba x sorta; *=P≤0,05; **=P≤0,01												

A1=kontrola, A2=60-100 % RKV, A3=80-100 % RKV; B1=0 kg N ha⁻¹, B2=100 kg N ha⁻¹, B3=200 kg N ha⁻¹; C1=Lucija, C2=Vita, C3=Ika, C4=Tena; AB=navodnjavanje x gnojidba, BC=gnojidba x sorta, AC= navodnjavanje x sorta, ABC=navodnjavanje x gnojidba x sorta; *=P≤0,05; **=P≤0,01

Raspon klijavosti u sve tri godine istraživanja iznosio je od nešto nižih vrijednosti, od 94 % u kontroli sve do 99 % u varijanti bogatog navodnjavanja (Grafikon 16.) kod sorte Lucija. U tretmanu A3B3C1 u 2014. godini klijavost je iznosila visokih 99 %. U 2015. godini klijavost je u svim tretmanima bila visoka (od 95,67 %, sve do 100 %).



Grafikon 16. Klijavost zrna soje

6.9. Randman doradenoga zrna soje 2013., 2014. i 2015. godine

Na randman zrna soje vrlo značajno ($P \leq 0,01$ %) su utjecali tretmani navodnjavanja (A) u sve tri godine. U 2013. godini u kontrolnoj varijanti randman je iznosio 85,92 %, dok je u tretmanu bogatog navodnjavanja povećan za 6,3 %. Gnojidba dušikom je u svim godinama značajno utjecala na randman. U 2014. godini u tretmanu sa 200 kg N ha⁻¹ randman je iznosio 90,3 %, dok je u varijanti bez gnojidbe bio 85,62 %.

Utjecaj genotipa na randman bio je također vrlo značajan u sve tri godine istraživanja. Nizak postotak randmana doradenoga zrna zabilježen je u 2014. godini, pa je tako kod sorte Lucija iznosio je 86,78 %, (Tablica 23.).

Zabilježene su vrlo značajne interakcije AxC i BxC u 2014. godini koje su utjecale na randman zrna. Izdvajila se varijanta A3C2 s nešto većim randmanom od 92,63 % i A3C4 od 91,52 %. U kontrolnoj varijanti randman je bio niži i iznosio je 83,41 %. U tretmanima bogatog navodnjavanja randman zrna soje bio je u pravilu veći prema kontroli i A2 varijanti.

Tablica 23. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na randman (%) zrna soje

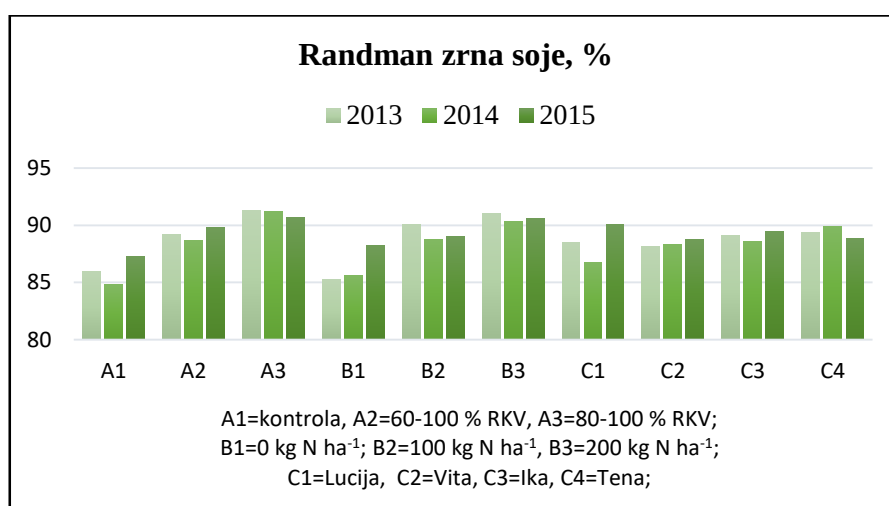
A	B1				B2				B3			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
	2013. godina											
A1	83,00	82,17	83,12	84,17	87,67	86,17	87,06	86,50	87,20	87,63	87,87	88,51
A2	84,90	83,70	85,26	86,56	91,13	91,60	90,23	91,53	90,63	89,20	92,73	92,53
A3	86,87	88,02	88,53	87,30	91,57	91,80	93,40	92,37	93,63	93,30	93,90	94,97
$\bar{X}_{BC}$	84,92	84,63	85,64	86,01	90,12	89,86	90,23	90,13	90,49	90,04	91,50	92,00
	Interakcija A x B					Interakcija A x C					$\bar{X}_A$	
	B1	B2		B3		C1	C2	C3	C4			
A1	83,12	86,85		87,80	A1	85,96	85,33	86,02	86,40	85,92		
A2	85,10	91,13		91,27	A2	88,89	88,17	89,41	90,21	89,17		
A3	87,68	92,28		93,95	A3	90,69	91,04	91,94	91,54	91,30		
$\bar{X}_B$	85,30	90,08		91,01	$\bar{X}_C$	88,51	88,17	89,12	89,38	88,80		
Analiza varijance		A		B	C	AB		AC	BC	ABC		
LSD _{0,05}		0,53		0,66	0,64	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.		
LSD _{0,01}		0,70		0,88	0,86	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.		
F test		197,22**		162,67**	6,27**	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.		
	2014. godina											
A1	82,14	83,92	81,66	82,55	82,95	85,29	87,40	87,70	85,13	81,85	88,61	88,27
A2	82,72	85,93	86,77	87,20	87,78	88,50	88,23	90,56	91,30	91,15	92,17	92,10
A3	86,53	91,48	88,53	88,03	90,17	92,17	91,63	92,70	92,33	94,23	92,53	93,83
$\bar{X}_{BC}$	83,80	87,11	85,66	85,93	86,97	88,65	89,09	90,32	89,59	89,08	91,10	91,40
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3		C1	C2	C3	C4			
A1	82,57	85,84		85,97	A1	83,41	83,69	85,90	86,17	84,79		
A2	85,65	88,77		91,68	A2	87,27	88,53	89,06	89,95	88,70		
A3	88,65	91,67		93,23	A3	89,68	92,63	90,90	91,52	91,18		
$\bar{X}_B$	85,62	88,76		90,30	$\bar{X}_C$	86,78	88,28	88,62	89,21	88,22		
Analiza varijance		A		B	C	AB		AC	BC	ABC		
LSD _{0,05}		0,92		0,86	1,00	n.s.		1,90	1,90	n.s.		
LSD _{0,01}		1,20		1,13	1,35	n.s.		2,73	2,73	n.s.		
F test		96,10**		58,94**	9,11**	n.s.		2,32*	2,64*	n.s.		
	2015. godina											
A1	86,35	84,63	85,53	86,35	90,29	85,63	85,27	88,53	90,53	87,24	90,96	86,18
A2	92,43	84,83	91,25	89,17	91,10	91,82	89,10	86,67	92,24	87,46	88,55	92,70
A3	88,09	90,87	90,82	88,03	88,66	91,67	90,58	88,61	91,16	94,38	92,69	93,23
$\bar{X}_{BC}$	88,96	86,78	89,20	87,85	90,02	89,71	88,32	87,94	91,31	89,69	90,73	90,70
	Interakcija A x B						Interakcija A x C					$\bar{X}_A$
	B1	B2		B3		C1	C2	C3	C4			
A1	85,72	87,43		88,73	A1	89,06	85,84	87,26	87,02	87,29		
A2	89,42	89,68		90,24	A2	91,92	88,04	89,63	89,51	89,78		
A3	89,45	89,88		92,86	A3	89,30	92,31	91,36	89,96	90,73		
$\bar{X}_B$	88,20	89,00		90,61	$\bar{X}_C$	90,09	88,73	89,42	88,83	89,27		
Analiza varijance		A		B	C	AB		AC	BC	ABC		
LSD _{0,05}		0,45		0,35	0,52	0,66		0,98	0,98	2,40		
LSD _{0,01}		0,60		0,45	0,70	0,93		1,42	1,42	4,40		
F test		117,06**		97,78**	12,60**	4,82**		26,41**	8,18**	16,68**		
A1=kontrola, A2=60-100 % RKV, A3=80-100 % RKV; B1=0 kg N ha ⁻¹ , B2=100 kg N ha ⁻¹ , B3=200 kg N ha ⁻¹ ; C1=Lucija, C2=Vita, C3=Ika, C4=Tena; AB=navodnjavanje x gnojidba, BC=gnojidba x sorta, AC= navodnjavanje x sorta, ABC=navodnjavanje x gnojidba x sorta; *=P≤0,05; **=P≤0,01												

Sve moguće interakcije analiziranih čimbenika 2015. godini imale su vrlo značajne razlike u randmanu zrna. U interakciji navodnjavanja i gnojidbe dušikom randman je iznosio od 85,72 % u varijanti A1B1, 89,68 % u A2B2 i 92,86 % u varijanti A3B3. Randman je rastao s povećanjem navodnjavanja i gnojidbe dušikom.

U međusobnom djelovanju navodnjavanja i sorte najveći randman dobiven je u tretmanu bogatog navodnjavanja sa sortom Vita (92,31 %). Veći randman zabilježen je i u varijanti racionalnog navodnjavanja i sorte Lucija (91,92 %). U interakciji gnojidbe i sorte izdvojila se sorta Lucija s visokim randmanom (91,31 %) u tretmanu gnojidbe B3C1 dok je u varijanti bez gnojidbe randman iznosio svega 86,78 %.

U međusobnom djelovanju sva tri čimbenika zabilježeno je da je u tretmanu bogatog navodnjavanja i gnojidbe 200 kg N ha⁻¹ randman bio znatno veći u varijantama A3B3C2 (94,38 %) i A3B3C4 (93,23 %), dok je znatno niži u varijantama A1B1C2 (84,63 %), A2B1C2 (84,83 %) i A1B2C3 (85,27 %).

U trogodišnjem prosjeku randman zrna soje povećan je u određenim varijantama pokusa (Grafikon 17.). Veći randman zrna soje uočan je u 2013. godini na tretmanu bogatog navodnjavanja i gnojidbe dušikom kod sorte Ika i Tena, A3B3C3 (94,97 %) i A3B3C3 (93,90 %). što je značajno povećanje u odnosu na kontrolne varijante (A1B1) sorte Vita. Najniža vrijednost randmana doradenog zrna soje zabilježena je u 2014. u kontrolnoj varijanti kod sorte Ika (81,66 %).



Grafikon 17. Randman zrna soje

6.10. Korelacijska analiza fizikalnih i kemijskih svojstava zrna soje i prinosa

Određena je korelacija između fizikalnih (hektolitarska masa i masa 1000 zrna) i kemijskih svojstava (sadržaj bjelančevina i ulja) zrna soje te ostvarenog prinosa tijekom sve tri godine istraživanja, a korelacijski koeficijenti prikazani su u Tablici 24.

Tablica 24. Korelacijski koeficijenti između prinosa (P), mase 1000 zrna (AM), hektolitarske mase (Hm), sadržaja bjelančevina (B) i ulja (U) u zrnu soje u 2013. godini

	P	AM	Hm	B	U
P	1				
AM	-0,221	1			
Hm	0,392*	-0,492**	1		
B	0,101	0,626**	-0,021	1	
U	-0,565**	0,165	-0,526**	-0,560**	1

Najznačajnija korelacija između promatranih parametara u 2013. godini bila je pozitivna korelacija između mase 1000 zrna i sadržaja bjelančevina u zrnu soje ($r = 0,626^{**}$). Utvrđene su vrlo značajne, negativne korelacije između sadržaja ulja u zrnu soje s visinom prinosa ($r = -0,565^{**}$), s hektolitarskom masom ($r = -0,526^{**}$) i sa sadržajem bjelančevina u zrnu soje ($r = -0,560^{**}$). Hektolitarska masa je vrlo značajno negativno korelirala s masom 1000 zrna ($r = -0,492^{**}$), dok je korelacija s prinosom bila značajna, pozitivnog smjera ($r = 0,392^{*}$).

U 2014. godini (Tablica 25.) zabilježene su vrlo značajne pozitivne korelacije između mase 1000 zrna sa sadržajem bjelančevina ($r = 0,584^{**}$) i ulja ($r = 0,563^{**}$) te značajna negativna korelacija ($r = -0,384^{*}$) između hektolitarske mase i sadržaja ulja u zrnu soje.

Tablica 25. Korelacijski koeficijenti između prinosa (P), mase 1000 zrna (AM), hektolitarske mase (Hm), sadržaja bjelančevina (B) i ulja (U) u zrnu soje u 2014. godini

	P	AM	Hm	B	U
P	1				
AM	0,194	1			
Hm	-0,044	-0,174	1		
B	0,300	0,584**	0,021	1	
U	-0,043	0,563**	-0,348*	0,248	1

Najznačajnija negativna korelacija u 2015. godini (Tablica 26.) bila je između sadržaja bjelančevina i ulja u zrnu kukuruza ($r = -0,767^{**}$). Prinos zrna soje pozitivno je korelirao s masom 1000 zrna ($r = 0,335^*$), sadržajem bjelančevina ($r = 0,376^*$) i negativno sa sadržajem ulja ($r = -0,386^*$) u zrnu soje. Masa 1000 zrna i hektolitarska masa zrna soje bile su u vrlo značajnoj, pozitivnoj korelaciji ($r = 0,526^{**}$).

Tablica 26. Korelacijski koeficijenti između prinosa (P), mase 1000 zrna (AM), hektolitarske mase (Hm), sadržaja bjelančevina (B) i ulja (U) u zrnu soje u 2015. godini

	P	AM	Hm	B	U
P	1				
AM	0,335*	1			
Hm	0,037	0,526**	1		
B	0,376*	0,278	0,245	1	
U	-0,386*	0,142	0,105	-0,767**	1

7. RASPRAVA

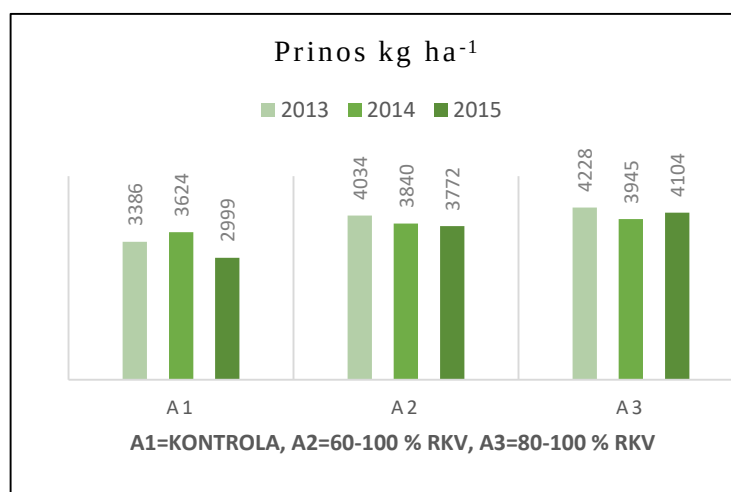
Postavljene varijante pokusa (navodnjavanje, gnojidba dušikom i kultivari soje) pokazale su se opravdanima, što su potvrdile i njihove razine značajnosti utvrđene statističkom analizom. Vremenske prilike uz analizirane čimbenike također su utjecale na prinos i kakvoću zrna soje. Stres izazvan nepovoljnim klimatskim čimbenicima, visokim temperaturama zraka, nedovoljnom količinom i neravnomjernim rasporedom oborina tijekom vegetacije imao je negativan utjecaj na rast, razvoj i kakvoću soje.

Tijekom istraživanja u sve tri godine bila su dva topla (2013. i 2014.) i jedno (2015.) ekstremno toplo ljetno razdoblje. Posebno se tijekom istraživanja isticao mjesec srpanj kada su temperature zraka bile značajno veće (2013. i 2015. godina) od prosjeka. Primjetno je da su sve tri godine pokusa toplije ili znatnije toplije od prosjeka (za 0,78 °C, 1,49 °C odnosno 1,34 °C).

Količina oborina u 2013. godini bila je za 30 mm veća u vegetaciji od višegodišnjeg prosjeka. Nešto pravilniji raspored oborina u vegetaciji i relativno manje razlike u temperaturi zraka od višegodišnjeg prosjeka, između ostalog rezultiralo je i dobrim prosječnim prinosom zrna od 3883 kg ha⁻¹. Tijekom 2014. godine palo je čak 126,8 mm kiše više od višegodišnjeg prosjeka na razini godine i 132,7 mm više oborina u vegetaciji (u travnju za 28,9 mm). Imajući u vidu da je godina bila nešto toplija od višegodišnjeg prosjeka, tijekom srpnja i kolovoza javljaju se manja razdoblja sušnosti, kada je biljka osjetljiva na nedostatak vode, što u konačnici nije imalo utjecaj na prosječni prinos koji je iznosio 3803 kg ha⁻¹. Manji prinos zrna soje u 2015. godini rezultat je nepovoljnijeg rasporeda oborina kako na početku vegetacije tako i u kasnijim fazama razvoja biljke, uz prisutnost dugog sušnog razdoblje u srpnju i kolovozu. Slične rezultate o klimatskim čimbenicima i njihovom utjecaju na prinos i kakvoću zrna dobili su i drugi autori u svojim istraživanjima (Plavšić i sur., 2007., Šimunić i sur., 2011., Josipović i sur., 2011., Kresović i sur., 2016.). Oni navode povezanost stresa, izazvanog sušom i visokim temperaturama te nepovoljnim rasporedom oborina tijekom vegetacije, i prinosa. Dobiveni rezultati se djelomično poklapaju s istraživanjem Lawn (1982.), Balešević-Tubić i sur. (2008.). Prema navodima brojnih autora, klimatski uvjeti mogu uzrokovati veća variranja prinosa po godinama, pri čemu temperaturni režim ima nešto manji utjecaj u odnosu na oborine i vlagu zraka koji utječu na kvalitet zrna (Kovačević i sur., 2010., Singh i sur., 2012., Irmak i Sharma 2015.).

U trogodišnjem istraživanju prosječan prinos zrna soje iznosio je 3770 kg ha⁻¹ s variranjem prinosa od 3883 kg ha⁻¹ (2013.), 3803 kg ha⁻¹ (2014.) i 3625 kg ha⁻¹ (2015.). U

sve tri godine istraživanja primjena navodnjavanja bila je opravdana, budući da su varijante racionalno navodnjavanje i bogato navodnjavanje imale statistički značajno do vrlo značajno veći prinos od kontrole. Evidentno je da je prinos u sve tri godine istraživanja bio najveći u varijanti bogatog navodnjavanja (A3). Uvriježeno je mišljenje u agronomskoj struci da je soja biljka koja jako dobro racionalizira s vodom i da je vrlo zahvalna i na racionalno navodnjavanje te da obilnije navodnjavanje ne rezultira povećanjem prinosa prema kontroli (Josipović i sur., 2010., 2011.). No, dobiveni rezultati (Grafikon 18.) ukazuju da je povećanje prinosa na bogatom navodnjavanju statistički značajno prema racionalnome navodnjavanju, što se vjerojatno može povezati sa određenim utjecajem klimatskih prilika u razdoblju istraživanja.



Grafikon 18. Prinos zrna soje (kg ha^{-1}) pri različitim tretmanima navodnjavanja

Najveći prinos ostvaren je 2013. godine (4228 kg ha^{-1}) u varijanti A3, za 25 % veći u odnosu na kontrolu. Kako je u ovoj godini sušno razdoblje trajalo od lipnja do kolovoza, varijanta s bogatim navodnjavanjem pokazala se opravdanom. U istraživanjima Sincik i sur. (2008.) prinos soje u navodnjavanim varijantama bio je za 11,7-45,0 % veći u odnosu na nenavodnjavane varijante s tim što su povećanja bila veća pri većim normama navodnjavanja (sukladno rezultatima dobivenih vlastitim istraživanjima). Prinos je također značajno rastao u A2 varijanti prema kontroli. Daljnjim povećanjem sadržaja vode u tlu na A3 varijanti u odnosu na nižu varijantu navodnjavanja prinos je i dalje rastao. Lipanj (23,5 mm) i srpanj (19,5 mm) 2013. godine s manje oborina bio je znatno sušniji od višegodišnjeg prosjeka. Navodnjavanjem je uspješno nadoknađen nedostatak vode u tlu, a ublažen je i stres uslijed visokih temperatura zraka. Dobiveni rezultati su u skladu s rezultatima istraživanja Arora i

sur. (2011.). U dvogodišnjem istraživanju De Costa i Shanmugathan (2002.) dobivaju najniži prinos obje godine na nenavodnjavanom tretmanu, dok na tretmanu s 10 i 13 navodnjavanja u vegetativnoj fazi, cvatnji i nalijevanju zrna, bilježe najveće prinose. Sweny i sur. (2003.) također navode da su prinosi s jednim navodnjavanjem u fazama R₄, R₅ ili R₆ slični i prosječno oko 20 % veći nego bez navodnjavanja. Maksimović i sur. (2004.) u dvogodišnjim istraživanjima utvrđuju prinos soje bez navodnjavanja od 3025 kg ha⁻¹, a uz navodnjavanje 60 %, 70 % i 80 % PVK prinos od 4436, 4709 i 4823 kg ha⁻¹.

U 2014. godini tijekom vegetacije izmjereno je 132,7 mm oborina više od prosjeka. Tako je razlika u prinosu kontrole i navodnjavane varijante pokusa A2 iznosila svega 216 kg ha⁻¹. Slične rezultate u svojim istraživanjima dobili su Pejić i sur. (2012.). Oni navode prosječno povećanje prinosa (2,465 t ha⁻¹) u uvjetima navodnjavanja za 0,82 t ha⁻¹ u sušnim godinama (2003.), do 0 t ha⁻¹ u kišnim godinama (1996., 1997., 1999.).

U 2015. godini uz temperaturne ekstreme (u vegetaciji za 74,7 mm, 19,12 % manje oborina od višegodišnjeg prosjeka, uz vrijednosti evapotranspiracije od 530,05 mm.) te razlike bile su najprimjetnije. U trećoj godini ovog istraživanja došlo je do vidljivih odstupanja i u količini oborina i u srednjim mjesečnim temperaturama zraka (Tablica 7.). U lipnju, srpnju i kolovozu srednje temperature zraka bile su više od višegodišnjeg prosjeka i više u odnosu na prethodne godine. Tijekom cijele vegetacije zabilježena su razdoblja s nedostatkom vode u tlu. Posebno je to bilo izraženo u lipnju i srpnju (u fazi formiranja mahuna i nalijevanja zrna). Evidentno je da je navodnjavanje povećalo prinos zrna u varijanti A3, a prema kontroli za 26,9 i 20,5 % u varijanti A2. U svojim istraživanjima Kresović i sur. (2016.) navode da je deficit vode tijekom vegetacijskog razdoblja u kontrolnoj varijanti smanjio fiziološku aktivnost biljaka, vegetativni rast i produktivnost. Prosječno relativno povećanje prinosa zrna uslijed navodnjavanja po tretmanima T₁, T₂ i T₃ u odnosu na kontrolu bilo je u prosjeku 22,3 odnosno 13 %. Najizraženiji učinak navodnjavanja, i statistički vrlo značajan, ostvaren je u sušnoj 2015. godini u varijanti A3 (Tablica 27.), a najmanji u vlažnoj 2014. godini u varijanti A2. Učinkovitost norme navodnjavanja (UNN) bila je najizraženija u 2015. godini u varijanti A2 i to 7,36 (kg ha mm⁻¹), a najmanja u 2014. godini u varijanti A2 i A3. Pejić i sur. (2012.) navode značaj utjecaja navodnjavanja na prinos soje, kao i produktivnost potrošnje vode obračunom koeficijenta produktivnosti vode utrošene evapotranspiracijom (ETwue) i vode utrošene navodnjavanjem (Iwue). Frederick i sur. (2001.) navode da je ukupan prinos zrna soje bio najveći u tretmanu navodnjavanja, što je potvrđeno vlastitim istraživanjima.

Tablica 27. Učinkovitost navodnjavanja (UN) i učinkovitost norme navodnjavanja (UNN)

	UN (%)			UNN (kg ha mm ⁻¹)		
	2013.	2014.	2015.	2013.	2014.	2015.
A2	103,80	105,96	125,77	6,17	1,54	7,36
A3	124,86	108,85	136,84	4,00	1,88	5,26

U istraživanjima autora Josipović i sur. (2010.) navodnjavanje je rezultiralo vrlo značajnom razlikom u prinosu zrna soje u varijanti A2 od 3,14 t ha⁻¹. Iako je tijekom vegetacije 2006. godine palo više oborina od prosjeka, zbog nepovoljnog rasporeda i visokih temperatura, prosječan prinos zrna soje bio je najmanji u četverogodišnjem istraživanju. U sljedećoj godini navodnjavanje je rezultiralo vrlo značajnom razlikom u prinosu zrna u varijanti A3 (3,85 t ha⁻¹). U 2008. godini navodnjavanje je rezultiralo značajnom razlikom u prinosu u varijanti A2. Navodnjavanje je također utjecalo vrlo značajno na veći prinos u varijanti A3 (3,97 t ha⁻¹) i u 2009. godini. Slične rezultate bilježe Kresović i sur. (2017.) u trogodišnjim pokusima na soji u Vojvodini u različitim tretmanima navodnjavanja. Autori nalaze da je u svim godinama kao i u prosjeku najveći prinos zrna postignut s navodnjavanjem od 65 do 100 % RKV. Pozitivne učinke navodnjavanja navode i Dogan i sur. (2007.) u dvogodišnjem istraživanju, gdje je vodni stres primjenjen u tri različite generativne faze (R₃, R₅ i R₆) rezultirao značajnim smanjenjem prinosa u usporedbi s potpunim navodnjavanjem. Maksimović i sur. (2004.) u svojim istraživanjima ukazuju na činjenicu da ako raspored navodnjavanja nije usklađen sa zahtjevima usjeva i svojstvima tla, učinak navodnjavanja na prinos soje može izostati ili biti neznatan. Barrett i Skogerboe (1978.) navode da je ukupna količina vode dostupna usjevu tijekom vegetacije vrijednija od vode dodane navodnjavanjem.

Gnojidba dušikom je vrlo značajno utjecala na prinos zrna soje na B2 i B3 tretmanima gnojidbe dušikom tijekom sve tri godine istraživanja. Različita reakcija soje na količinu dodanog dušika zavisila je od klimatskih čimbenika u godinama istraživanja. U klimatski povoljnijim godinama (2013. i 2014.) dušik je imao vrlo značajan utjecaj na prinos zrna soje te je utvrđen značajno viši prinos ostvaren na B2 i B3 tretmanima u odnosu na kontrolu. Razlike u visini prinosa između B2 i B3 tretmana nisu bile statistički značajne. Najveći prinos ostvaren je u 2013. godini u varijanti B3 (Grafikon 19.). Najizraženije povećanje prinosa u varijanti gnojidbe ostvareno je upravo u 2015. godini u varijanti B2 u odnosu na

kontrolu. (Tablica 28.). Dobiveni rezultati podudaraju se s većinom rezultata istraživanja u svijetu i u regiji. Khanbebin i sur. (2012.) zaključuju u svojim istraživanjima da su broj zrna po biljci, broj etaža, masa 1000 zrna i prinos neposredno pod utjecajem navodnjavanja. Utjecaj gnojidbe dušikom na navedena svojstva također je značajan. Prinos zrna primjenom 105 kg N ha⁻¹ iznosio je 4430 kg ha⁻¹, dok je u kontrolnoj varijanti iznosio 3368 kg ha⁻¹. Slične rezultate su u svojim istraživanjima dobili i Glamočlija i sur (2010.). Autori navode značajne razlike u sve tri varijante gnojidbe dušikom (50, 100, i 150 kg ha⁻¹) u prinosu zrna soje, koji je u trogodišnjem prosjeku iznosio 3683 kg ha⁻¹. Đukić i sur. (2009.) u svojim istraživanjima naglašavaju da primjena većih količina dušika na plodnim tlima i nepovoljan vodni režim tijekom vegetacije smanjuju prinos.

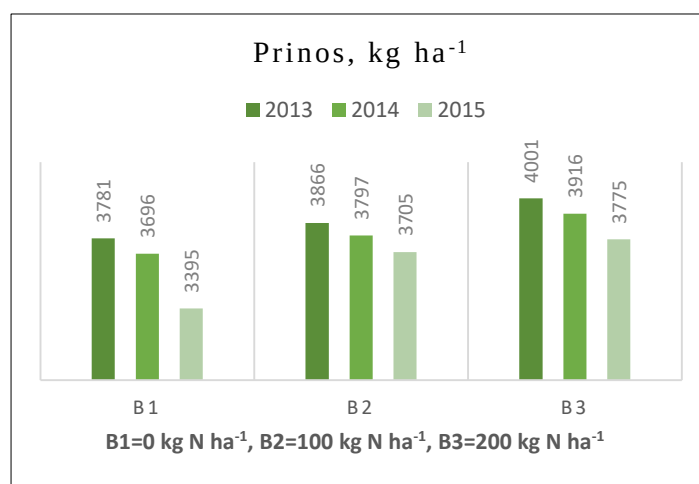
Tablica 28. Učinkovitost gnojidbe dušikom (UG)

	UG (kg)		
	2013.	2014.	2015.
B2	0,85	1,01	3,10
B3	1,10	1,10	1,90

Gnojidba dušikom u 2013. godini rezultirala je statistički značajnom razlikom u prinosu u varijanti B3 (200 kg N ha⁻¹) prema kontroli i prema varijanti B2. Prinos od 4001 kg ha⁻¹ bio je veći za 5,8 % prema varijanti B1 i 3,5 % prema varijanti B2 (100 kg N ha⁻¹). U ovoj godini učinkovitost gnojidbe bila je veća u varijanti B3, kao i u 2014. godini. Najučinkovitija gnojidba dušikom bila je u varijanti B2 u odnosu na kontrolnu varijantu u 2015. godini, klimatski sušnoj i s temperaturama iznad prosjeka u lipnju, srpnju i kolovozu. Tada je prinos zrna soje bio veći za 3,10 kg po kilogramu dodanog dušika (Tablica 28.). Slične rezultate u svojim istraživanjima dobio je Oz (2008.). Analiza varijance pokusa pokazala je značajan utjecaj dušika na visinu prinosa. Prinos zrna kretao se u rasponu od 1855 do 2574 kg ha⁻¹, a najmanji prinos bio je u tretmanu bez dodanog dušika. Najveći prinos imala je soja na tretmanu gnojidbe s 90 kg N ha⁻¹ (za 38,7 %) u odnosu na kontrolu. Sve količine dušika su povećale prinos zrna u usporedbi s kontrolom. Analiza provedenih pokusa La Menza i sur. (2017.) pokazuje statistički značajan učinak tretmana s primjenom različitih doza dušika na prinos, koji je pri najvećoj dozi dušika bio za 11 % veći. Suprotno vlastitim rezultatima, u dvogodišnjem pokusu s dvije razine primjene dušika Barker i Sawyer (2005.) zaključuju da nije bilo značajnijeg učinka na prinos zrna.

Prema brojnim istraživanjima (Wilcok 2001., Orf i sur., 2004.; Sudarić i sur., 2009.) zaključeno je kako je genetski utjecaj važan za komponente prinosa i kakvoću zrna. Genotip se u vlastitim istraživanjima pokazao također kao značajan čimbenik prinosa. Sorte su različito reagirale na agroekološke uvjete tijekom istraživanja (grafikon 20.).

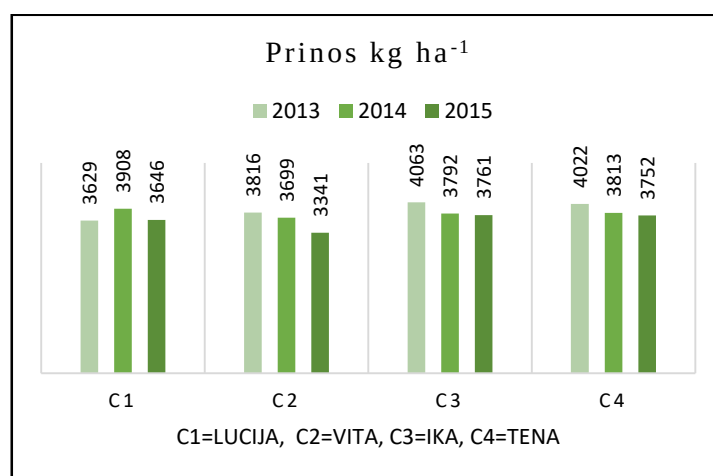
U 2013. godini značajan utjecaj sorte na prinos bio je izražen kod sorte Ika. Najveći prosječni prinos 4063 kg ha⁻¹ ostvaren je sa sortom Ika (C3) u odnosu na ostale. Primjenom 200 kg ha⁻¹ na sorti Ika (B3C3) ostvaren je prinos 4303 kg ha⁻¹.



Grafikon 19. Prinos zrna soje (kg ha⁻¹) pri različitoj gnojidbi dušikom

U 2014. godini najveći prinos ostvaren je sortom Lucija s prosječnim prinosom 3908 kg ha⁻¹, što je za 5,7 % više od prosječnog prinosa Vite, 3,1 % od Ike i 2,5 % od sorte Tena. Prinos se u interakciji AxC kretao od 3511 kg ha⁻¹ (A1C4) do 4091 kg ha⁻¹ (A3C4). Rezultati upućuju da je Ika vrlo stabilna sorta, osobito pri nedostatku vode. Prinos u interakciji AxBxC u 2014. također je pokazao vrlo značajne razlike. Najveći prosječan prinos ostvaren je sa sortom Ika od 4513 kg ha⁻¹ u A1B2C3 odnosno u kombinaciji postavljenih tretmana. U 2015. godini najveći prinos ostvaren je sortom Ika s prosječnim prinosom 3761 kg ha⁻¹, što je za 12,6, 3,2 i 0,2 % više od prosječnog prinosa Vite, Lucije i Tene. Interakcija navodnjavanja i sorte soje (AxC) kao i interakcija gnojidbe dušika i sorte (BxC) nije bila značajna. Interakcija sva tri čimbenika rezultirala je vrlo značajnom razlikom u prinosu. Rezultati su djelomično u skladu s rezultatima četverogodišnjeg istraživanja autora Josipović i sur. (2010.) o pozitivnom učinku navodnjavanja i gnojidbe sa sortom Anica (0.-I. grupa zriobe). Prosječan prinos zrna iznosio je od 2,84 do 4,13 t ha⁻¹. Najveći prosječan prinos zrna soje ostvaren je na tretmanu navodnjavanjem pri sadržaju vode u tlu od 60 % do 100 % PVK i to 4,02 t ha⁻¹.

U ovim istraživanjima sve četiri sorte soje imale su najmanji prinos u uvjetima bez navodnjavanja, a u sušnoj 2015. godini svaka viša razina navodnjavanja rezultirala je i značajno većim prinosom soje. Razlike u visini prinosa bile su vrlo značajne u sve tri godine istraživanja (Grafikon 20.) premda pojedini autori u rezultatima svojih istraživanja navode kako sorta kao čimbenik ne utječe značajno na visinu prinosa. Balešević-Tubić i sur. (2008.) na osnovu dvogodišnjeg pokusa s petnaest sorata soje na devet lokacija iznose zaključak da klimatski čimbenici imaju veći utjecaj na prinos i kakvoću zrna od genotipa, dok se u vlastitim istraživanjima provedenim tijekom tri godine, genotip ističe kao vrlo značajan čimbenik koji je izravno utjecao na prinos zrna i neke važnije komponente. Slično navedenom Garcia i sur. (2010.) utvrđuju genotipske razlike u učinkovitosti korištenja vode, što naglašava važnost selekcije kultivara za postizanje optimalnih prinosa uz reduciranu uporabu vode.



Grafikon 20. Prinos zrna soje (kg ha⁻¹) različitih genotipova

U svojim istraživanjima Chafi i sur. (2012.) navode kako su tretmani navodnjavanja i gnojidbe dušikom značajno utjecali na prinos zrna kultivara Chernika. Najveći prinos postignut je u interakciji navodnjavanja i gnojidbe (5228 kg ha⁻¹). Hatami i sur. (2009.) provode pokuse sa sortama (Hobbit, L.W.K. i Williams) i primjenom dušika (0, 50, 100 i 150 kg N ha⁻¹). Rezultati istraživanja pokazuju da sorta i gnojidba dušikom značajno utječu na prinos, slično u dijelu vlastitih istraživanja kada se govori o sorti i gnojidbi dušikom. U 11-godišnjim poljskim pokusima na području Vinkovaca Šimunić i sur. (2009.) navode kako je najveći prosječni prinos zrna (4,211 t ha⁻¹) ostvaren u 2004. g. s najvećom količinom

oborina (514 mm), što je u skladu s rezultatima dobivenim u ovom istraživanju. Slične rezultate su ostvarili i Kresović i sur. (2016.).

Prosječna masa 1000 zrna iznosila je 170,2 g u 2013. godini, 176,9 g u 2014. godini i 176,0 g u 2015. godini. Najveća masa izmjerena je u klimatski sušnoj 2015. godini u varijanti bogatog navodnjavanja i primjenom dušika od 100 kg ha⁻¹ sa sortom Lucija. Autori Sudarić i sur. (1996.) navode u dvogodišnjem istraživanju da se masa 1000 zrna kretala za sve ispitivane linije u rasponu od 138 g do 199 g. Razlike u masi zrna između linija unutar godine bile su visoko značajne, budući da se linije genetski međusobno razlikuju. Ova činjenica potvrđuje i rezultate u različitosti prinosa kod različitih genotipova, kao posljedica interakcija čimbenika i pod čimbenika u odnosu na ispitivane sorte. Navodnjavanje je u 2013. i 2014. godini imalo značajan utjecaj na masu 1000 zrna. Evidentno je da je povećavanjem sadržaja vode u tlu na razinu A3 u 2014. (godini s dosta oborina) smanjilo masu 1000 zrna za 0,4 % u odnosu na varijantu A2. U sušnoj 2015. godini primijenjena količina vode vrlo je značajno utjecala na masu 1000 zrna. Najveća prosječna masa 1000 zrna izmjerena je kod soje na navodnjavanom tretmanu i to 206,1 g., a najniža na nenavodnjavanom, 186,3 g. Genotip se u sve tri godine istraživanja razlikovao ($P \leq 0,01$) u masi 1000 zrna. Sorta Ika imala je najveću masu 1000 zrna u sve tri godine, a iznosila je od 192,6 g (2013.), 207,6 g (2015.) i 217,7 g (2014.) godine. Sorta Tena izdvajala se nižom prosječnom masom zrna od 156,8 g u sve tri godine. Gnojidba dušikom imala je vrlo značajan učinak na masu 1000 zrna u 2013. i 2015. godini, dok u 2014. godini utjecaj gnojidbe nije bio statistički značajan. Slično navedenom Kolarić (2016.) u svojim istraživanjima ističe da ovo svojstvo kakvoće zrna zavisi od sorte, ali i od vanjskih čimbenika. Autor na osnovu rezultata navodi da je količina dušika od 60 kg ha⁻¹ značajno utjecala na masu 1000 zrna, dok se povećanjem gnojidbe (90 kg N ha⁻¹) masa 1000 zrna smanjila. U vlastitim istraživanjima ovo smanjenje razvidno je samo u B3 varijanti. Suprotno navedenom, Jaramaz (2010.) zaključuje da u gnojidbi soje različitim količinama dušika nema pravilnosti utjecaja na kakvoću zrna. U klimatski nepovoljnijim godinama količine dušika iznad 100 kg ha⁻¹ neznatno su smanjile masu 1000 zrna, a u povoljnijim godinama ona se nije značajnije mijenjala. Pedersen i Lauer (2004.) navode da navodnjavanje nije utjecalo na masu zrna soje u agroekološkim uvjetima Arlingtona, što je u suprotnosti s rezultatima ovog istraživanja, vjerovatno zbog neravnomjerne raspodjele oborina tijekom provedenih istraživanja. Kolarić (2016.) u svojim istraživanjima navodi da je količina primijenjenog dušika utjecala na istraživano svojstvo, a navedena tvrdnja djelomično se

poklapa s iznesenim rezultatima. Isti autor navodi kako je najveća masa 1000 zrna u prosjeku za ispitivane tipove tla i sorte utvrđena u varijanti sa 60 kg N ha⁻¹ (171,8 g), a najmanja na varijanti bez gnojidbe (158,3 g).

Hektolitarska masa zrna bila je u prosjeku za 2,3 % manja u 2015. (70,18 kg hl⁻¹) godini u odnosu na 2013. (71,82 kg hl⁻¹), a u 2014 je iznosila je 70,63 kg hl⁻¹. Navodnjavanje niti u jednoj godini istraživanja nije statistički značajno utjecalo na hektolitarsku masu. Za razliku od dobivenih rezultata, Kresović (2016.) u svojim istraživanjima u uvjetima prirodnog vodnog režima bilježi značajno manju hektolitarsku masu u odnosu na navodnjavani režim. Utjecaj gnojidbe dušikom na hektolitarsku masu bio je razvidan samo u 2013. godini istraživanja. Najveću nalivenost zrna imala je soja na gnojidbi sa 100 kg N ha⁻¹ iako se ta vrijednost nije statistički razlikovala od vrijednosti za hektolitarsku masu na tretmanu s 200 kg N ha⁻¹. Hektolitarska masa zrna soje na kontroli bila je značajno manja u odnosu na ostale gnojdbene tretmane.

Povećanje sadržaja vode u tlu 2013. i 2014. godini nije imalo utjecaja na sadržaj bjelančevina. Suprotno tome, u 2015. godini u kojoj su se pojavila razdoblja izrazite sušnosti tijekom vegetacije s primjenom navodnjavanja, bilo je evidentno povećanje sadržaja bjelančevina u zrnu. U varijanti bogatog navodnjavanja sadržaj bjelančevina bio je 38,67 %, a u kontrolnoj varijanti 35,20 %. Dobiveni rezultati u 2015. godini su u skladu s rezultatima što u svojim istraživanjima dobivaju Kresović i sur. (2017.). U prirodnim uvjetima utvrđen je prosječno 2 % niži sadržaj bjelančevina u zrnu soje od sadržaja u punom navodnjavanju. Autori Kirnak i sur. (2010.) dobivaju na navodnjavanom tretmanu najveću vrijednost bjelančevina (39,60 % u 2003. i 39,00 % u 2004.), dok je tretman bez navodnjavanja rezultirao nižim sadržajem bjelančevina u zrnu soje. Nešto drugačije rezultate dobili su u svojim dvogodišnjim istraživanjima Candoğan i sur. (2016.). Sadržaj bjelančevina varirao je od 31,3 do 35 % u 2005. i od 30,7 do 33,2 % u 2006. godini, a najmanji je u zrnu dobivenom u navodnjavanom tretmanu T₁₀₀, te se vrlo značajno povećavao povećanjem količine dušičnih gnojiva samo u 2013. godini. U druge dvije godine sadržaj bjelančevina nije bio pod neposrednim utjecajem gnojidbe. Slično u svojim istraživanjima Schmitt i sur. (2001.) ističu statistički značajne razlike između varijanti u pogledu sadržaja bjelančevina u zrnu. Morshed (2008.) i Sohrabi i sur. (2012.) navode da sadržaj bjelančevina varira i značajno se povećava pri gnojidbi samo u nekim varijantama. Suprotno, u istraživanjima autora Wesely i sur. (1999.), Taylor i sur. (2005.), Dorivar i sur. (2009.), Valinejad i sur. (2013.) rezultati su pokazali da dušik nije imao utjecaja na sadržaj bjelančevina u zrnu soje. Genotip je imao

značajan učinak na sadržaj bjelančevina u 2013. i 2014. godini kada su se pojedine sorte razlikovale dok u 2015. godini nije bio opravdan u pogledu istraživnog svojstva. U interakciji racionalnog navodnjavanja i 100 kg ha⁻¹ dodanog dušika sorta Lucija u ovom istraživanju imala je sadržaj bjelančevina od 40,25 % (2014.). Najmanji sadržaj bjelančevina izmjeren je u 2015. godini, a iznosio je svega 35,2 % u kontrolnoj varijanti. Dobiveni rezultati dijelom se slažu s rezultatima Josipović i sur. (2013.). Autori nakon provedene analize zaključuju da sorta nema statistički značajan utjecaj na sadržaj bjelančevina u tri godine, što je nešto drugačije u odnosu na tvrdnje iznesene u ovom radu. Popović i sur. (2016.) bilježe prosječni sadržaj bjelančevina od 37,60 %, uz statistički značajan učinak genotipa. Nakon trogodišnjih istraživanja Dozet i sur. (2016.) zaključuju da se sadržaj bjelančevina u znu soje vrlo značajno povećava s povećanjem količina primijenjenog dušika.

Prosječan sadržaj ulja u znu soje u ovom istraživanju iznosio je 22,64 %, s variranjem između godina. Količina dodane vode različito je rezultirala među varijantama pokusa ($P \leq 0,05^*$) na sadržaj ulja samo u 2013. godini. Tada je i primjena dušičnih gnojiva također značajno utjecala na sadržaj ulja u znu ($P \leq 0,01^{**}$). Evidentno je da je sadržaj ulja, premda neznatno, bio veći u kontrolnoj varijanti nego varijantama s tretmanima gnojidbe. U preostale dvije godine gnojidba dušikom nije bila opravdana u pogledu sadržaja ulja u znu. Slične tvrdnje iznose Barker i Sawyer (2005.). Autori u istraživanjima s dvije varijante dušične gnojidbe od 45 i 90 kg ha⁻¹ i kontrole navode kako su sadržaji bjelančevina i ulja u znu soje s ili bez primjene dušičnih gnojiva bili gotovo isti. Sorte soje ranijih grupa dozrijevanja pozitivno reagiraju u godinama s većom količinom oborina povećanim sadržajem ulja, za razliku od sorti kasnijih grupa dozrijevanja, zaključuju nakon provedenih pokusa Jukić i sur. (2006.). Razlike u sadržaju ulja i bjelančevina nastale su pod utjecajem različite genetske konstitucije ispitivanih sorata, te različitih uvjeta uzgoja (količine oborina) u dvije ispitivane godine. Rezultati o kojima su izvijestili Popović i sur. (2012.) pokazuju da su sorte soje 0. grupe zriobe imale u prosjeku veću stabilnost prinosa i sadržaja bjelančevina od prosjeka I. grupe.

Rezultati vlastitog istraživanja ukazuju da se sadržaj ulja značajno razlikovao po sortama soje u 2013. i 2015. godini. Od međusobnog djelovanja analiziranih čimbenika značajne razlike pokazala je interakcija gnojidbe i sorte. Vrijednost sadržaja ulja u 2013. godini kretala se u rasponu od 22,97 % u varijanti pune gnojidbe dušikom i 23,74 % sortom Tena. Najveći sadržaj ulja u godini sa sušnim razdobljima i nepravilnim rasporedom oborina

imala je sorta Lucija, dok je u vlažnoj 2014. godini s većom količinom oborina najveći sadržaj ulja imala Vita. Povećanje sadržaja ulja uvjetovalo je smanjenje sadržaja bjelančevina u zrnju. Chung i sur. (2003.) nakon provedenih analiza zaključuju da je to gotovo redoviti slučaj, a često je to i s prinosom, koji u pravilu opada. Maleki i sur. (2013.) nakon provedenih istraživanja na različitim sortama soje pod stresnim i drugim uvjetima navode važnost selekcije za sadržaj bjelančevina i ulja u zrnju. Malik i sur. (2006.) istraživali su genetsku varijabilnost glavnih svojstava povezanih s prinosom kod soje. Njihovi rezultati otkrivaju da postoje visoko značajne razlike među genotipovima za sva svojstva. Visoka nasljednost zabilježena je kod mase 1000 zrna, sadržaja ulja i bjelančevina, broja razvijenih mahuna po biljci i prinosa zrna.

Energija klijanja bila je nešto veća u varijanti bogatog navodnjavanja (93,97 %) u odnosu na kontrolu (90,58 %). U 2014. godini jedino je genotip bio značajan. Sorta Lucija pokazala je najveću brzinu i ujednačenost kojom zrno klija (92,19 %). Primjena 100 kg ha⁻¹ rezultirala je većom energijom klijanja za 3,8 % od kontrole 2015. godine. Genotip se u ovoj godini pokazao se kao vrlo značajan čimbenik u pogledu ovog svojstva, kao i interakcija navodnjavanja i gnojidbe ($P \leq 0,01^{**}$). Međusobno djelovanje primijenjene količine vode i dušičnih gnojiva utjecalo je također značajno na energiju klijanja.

Klijavost sjemena soje u 2013. godini u prosjeku je iznosila oko 97 %, kada je samo interakcija tri čimbenika bila značajna. U varijanti primijenjene količine vode od 80 % do 100 % RKV i 0 kg N ha⁻¹ te sorti Lucija, klijavost je bila visokih 99,7 %. U 2014. i 2015. godini dobiven je vrlo značajan utjecaj sorte na klijavost zrna. Klijavost je u 2015. godini u više varijanti (A3B1C4, A2B2C4, A3B2C4) bila čak 100 %. Slične rezultate o klijavosti, te utjecaju agroekoloških uvjeta tijekom formiranja i dozrijevanja zrna, uvjeta dorade i skladištenja na kvalitetu zrna, navode u svojim istraživanjima brojni autori (Guberac i sur., 2000.; Viera i sur., 2001.; Grljušić i sur., 2007.). Standardnom laboratorijskom metodom nešto nižu energiju klijanja u rasponu od 40 do 75 % te klijavost u rasponu od 42 do 93 % bilježe Usha i Malavika (2015.). Zrno soje izloženo visokim temperaturama zraka i suši tijekom nalijevanja pokazuje smanjenje klijavosti, navode Dornbos i Mullen (1991.). Langeroodi i Noora (2017.) nakon istraživanja s dvije sorte soje i različitim režimima vlage te laboratorijskih analiza klijavosti navode za sortu C1 u normalnim uvjetima vlage klijavost 96 %, a u uvjetima sušnog stresa 80 %. Sorta C2 daje jednaku klijavost u normalnim uvjetima, a u uvjetima suše svega 70,3 %.

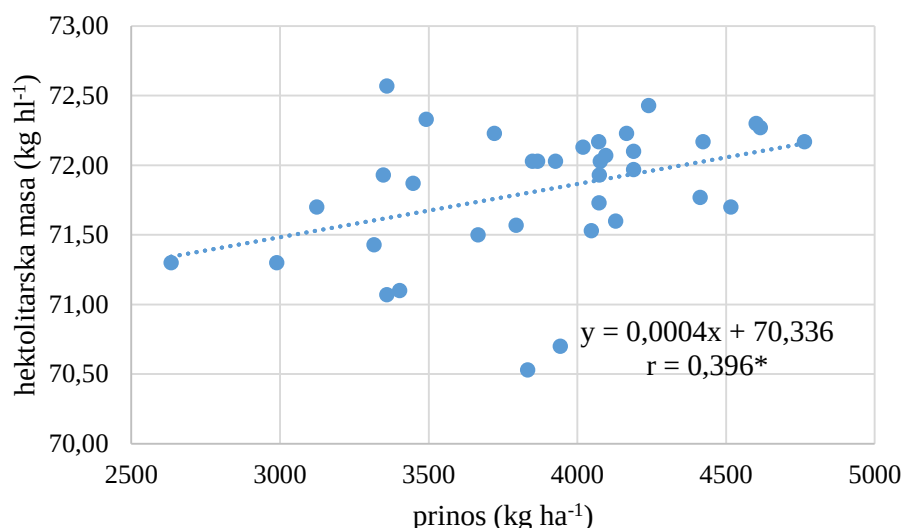
U sve tri godine ovog istraživanja genotip je visokoznačajano reagirao na sadržaj vode u zrnu. Najmanji prosječni sadržaj vode u vrijeme žetve izmjeren je u 2015. godini, a iznosio je 12 %. Najmanji sadržaj vode imala je sorta Lucija 11,4 % u 2015. godini, dok je u varijanti A2B3C1 u 2014. izmjereni sadržaj vode od 14 %. Ostale vrijednosti sadržaja vode u svim godinama istraživanja kretale su se u rasponu od 12-14 %. Rezultati su u skladu s ranije objavljenim istraživanjima autora Čomor i Pece (2000.) te Kibar i Öztürk (2008.). Početni sadržaj vlage zrna ima značajan utjecaj na klijavost kod soje, zaključuju u svojim istraživanjima autori Ali i sur. (2014.). Suprotno vlastitim rezultatima, u pokusima Lončarević i sur. (2010.) nakon testiranja uzoraka dvije sorte soje (Balkan i Sava), koje su pokazale znatne razlike u fizikalnim svojstvima ovisno o sadržaju vlage u zrnu. Vлага zrna iznosila je u rasponu od niskih 8,5 % sve do visokih 20,7 %.

Količina vode vrlo je značajno ($P \leq 0,01$) utjecala na randman zrna u sve tri godine istraživanja. U 2013. godini u varijanti bogatog navodnjavanja randman je u odnosu na kontrolnu varijantu povećan za 6,3 %. Povećanje randmana evidentno je u 2015. godini u varijanti bogatog navodnjavanja (90,73 %) u odnosu na kontrolnu varijantu (87,29 %).

Zrno soje koje se razvija u optimalnim uvjetima ima veću kakvoću kao sjemenski materijal za duže razdoblje čuvanja (Prijić i Glamočlija, 1999.). Radman je rastao primjenom dušika u obje varijante. U drugoj godini ovih istraživanja u varijanti s 200 kg N ha^{-1} randman je iznosio 90,3 %, dok je u kontrolnoj varijanti bio za 5 % manji. Utjecaj genotipa također je bio značajan, premda su razlike u postotku između sorti bile neznatne. Nizak postotak radmana utvrđen je u 2014. godini (klimatski vlažnoj) kod sorte Lucija (86,78 %). Rezultati analiza pokazuju da se randman povećavao s povećanjem količine dodane vode i primijenjenom količinom s obje razine gnojidbe. Tako je udio primjesa u nekim interakcijama iznosio svega 5,62 % (A3B3C2) i 6,77 % (A3B3C4). Vlastitim istraživanjima potvrdila se i vrijednost dorade zrna soje, slično Moreanu i sur. (2013.). Udio zrna neprikladnog za sjetvu odvojen je u pojedinom procesu dorade na selektoru (sita i vjetar) te na gravitacijskom stolu (odvajanje lošijih zrna pomoću vibracije i vjetra i na temelju mase zrna). U ispitivanjima Schaffer i Vanderlip 1999., te Parde i sur. 2002. navode da se smanjenjem količine šturog zrna uklonjenog tijekom kondicioniranja poboljšava klijavost i kakvoća zrna, što se pokazalo i nakon dorade zrna obavljenoj pri ovim istraživanjima.

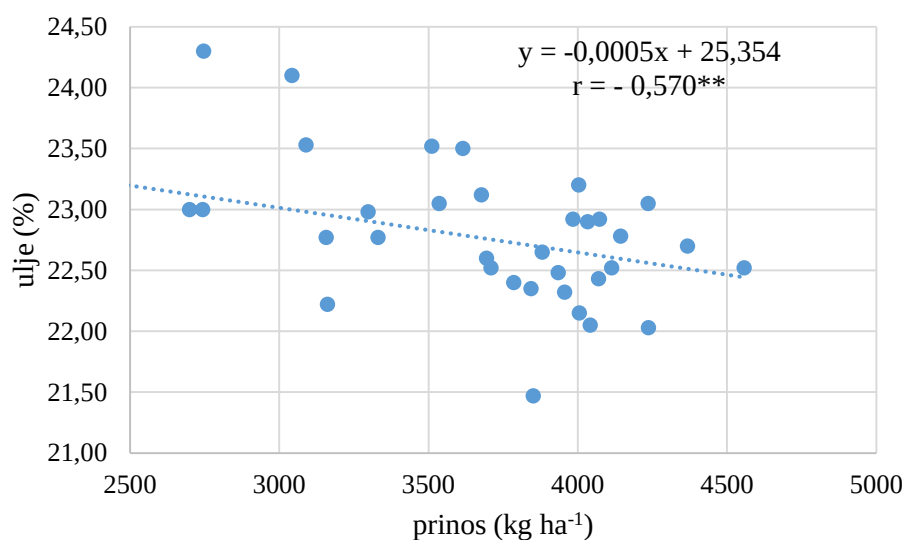
Tijekom istraživanja utvrđene su brojne korelacije između prinosa, mase 1000 zrna, hektolitarske mase, sadržaja bjelančevina i ulja u zrnu soje. Prinos zrna soje bio je u slaboj korelaciji pozitivnog smjera s hektolitarskom masom u 2013. godini istraživanja (Grafikon

21.) i u jakoj korelaciji negativnog smjera sa sadržajem ulja u zrnu soje (Grafikon 22.). Dobivene korelacije između prinosa i hektolitarske mase su u skladu s rezultatima Salimi i sur. (2013).



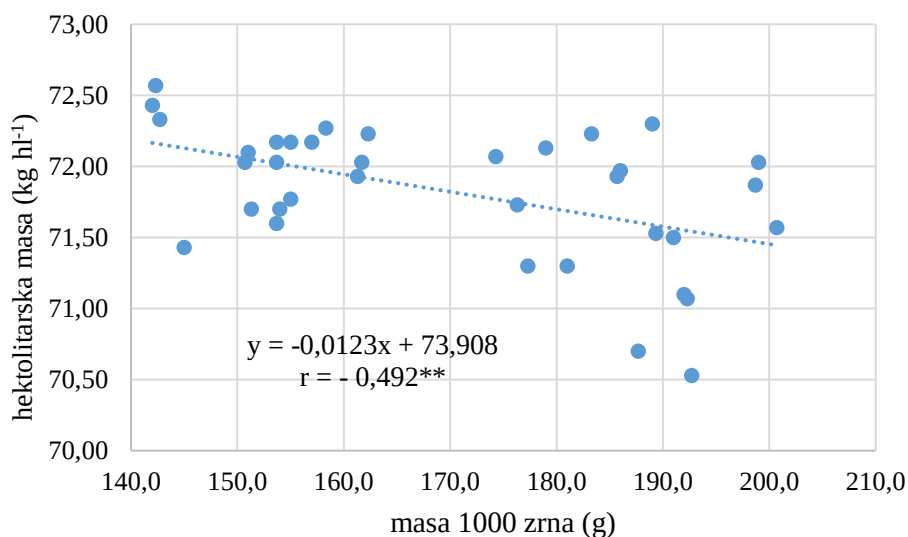
Grafikon 21. Korelacija prinosa i hektolitarske mase u 2013. godini istraživanja

Negativnu korelaciju između prinosa i sadržaja ulja u zrnu soje u svojim istraživanjima potvrđuju Chung i sur. (2003.), dok Popović i sur. (2012.) u svojim istraživanjima navode korelaciju suprotnog smjera, što navodi na zaključak da je sadržaj ulja sortno svojstvo.

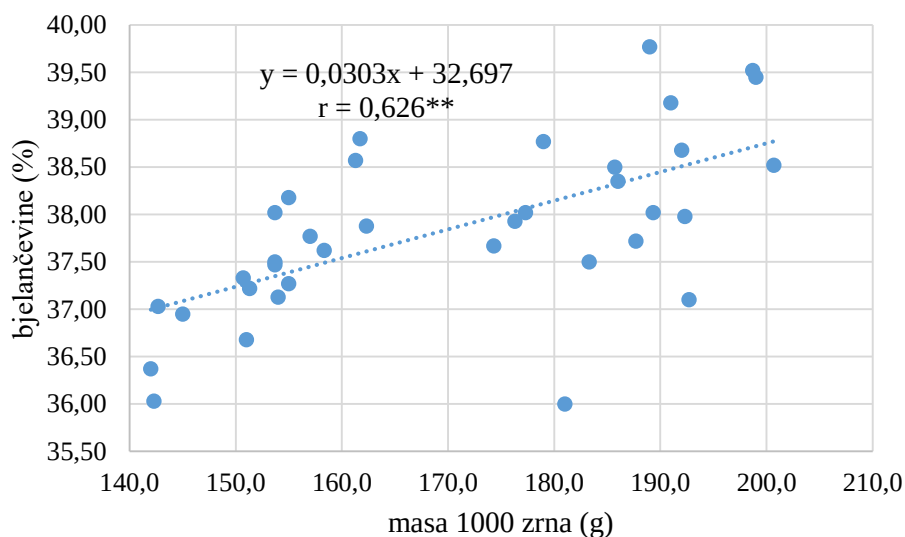


Grafikon 22. Korelacija prinosa zrna i sadržaja ulja u zrnu soje u 2013. godini

U 2013. godini istraživanja utvrđena je jaka korelacija negativnog smjera ($r = -0,492^{**}$) između mase 1000 zrna i hektolitarske mase soje (Grafikon 23.), što implicira da su manja zrna bila bolje nalivenosti odnosno veće gustoće. U istoj godini utvrđena je pozitivna značajna korelacija između mase 1000 zrna i sadržaja bjelančevina u zrnju (Grafikon 24.).



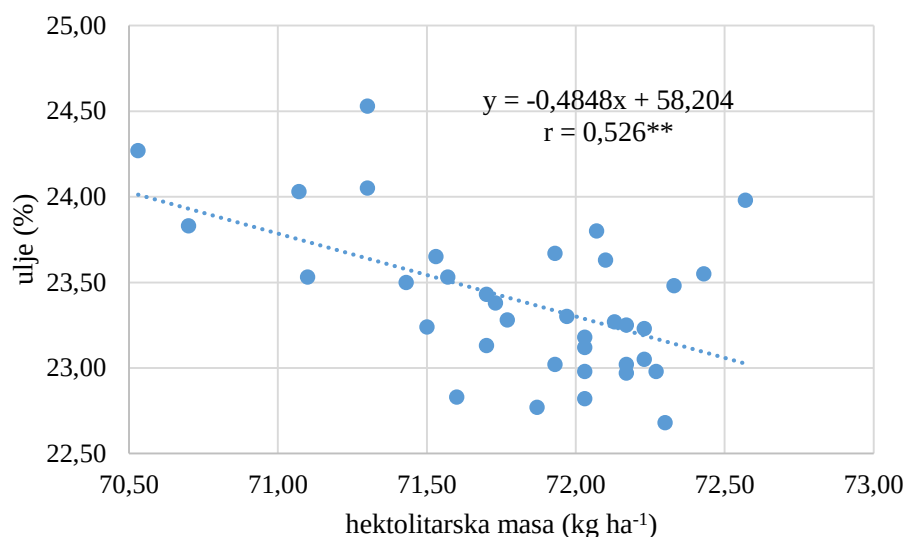
Grafikon 23. Korelacija mase 1000 zrna i hektolitarske mase soje u 2013. godini



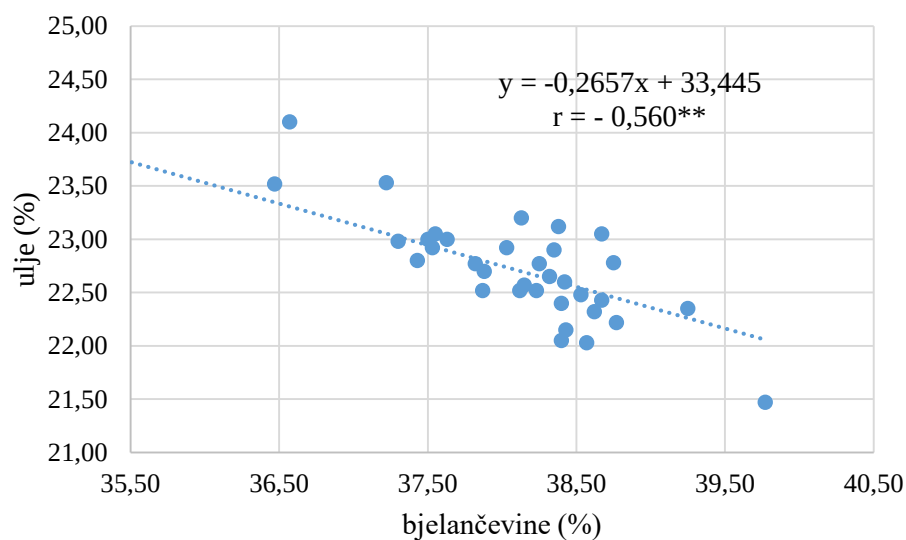
Grafikon 24. Korelacija mase 1000 zrna i sadržaja bjelančevina u zrnju soje u 2013. godini

Sadržaj ulja u zrnju soje u 2013. godini bio je u jakoj korelaciji negativnog smjera s hektolitarskom masom (Grafikon 25.) i sa sadržajem bjelančevina (Grafikon 26.) u zrnju soje.

Dobiveni rezultati su u skladu s istraživanjima Jukić i sur. (2006.), Đukić i sur. (2007.), Popović i sur. (2012.), Dozet i sur. (2013.)

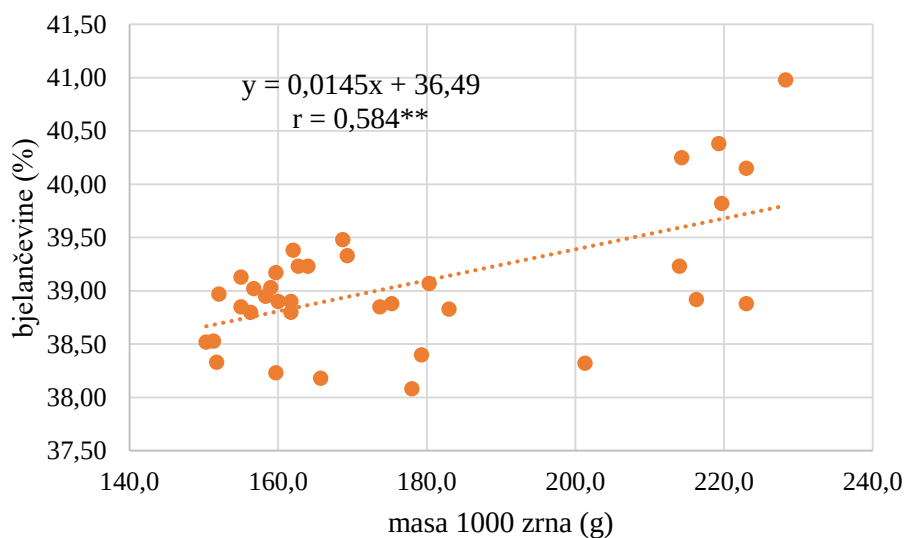


Grafikon 25. Korelacija hektolitarske mase (kg hl⁻¹) i ulja (%) u zrnu soje u 2013. godini

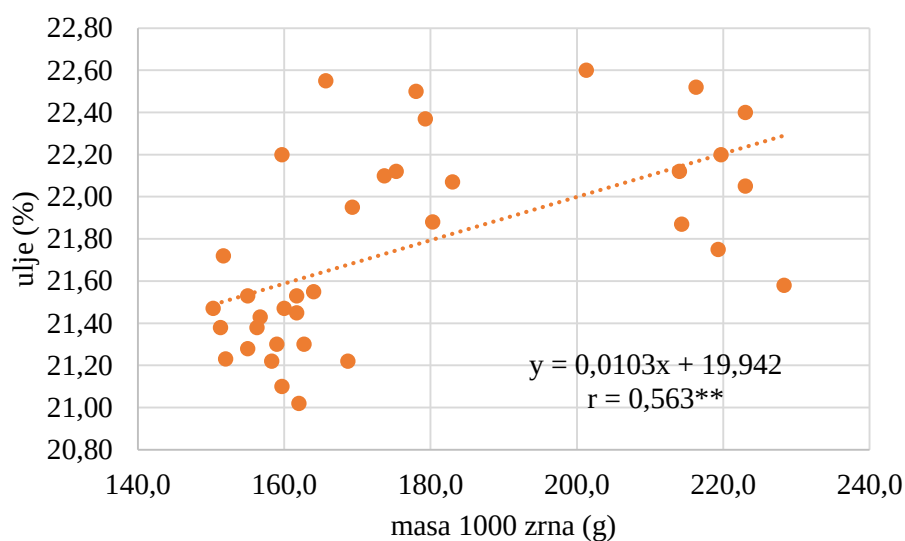


Grafikon 26. Korelacija sadržaja bjelančevina i ulja u zrnu soje u 2013. godini

U 2014. godini zabilježene su jake korelacije pozitivnog smjera između mase 1000 zrna i sadržaja bjelančevina (Grafikon 27.) i ulja u zrnu soje (Grafikon 28.), što je u suprotnosti s rezultatima Popović i sur. (2012.).

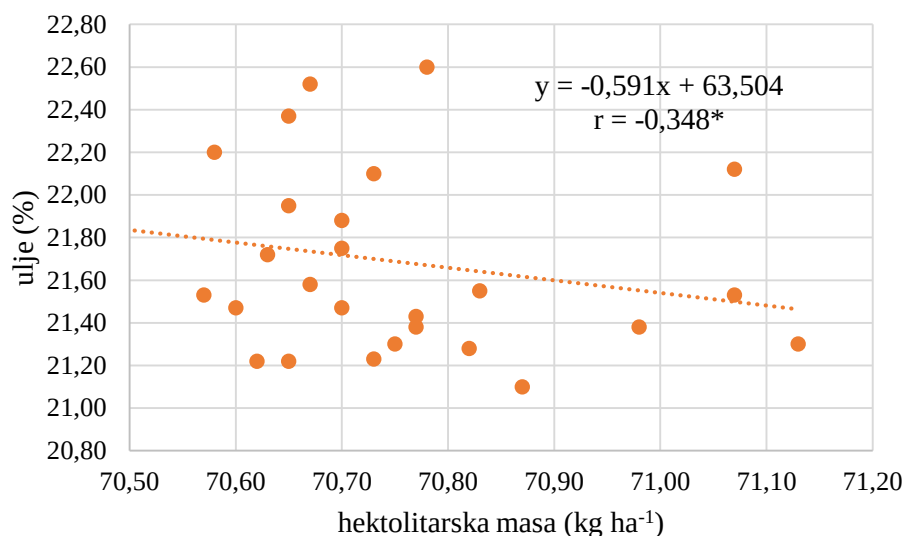


Grafikon 27. Korelacija mase 1000 zrna i sadržaja bjelančevina u zrnju soje u 2014. godini



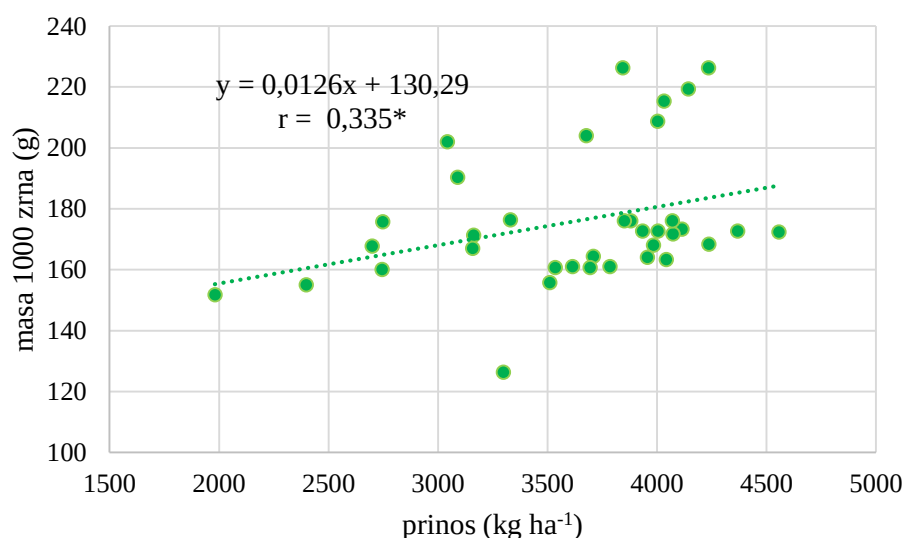
Grafikon 28. Korelacija mase 1000 zrna i sadržaja ulja u zrnju soje u 2014. godini

Slaba korelacija negativnog smjera utvrđena je između hektolitarske mase i sadržaja ulja u zrnju soje tijekom 2014. godine (Grafikon 29.), što indicira kako manja hektolitarska masa može rezultirati boljom kakvoćom zrna (u ovom slučaju sadržajem ulja).

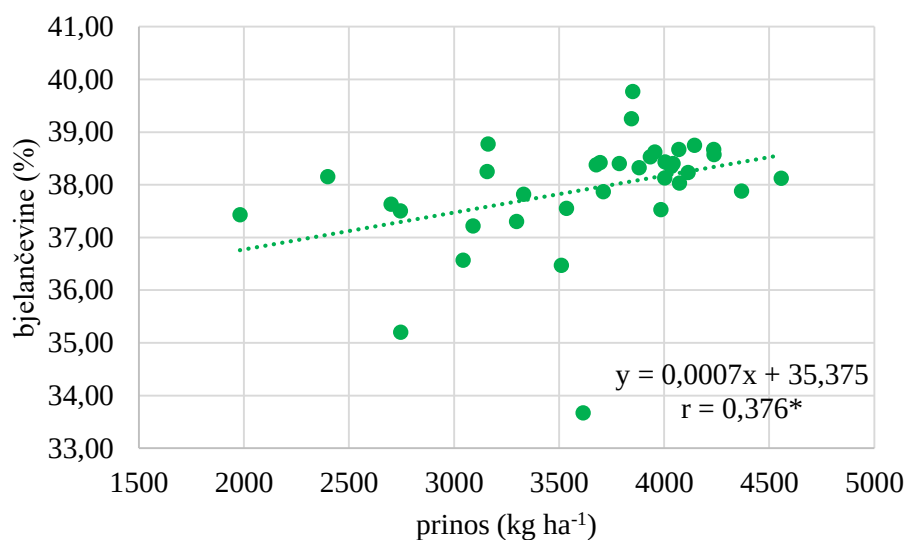


Grafikon 29. Korelacija hektolitarske mase i sadržaja ulja u zrnu soje u 2014. godini

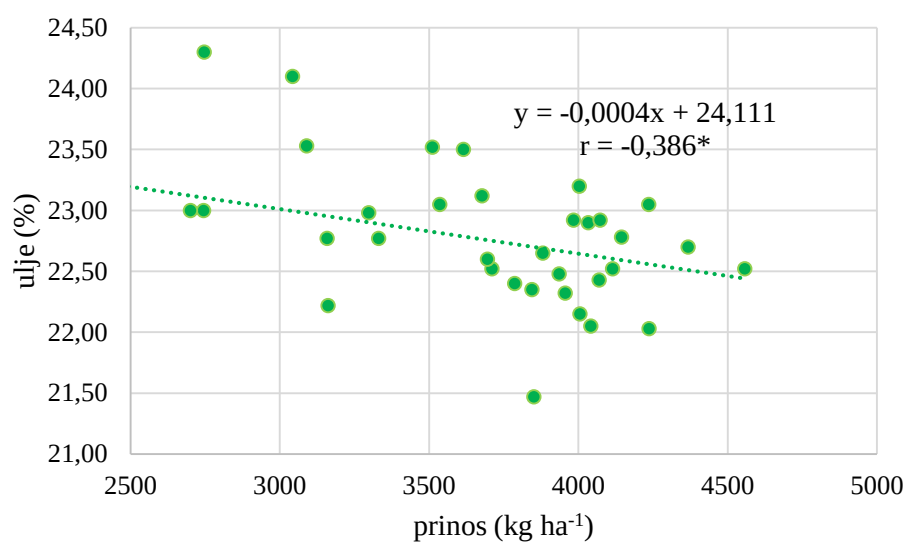
Tijekom 2015. godine prinos zrna soje je slabo korelirao s masom 1000 zrna ($r = 0,335^*$) i sadržajem bjelancevina ($r = 0,376^*$) u zrnu soje (Grafikoni 30. i 31.). Utvrđena slaba korelacija pozitivnog smjera prinosa i mase 1000 zrna je u skladu s istraživanjima Booromandan i sur. (2009.), iako je u njihovim istraživanjima utvrđena korelacija bila srednje jačine. Slične rezultate navode Khanbebin i sur. (2012.) i Varnica i sur. (2018.). Korelacija između prinosa soje i sadržaja ulja u zrnu bila je slabe jačine i negativnog smjera uz koeficijen korelacije $r = -0,386^*$ (Grafikon 32.)



Grafikon 30. Korelacija prinosa i mase 1000 zrna soje u 2015. godini

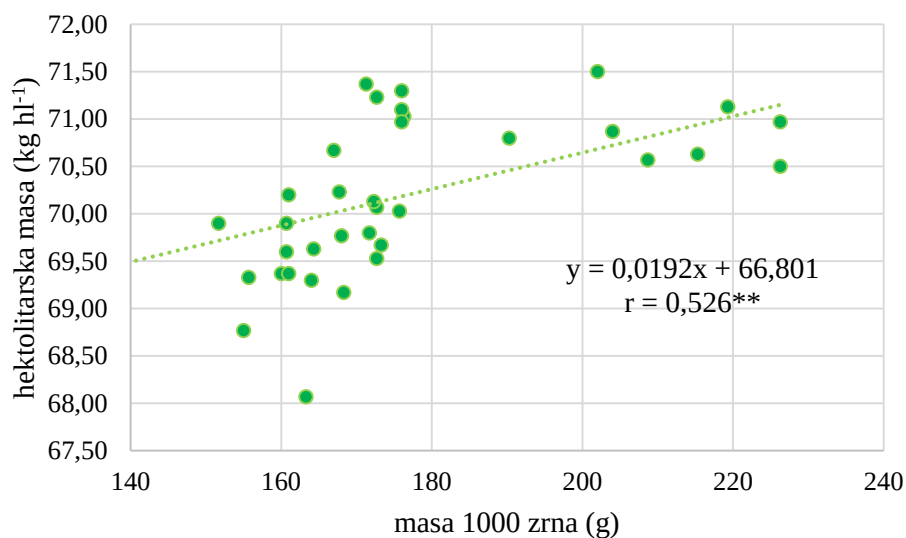


Grafikon 31. Korelacija prinosa i sadržaja bjelancevina u zrnu soje u 2015. godini



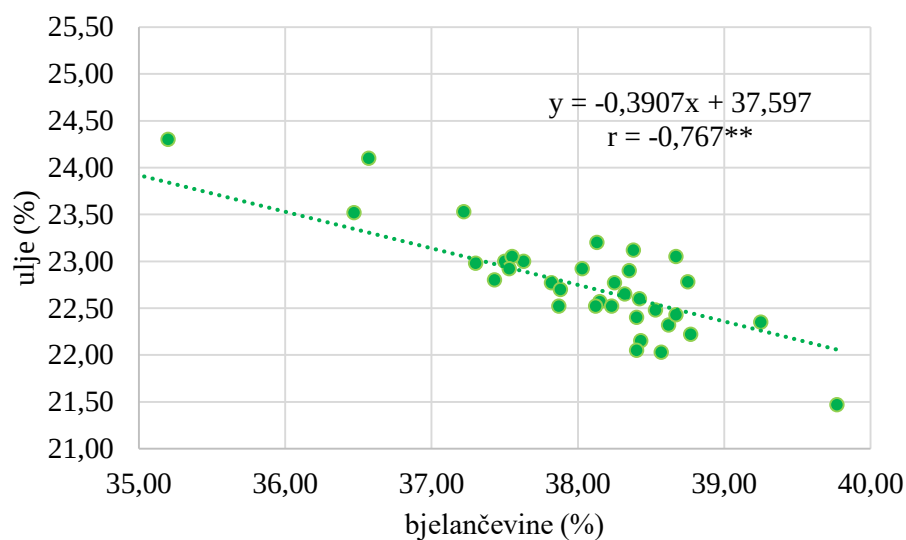
Grafikon 32. Korelacija prinosa i sadržaja ulja u zrnu soje u 2015. godini

U 2015. godini utvrđena je jaka korelacija pozitivnog smjera između mase 1000 zrna i hektolitarske mase (Grafikon 33.) zrna soje, što upućuje na zaključak kako je teže sjeme soje u 2015. godini imalo ujedno i veću gustoću zrna odnosno nalivenost zrna je bila bolja.



Grafikon 33. Korelacija mase 1000 zrna i hektolitarske mase zrna soje u 2015. godini

Najjača korelacija negativnog smjera utvrđena je u 2015. godini između sadržaja bjelančevina i ulja u sjemenu soje (Grafikon 34.) što je u skladu s istraživanjima Chung i sur. (2003.) i Popović i sur. (2012.).



Grafikon 34. Korelacija sadržaja ulja i bjelančevina u zrnu soje u 2015. godini

8. ZAKLJUČCI

Na temelju analize rezultata trogodišnjih istraživanja (2013. – 2015.) koja su provedena na površinama Poljoprivrednog Instituta Osijek o utjecaju navodnjavanja, gnojidbe dušikom i genotipa na prinos i kakvoću zrna može se zaključiti slijedeće:

- Navodnjavanje soje je značajno utjecalo na prinos zrna koji je u sve tri godine istraživanja bio najveći na tretmanu bogatog navodnjavanja. Na visok prinos, osim navodnjavanja (pojava dva sušna razdoblja), utjecao je nešto pravilniji raspored oborina i nešto manje razlike u temperaturi zraka. Najveći učinak navodnjavanja na prinos zabilježen je u 2015. godini, kada su bila duža sušna razdoblja u lipnju, srpnju i prvoj dekadi kolovoza (cvatnja i nalijevanje zrna), odnosno kada je soja najosjetljivija na nedostatak vode. Na tretmanu bogatog navodnjavanja prinos je bio veći za 9 % u odnosu na tretman racionalnog navodnjavanja, odnosno za 37 % u odnosu na kontrolni tretman. Utjecaj navodnjavanja na istraživana fizikalna svojstva zrna, sadržaj vode u zrnu soje i hektolitarsku masu, nije bio statistički značajan niti u jednoj od istraživanih godina. Masa 1000 zrna bila je pod značajnim utjecajem navodnjavanja u svim godinama istraživanja. Najveća masa 1000 zrna izmjerena je kod soje na tretmanu bogatog navodnjavanja u 2013. i 2015. godini, dok je u 2014. soja imala najveću masu 1000 zrna na tretmanu racionalnog navodnjavanja. Masa 1000 zrna soje na kontrolnom tretmanu je bila značajno manja u odnosu na ostale tretmane navodnjavanja. Sadržaj bjelančevina u zrnu soje je bio pod značajnim utjecajem navodnjavanja samo u 2015. godini te je njihov najveći sadržaj izmjeren na tretmanu bogatog navodnjavanja, a najmanji na kontroli. Razlike između sadržaja bjelančevina u zrnu soje na tretmanima racionalnog i bogatog navodnjavanja nisu bile statistički opravdane. Sadržaj ulja je značajno varirao pod utjecajem navodnjavanja samo u 2013. godini gdje je najviše ulja izmjereno u zrnu soje na kontroli, a najmanje na tretmanu bogatog navodnjavanja. Randman zrna soje je bio pod značajnim utjecajem navodnjavanja, koji nije značajno utjecao na energiju klijanja i klijavost zrna soje. Najveći randman zabilježen je kod soje na tretmanu bogatog navodnjavanja u svim istraživanim godinama, a najmanji na kontroli. Razlike u randmanu zrna soje između svih tretmana navodnjavanja su bile statistički opravdane. U obje varijante navodnjavanja masa 1000 zrna bila je značajno veća, osim u 2014., godini s dosta oborina. U sušnoj 2015. godini navodnjavanje je imalo veći učinak na masu 1000 zrna. Utjecaj navodnjavanja na sadržaj bjelančevina i ulja u zrnu soje razlikovao se po godinama. U 2015. godini zabilježen je veći sadržaj bjelančevina u zrnu na navodnjavanim tretmanima. U 2013. godini sadržaj ulja je značajno smanjen na oba tretmana navodnjavanjem.

Navodnjavanje je vrlo značajno utjecalo na randman dorađenog zrna u sve tri godine istraživanja.

- Gnojidba dušikom utjecala je na prinos zrna soje čije su razlike zavisile od godine istraživanja. Značajno veći prinosi zrna soje izmjereni su na tretmanu s 200 kg N ha⁻¹ u odnosu na tretman sa 100 kg N ha⁻¹ i kontrolu u 2013. i 2014. godini istraživanja, dok je u 2015. godini prinos na kontroli bio značajno manji u odnosu na ostale tretmane gnojidbe između kojih nije bilo opravdanih razlika. Utjecaj gnojidbe dušikom na fizikalna svojstva zrna je bio različit. Gnojidba je značajno utjecala na hektolitarsku masu u 2013. godini, dok je u ostalim godinama ovaj utjecaj bio statistički neopravdan. Najveću hektolitarsku masu imala je soja na tretmanu sa 100 kg N ha⁻¹, a najmanju na kontroli. Masa 1000 zrna je bila pod značajnim utjecajem gnojidbe dušikom u 2013. i 2015. godini istraživanja. Najveću masu 1000 zrna imala je soja na tretmanu s 200 kg N ha⁻¹, a najmanju na kontroli. Utjecaj gnojidbe na kemijska svojstva zrna bio je razvidan samo u 2013. godini. Najveći sadržaj bjelančevina izmjeren je u zrnju soje na tretmanu s 200 kg N ha⁻¹, dok je na kontrolnom tretmanu zabilježen najveći sadržaj ulja. Energija klijanja je značajno varirala pod utjecajem gnojidbe dušikom samo u 2015. godini gdje je najveću energiju klijanja imalo zrno soje na tretmanu sa 100 kg N ha⁻¹, a najmanju na kontroli i gnojidbi s 200 kg N ha⁻¹. Randman zrna soje je u svim istraživanim godinama bio pod značajnim utjecajem gnojidbe. Najveći randman dorađenog zrna zabilježen je kod soje na gnojidbi s 200 kg N ha⁻¹, a najmanji na kontroli.

- Genotip je vrlo značajno utjecao na sva ispitivana svojstva. Najveći prinosi zrna ostvarile su sorte Ika i Tena. Ovi genotipovi odlikuju se stabilnošću i dobrom prilagodbom na različite agroekološke uvjete uz visok stupanj tolerantnosti na nepovoljne abiotske čimbenike te velikim potencijalom rodosti. Najveća hektolitarska masa zrna i sadržaj vode u zrnju izmjereni su kod sorte Vita i sorte Lucija. Odabir genotipa je značajno utjecao na masu 1000 zrna koja velikim dijelom zavisi, uz djelovanje drugih čimbenika, od genetske osnove. Najveća masa 1000 zrna u svim godinama istraživanja je izmjerena kod sorte Lucija, a najmanja kod sorte Tena. Sorta Lucija je imala i najveći sadržaj bjelančevina u zrnju u 2014. godini i najveći sadržaj ulja u svim istraživanim godinama. Najveći sadržaj bjelančevina u 2013. i 2015. godini izmjeren je u zrnju sorte Vita. Genotipska specifičnost je značajno utjecala na energiju klijanja i klijavost u 2014. i 2015. godini. U 2014. godini najveći postotak energije klijanja i klijavost imala je sorta Lucija, dok je u 2015. godini to bila sorta

Vita. Najveći randman doradenog zrna imala je sorta Tena u 2013. i 2014. godini, dok je u 2015. godini najveći randman zrna soje imala sorta Lucija.

- Tijekom istraživanja su utvrđene brojne korelacije između fizikalnih i kemijskih svojstava zrna i prinosa zrna. U 2013. godini prinos je slabo korelirao s hektolitarskom masom iako je ta korelacija bila značajna i pozitivnog smjera. Jake korelacije negativnog smjera utvrđene su između sadržaja ulja u zrnu i prinosa zrna soje, hektolitarske mase i sadržaja bjelančevina. U 2014. godini utvrđene su jake korelacije pozitivnog smjera mase 1000 zrna sa kemijskim svojstvima zrna soje, kao i slaba korelacija negativnog smjera između hektolitarske mase i sadržaja ulja. U 2015. godini prinos je pozitivno korelirao s masom 1000 zrna i sadržajem bjelančevina, a negativno sa sadržajem ulja. Kemijska svojstva zrna su u 2015. godini imala vrlo jaku korelaciju negativnog smjera.

- Dobiveni rezultati mogu poslužiti kod donošenja pravilnih odluka u upravljanju tehnološkim procesom uzgoja soje kroz primjenu odgovarajućih agrotehničkih mjera (navodnjavanje i gnojidba) uz odabir odgovarajućeg genotipa za agroekološke uvjete istočne Hrvatske.

9. LITERATURA

1. Adeboye, O. B., Schultz, B., Adekalu, K. O., Prasad, K. (2015.): Crop water productivity and economic evaluation of drip-irrigated soybean (*Glycine max* L. Merr.). Agriculture and Food Security 4: 1-13.
2. Ali, M. R., Rahman, M. M., Ahammad, K. U. (2014.): Effect of thickness of polythene bag on seed quality of soybean. Bangladesh Journal of Agricultural Research 39 (4): 709-716.
3. Angra, S., Kaur, S., Singh, K., Pathania, D., Kaur, N., Sharma, S., Nayyar, H. (2010.): Water-deficit stress during seed filling in contrasting soybean genotypes: association of stress sensitivity with profiles of osmolytes and antioxidants. International Journal of Agricultural Research 5(6): 328-345.
4. Arora, V. K., Singh, C. B., Sidhu, A. S., Thind, S. S. (2011.): Irrigation, tillage and mulching effects on soybean yield and water productivity in relation to soil texture. Agricultural Water Management, 98: 563-568.
5. Balboa, G., Hodgins, D., Ciampitti, I. A. (2015.): Late-Season Nitrogen Fertilizer Application in Soybean. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports 1(2):
6. Balešević -Tubić, S., Đorđević, V., Tatić, M., Kostić, M., Ninkov, M. (2008.): Sadržaj ulja u NS-sortama soje. Zbornik radova 49. Savjetovanja industrije ulja, Herceg Novi: 83-88.
7. Barker, W. D., Sawyer, E.J. (2005.): Nitrogen Application to Soybean at Early Reproductive Development. Agronomy journal Abstract - Soil Fertility, Vol. 97 No. 2: 615-619.
8. Barrett, J. W. H., Skogerboe, G. V. (1978.): Effect of irrigation regime on maize yields. Journal of the Irrigation and Drainage Division 104: 179-194.
9. Basić, S., Carović, K., Kolak, I., Gunjača, J., Šatović, Z. (2006.): Kretanje prinosa i sastavnica prinosa kultivara soje u različitim sklopovima. Sjemenarstvo 23: 223-235.
10. Bellaloui, N., Mengistu, A. (2008.): Seed composition is influenced by irrigation regimes and cultivar differences in soybean. Irrigation Science 26: 261–268.
11. Blümling, B., Yang, H., Pahl-Wostl, C. (2007.): Proposal for the integration of irrigation efficiency and agricultural water productivity, CIHEAM - Options méditerranéennes 57: 263-280.

12. Boroomandan, P., Khoramivafa, M., Haghi, Y., Ebrahimi, A. (2009.): The effects of nitrogen starter fertilizer and plant density on yield, yield components and oil and protein content of soybean (*Glycine max* L. Merr). Pakistan Journal of Biological Sciences 12 (4): 378 -382.
13. Bošnjak, Đ. (2008.): Navodnjavanje soje u redovnoj, drugoj i postrnoj sjetvi. U Miladinović J., Hrustić M., Vidić M. (ur.) *Soja* (323-350). Novi Sad, Institut za ratarstvo i povrtarstvo.
14. Brevedan, R. E., Egli, D. B., Leggett, J. E. (1999.): Influence of N Nutrition on Flower Abortion And Yield of Soybeans. Agronomy Journal 70(1): 81-84.
15. Brevedan, R. E., Egli, D. B. (2003.): Short Periods of Water Stress during Seed Filling, Leaf Senescence, and Yield of Soybean. Crop Science 43: 2083-2088.
16. Caliskan, S., Ozkaya, I., M. E. Caliskan, M. E., Arslan, M. (2008.): The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a mediterranean type soil. Field Crops Research 108: 126-132.
17. Candoğan, B. N., Yazgan, S. (2016.): Yield and Quality Response of Soybean to Full and Deficit Irrigation at Different Growth Stages under Sub-Humid Climatic Conditions. Journal of Agricultural Sciences 22: 129-144.
18. Chafi, A. A., Amiri, E., Nodehi, D. A. (2012.): Effects of irrigation and nitrogen fertilizer on soybean (*Glycine max*) agronomic traits. International Journal of Agriculture and crop Sciences 4(16): 1188-1192.
19. Chowdhury, J. A., Karim, M. A., Khaliq, Q. A., Solaiman, A. R. M., Ahmed, J. U. (2015.): Genotypic variations in growth, yield and yield components of soybean genotypes under drought stress conditions. Bangladesh Journal of Agricultural Research 40(4): 537-550.
20. Chung, J., Barka, H. L., Staswick, P. E., Lee, D. J., Gregan, P. B., Shoemaker, R. C., Specht, J. E. (2003.): The seed protein, oil and yield QTL on soybean linkage group I. Crop Science 43: 1053-1067.
21. Comlekcioglu, N., Simsek, M. (2011.): Effects of deficit irrigation on yield and yield components of vegetable soybean [*Glycine max* L. (Merr.)] in semi-arid conditions. African Journal of Biotechnology 10(33): 6227-6234.
22. Čomor, N., Pece, Z. (2000.): Iskustvo u sušenju i skladištenju soje. Biblid 4 (3-4): 101-102.

23. De Costa, W. A. J. M., Shanmugathan, K. N. (2002.): Physiology of yield determination of soybean (*Glycine max* (L.) Merr) under different irrigation regimes in the sub-humid zone of Sri Lanka. *Field Crops Research* 75: 23-35.
24. Demirtaş, C., Yazgan, S., Candoğan, B. N., Sincik, M., Büyükcangaz, H., Göksoy, A. T. (2010.): Quality and yield response of soybean (*Glycine max* L. Merr) to drought stress in sub-humid environment. *African Journal of Biotechnology* 9: 6873-6881.
25. Desclaux, D., Huynh, T., Roumet, P. (2000.): Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. *Crop Science* 40(3): 716-722.
26. Dogan, E., Kirnak, H., Copur, O. (2007.): Deficit irrigations during soybean reproductive stages and CROPGRO-soybean simulations under semi-arid climatic conditions. *Field Crops Research* 103: 154-159.
27. Dorivar, A., Ruiz, D., Pedersen, J. and Sawyer, J. E. (2009.): Soybean response to inoculation and nitrogen application following long-term grass pasture. *Crop Science* 49(3): 1058-1062.
28. Dornbos, D. L., Mullen, R. E. (1991.): Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination and seedling growth rate. *Canadian Journal of Plant Science* 71: 373-383.
29. Dragović, S. (1994.): Uticaj suše u različitim fenofazama razvića na prinos soje i efekat navodnjavanja. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*. Novi Sad: 143-152.
30. Dozet, G., Cvijanović, G., Cvijanović, D., Bošković, J., Popović, V. (2013.): Prinos i sadržaj ulja u zrnju soje kod organskog i konvencionalnog načina gajenja. *Agroznanje* 14 (1): 69-76.
31. Dozet, G., Balešević-Tubić, S., Kostadinović, Lj., Đukić, V., Jakšić, S., Popović, V., Cvijanović, M. (2016.): The effect of preceding crops nitrogen fertilization and cobalt and molybdenum application on yield and quality of soybean grain. *Romanian Agricultural Research* 33: 133-143.
32. Državni zavod za statistiku. Površina i proizvodnja žitarica i ostalih usjeva u 2017. https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2017/01-01-18_01_2017.htm.
Datum pristupa: 23.10.2017.
33. Đukić, V., Miladinović, J., Balešević-Tubić, S., Đorđević, V., Tatić, M., Hrustić, M., Vidić, M. (2007.): Mogućnost povećanja proizvodnje ulja postrnom setvom soje. *Zbornik radova 48. Savetovanja industrije ulja, Proizvodnja i prerada uljarica*, Herceg Novi: 69-74.

34. Đukić, V., Đorđević, V., Balešević-Tubić, S., Tatić, M., Ilić, A. (2009.): Uticaj azota na prinos i masu hiljadu zrna soje. *Selekcija i semenarstvo* 15(4): 73-80.
35. Đukić, V., Balešević-Tubić, S., Miladinov, Z., Dozet, G., Cvijanović, G., Đorđević, V., Cvijanović, M. (2014.): Soybean Production and a Possibility to Economize the Use of Mineral Fertilizers. *Ratarstvo i povrtarstvo* 51(3): 161-165.
36. Egner, H., Riehm, H., Domingo, W. R. (1960.): Investigations on the chemical soil analysis as a basis for assessing the soil nutrient status II. Chemical extraction methods for phosphorus and potassium determination. *The annals of the Royal agricultural college of Sweden* 26.: 199-215.
37. Fairweather, H., Austin, N., Hope, M. (2011.): Water use efficiency: an information package. Land & Water Australia. <http://npsi.gov.au/> Datum pristupa: 29.03.2017.
38. Fabre, F., Planchon, C. (2000.): Nitrogen nutrition, yield and protein content in soybean. *Plant Science* 152: 51–58.
39. Ferreira, A. S., Balbinot, A. A., Zucareli, F. W., Franchini, J. C., Debiasi, H. (2016.): Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein of soybean grains. *Bragantia* 75 (3): 1678-4499.
40. Frederick, J. R., Camp, C. R., Bauer, P. J. (2001.): Drought-stress effects on branch and mainstem seed yield and yield components of determinate soybean. *Crop Science* 41(3): 759-763.
41. Garcia, A. G. Y., Persson, T., Guerra, L. C., Hoogenboom, G. (2010.): Response of soybean genotypes to different irrigation regimes in a humid region of the southeastern USA. *Agricultural Water management* 97(7): 981-987.
42. Gary R.L. (2016.): Oilseed Composition and Modification for Health and Nutrition. U Sanders Th.A.B. (ur) *Functional Dietary Lipids. Food Formulation, Consumer Issues and Innovation for Health*: 23-46.
43. Glamočlija, Đ., Spasić, M., Cvijanović, G. (2010.): Reakcija sorti soje na povećane količine azota. *Zbornik radova sa prvog međunarodnog simpozijuma Agrosym, Jahorina*: 58-66.
44. Gračanin, M. (1972.): *Pedološki praktikum*, Agronomski fakultet Zagreb, Zagreb.
45. Guberac, V., Martinčić, J., Marić, S., Banaj, Đ., Opačak, A., Horvat, D. (2000.): Quality of soybean (*Glycine max.* L.) and fodder pea (*Pisum arvense* L.) seeds after five years hermetic storage. *Arabian Gulf Journal of Scientific Research* 18: 151-156.

46. Grljušić, S., Bukvić, G., Vratarić, M., Antunović, M., Sudarić, A., Prepelac, I. (2007.): Utjecaj pH vodene otopine na klijavost sjemena soje. *Poljoprivreda* 13 (2): 5-9.
47. Hatami, H., Ayenehband, A., Azizi, M., Dadkhan, A. R. (2009.): Effekt of N fertilizer on growth yield of soybean at North Khorasan. *Electronic journal of crop production* 2(2): 25-42.
48. Hignett, C., Evett, S. (2008.): Direct and Surrogate Measures of Soil Water Content, Field Estimation of Soil Water Content: A Practical Guide to Methods, Instrumentation, and Sensor Technology. IAEA-TCS-30. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria: 107-109.
49. Internacional Organization for Standardization (1994.): Soil quality – determination of pH. ISO 10390: 1994.
50. Internacional Organization for Standardization (1998.): Soil Quality. Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation. International standard. ISO 14235:1998.
51. Irmak, S., Sharma, V. (2015.): Large-scale and long-term trends and magnitudes in irrigated and rainfed maize and soybean water productivity. *Transactions of the ASABE* 58 (1): 103-120.
52. Jaramaz, D. (2010.): Uticaj rastućih količina azota na proizvodne osobine soje. Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet Beograd, Beograd, Srbija.
53. Josipović M. (2004.): Navodnjavanje, zaštita voda i tla u održivoj poljoprivredi istočne Hrvatske. Izvješće za Hrvatske vode. Poljoprivredni institut Osijek, Osijek, 2004.
54. Josipović, M., Plavšić, H., Sudarić, A., Vratarić, M., Liović, I. (2010.): Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom na urod soje *Glycine max* (L.) Merr. Zbornik radova 45. hrvatskog i 5. međunarodnog savjetovanja agronoma, Opatija: 751-755.
55. Josipović, M., Sudarić, A., Kovačević, V., Marković, M., Plavšić, H., Liović, I. (2011.): Irrigation and nitrogen fertilization influences on soybean variety (*Glicine max*. L. Merr.) properties. *Poljoprivreda* 17(1): 9-15.
56. Josipović, M., Sudarić, A., Sudar, R., Plavšić, H., Marković, M., Jug, D., Stojić, B. (2013.): Influence of irrigation and variety on the soybean grain yield and quality in the no nitrogen fertilization soil condition. *Soil and Crop Management: Adaptation and Mitigation of Climate Change*: 237-245.
57. Jukić, G., Guberac, V., Marić, S., Dunković, D. (2006.): Utjecaj lokaliteta i godine uzgoja na sadržaj ulja i bjelančevina u sjemenu soje. *Sjemenarstvo* 23(5-6): 429-435.

58. Jukić, G., Čupić, T., Marić, S., Jukić, R., Teodorović, R. (2010.): Utjecaj agroekoloških uvjeta na prinos zrna soje. *Sjemenarstvo* 27(3-4):103-112.
59. Jurišić, M. (1995.): Reakcija kukuruza na gnojdbu dušikom, sklop i režim vlažnosti hidromelioriranog tla, Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
60. Jurišić, M., Rapčan, I., Galić Subašić, D., Dešić, D. (2011.): Technological factors and economic results of soybean (*Glycine max.* (L) Merr.) cultivation at the Agricultural Institut of Osijek. *Research people and actual tasks on multidisciplinary sciences*, Lozenec, Bulgaria: 279-282.
61. Khanbebin, E. H., Moghaddam, N. A., Dadashi, M. R. (2012.): Effect of irrigation management and top dress nitrogen application on seed yield and reproductive characteristics of soybean. *Journal of research in crop sciences* 4 (14): 67-80.
62. Kibar, H., Öztürk, T.(2008.): Physical and mechanical properties of soybean. *International Agrophysics* 22 (3): 239-244.
63. Kirnak, H., Dogan, E., Turkoglu, H. (2010.): Effect of drip irrigation intensity on soybean seed yield and quality in the semi-arid Harran plain. *Turkey Spanish Journal of Agricultural Research* 8(4): 1208-1217.
64. Kolak, I., Henneberg, R., Milas, S., Radošević, J. i Šatović, Z. (1992.): Soybean breeding nad seed production in Croatia - Current status and perspecitves. *Eurosoya Newsletter* 9: 76-84.
65. Kolarić, Lj. (2016.): Produktivne osobine sorti soje u zavisnosti od količine azota i tipa zemljišta, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet: 115-126.
66. Kolarić, LJ., Paunović J., Ikanović, J., Živanović LJ. (2016.): Uticaj đubrenja azotom na značajnija agronomska svojstva soje. *Selekcija i semenarstvo*, XXII (1): 81-91.
67. Kovačević, V., Josipović, M., Kaučić, D., Iljkić, D. (2010.): Weather impacts on yields of maize, sugar beet, soybeans and sunflower. *Proceedings of 45th Croatsians 5th International Symposium of Agriculture*. Opatija: 796-800.
68. Kresović, B., Gajic, B. A., Tapanarova, A., Pejić, S. B., Dragović, D. S., Dragović, M. R. (2016.): Uticaj režima navodnjavanja na prinos i komponente prinosa soje. *Journal of Agricultural Sciences* 61(4): 305-321.
69. Kresović, B., Gajic, B. A., Tapanarova, A., Dugalić, G. (2017.): Yield and chemical composition of soybean seed under different irrigation regimes in the Vojvodina region. *Plant, Soil and Environment* 63(1): 34-39.

70. La Menza, N. C., Monzon, J. P., Specht, J. E., Grassini P. (2017.): Is soybean yield limited by nitrogen supply?. *Field Crops Research* 213: 204-212.
71. Lawn, R. J. (1982.): Response of four grain legumes to water stress in south-eastern Queensland. III. Dry matter production, yield and water use efficiency. *Australian Journal of Agricultural Research* 33(3): 511-521.
72. Langeroodi, A.R.S., Noora, R. (2017.): Seed priming improves the germination and field performance of soybean under drought stress. *Journal of animal and plant sciences* 27, (5): 1611-1620.
73. Lončarević, V., Babić, M., Tubić, B. S., Đilvesi, K., Kostić, M., Štatkić, S. (2010.): Dependent of moisture content soybean seed on physical properties. *Journal on Processing and Energy in Agriculture* 14(3): 163-167.
74. Maksimović, L., Pejić, B., Milić, S., Đukić, V., Balešević-Tubić, S., Vujaković, M. (2004.): Uticaj navodnjavanja na prinos, kvalitet i evapotranspiraciju semenske soje. *Vodoprivreda* 36: 421-426.
75. Maleki, A., Naderi, A., Naseri, A., Fathi, A., Bahamin, S., Maleki, R. (2013.): Physiological Performance of Soybean Cultivars under Drought Stress. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences* 2: 38-44.
76. Malik, M. F. A., Quereshi, A. S., Ashraf, M., Ghafoor, A. (2006.): Genetic Variability of the Main Yield Related Characters in Soybean. *International Journal of Agriculture and Biology* 8(6): 815–819.
77. Man, T. E., Modra, C. (2008.): Drought impact of environment and agricultural products. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 9 (1):70-76.
78. Manral, H. S., Saxena, S. C. (2003.): Plant growth, yield attributes and grain yield of soyabean as affected by the application of inorganic and organic sources of nutrients. *Bioresource Technology* 92:110-118.
79. Marković, Monika, Josipović, M., Ravlić, Marija, Josipović, A., Zebec, V. (2016.): Deficit irrigation of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) based on monitoring of soil moisture, in sub-humid area of eastern Croatia. *Romanian Agricultural Research* 33: 259-266.
80. Mendes, I. C., Reis Junior, F. B., Hungria, M., Sousa, D. M. G. , Campo, R. J. (2008.): Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43: 1053-1060.

81. Moreano, T. B., Braccini, A. L., Scapim C. A., França-Neto J. B., Krzyzanowski, F. C., Marques O. J. (2013.): Physical and physiological qualities of soybean seed as affected by processing and handling. *Journal of Seed Science*: 466-477.
82. Morshed, R.M. (2008.): Effect of Nitrogen on seed Yield, Protein Content and Nutrient Uptake of Soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Agriculture and Rural development* 6 (1-2): 13-17.
83. Nunes, A. C., Bezerra, F.M. L., Silva, R. A., Silva Júnior, J. L. C., Gonçalves, F. B., Santos, G. A. (2016.): Agronomic aspects of soybean plants subjected to deficit irrigation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 20(7): 654-659.
84. Orf, J. H., Diers, B. W., Boerma, H. R (2004.): Genetic Improvement of Soybean; H. R. Boerma, J. E. Specht (Eds.), *Soybeans: Improvement, Production and Uses*, ASA, CSSA, SSSA, Madison: 537–568.
85. Osborne, S. L., Riedell, W. E. (2006.): Starter Nitrogen Fertilizer Impact on Soybean Yield and Quality in the Northern Great Plain *Agronomy Journal* 98(6): 1569-1574.
86. Oz, M. (2008.): Nitrogen rate and plant population effects on yield and yield components in soybean. *African Journal of Biotechnology* 7(24): 4464-4470.
87. Parde, S. R., Kausal, R. T., Jayas, D. S., White, N. D. G. (2002.): Mechanical Damage to Soybean Seed during Processing. *Journal of Stored Products Research* 38(4): 385-394.
88. Pedersen, P., Lauer, J. G. (2004.): Response of soybean yield components to management system and planting date. *Agronomy Journal* 96: 1372-1381.
89. Pejić, B., Bošnjak, Đ., Mačkić, K., Rajić, M., Josipović, M., Jug, I., Maksimović, L. (2012.): Prinos i produktivnost utrošene vode navodnjavane soje u klimatskim uslovima Vojvodine. *Ratarstvo i povrtarstvo* 49, (1): 80-85.
90. Plavšić, H., Josipović, M, Vratarić, M, Sudarić, A, Krizmanić, G, Kolar, D. (2007.): Utjecaj godine, navodnjavanja i dušika na sadržaj ulja i bjelančevina u zrnu soje (*Glycine max* (L.) Merr.). 42. hrvatski i 2. međunarodni simpozij agronoma: 461-465.
91. Plavšić, H. (2012.): Reakcija samooplodnih linija kukuruza na sadržaj vode i dušika u tlu, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
92. Popović, V., Vidić, M., Tatić, M., Jakšić, S., Kostić, M. (2012.): Uticaj sorte i godine na prinos i komponente kvaliteta soje. *Ratarstvo i Povrtarstvo* 49: 132-139.
93. Popović, V., Tatić, M., Sikora, V., Ikanović, J., Dražić, G., Đukić, V., Mihajlović, B., Filipović, V., Dozet, G., Jovanović, L.J., Stevanović, P. (2016.): Variability of yield

- and chemical composition in soybean genotypes grown under different agorecological conditions of Serbia. *Romanian Agricultural Research* 33: 29-39.
94. Pravilnik o stavljanju na tržište sjemena uljarica i predivog bilja (NN br. 126/2007., 20/2013., 123./2016.), Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH, Zagreb.
 95. Prijić, Lj., Glamočlija, Đ. (1999.): Soybean seed quality during long-time storage. *World Seed Conference, Book of Abstracts, Cambridge*: 2-3.
 96. Prudent, M., Salon, Ch., Souleimanov, A., Emery, R. J. N., Smith, D. L. (2015.): Soybean is less impacted by water stress using *Bradyrhizobium japonicum* and thiericin-17 from *Bacillus thuringiensis*. *Agronomy for sustainable development* 35 (2): 749-757.
 97. Purcell, L. C., Sprecht, J. E. (2004.): Physiological traits for ameliorating drought stress. U Boerma, H.G., Specht, J.E. (ed) *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*: 559-620.
 98. Randjelović, V., Prodanović, S., Tomić, Z., Bijelić, Z. (2010.): Genotypic response of two soybean varieties with reduced content of to application of different nitrogen level. *Biotechnology in Animal Husbandry* 26 (5-6): 403-409.
 99. Ray, J. D., Fritschi, F. B., Heatherly, L. G. (2006.): Large applications of fertilizer N at planting affects seed protein and oil concentration and yield in the Early Soybean Production System. *Field Crops Research* 99: 67–74.
 100. 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): 586-593.
 101. Ries, L.L., Purcell, T.E., Carter, J.T.Jr., Edwards, M.T., King, C.A. (2012.): Physiological Traits Contributing to Differential Canopy Wilting in Soybean under Drought. *Crop Science* 52: 272-281.
 102. Russell, T., Kuzina, F. D. (1976.): Rapeseed: Relations between some physical and chemical properties. *Canadian Journal of Plant Science*, 56(1): 169-174.
 103. Salimi, S., Moradi, S., Nezhad, K. A., Ahmed, J. O. (2013.): Effect Quantitative Traits in Soybean Genotypes (*Glycine max* L.) Under Drought Stress Condition. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5 (5): 544-548.
 104. Schaffer, A.F., Vanderlip, R.L. (1999.). The effect of conditioning on soybean seed quality. *Journal of Production Agriculture* 12: 455-459.

105. Schmitt A.M., Lamb A.J., Randall W.G., Orf H.J., Rehm W.G.(2001.): In-season Fertilizer Nitrogen Applications for Soybean in Minnesota. *Agronomy Journal* 93(5): 983-988.
106. Seneviratne, G., Van Holm, L. H. J., Ekanayake, E. M. H. G. S. (2000.): Agronomic benefits of rhizobial inoculant use over nitrogen fertilizer application in tropical soybean. *Field Crops Research* 68: 199 – 203.
107. Sincik, M., Candogan, B. N., Demirtas, C., Büyükcangaz, H., Yazgan, S., Göksoy, A. T. (2008.): Deficit irrigation of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] in a sub-humid climate. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194: 200-205.
108. Singh, S.K., Hoyos-Villegas, V., Houx, J.H., Fritschi, F.B.(2012.): Influence of artificially restricted rooting depth on soybean yield and seed quality. *Agricultural water management* 105: 38-47.
109. Smith, M. (1992.): Cropwat-A computer program for irrigation planning and management. FAO Irrigation and Drainage paper, No. 46, Rome.
110. Soares, I. O., Rezende P. M., Bruzi, A. T., Zambiazzi, E. V., Zuffo, A. M., Silva, K. B., Gwinner R. (2015.): Adaptability of soybean cultivars in different crop years. *Genetics and Molecular Research* 3: 8995-9003.
111. Sohrabi, Y., Habibi, A., Mohammadi, K, Sohrabi, M., Heidari, G., Khalesro, S. (2012.): Effect of nitrogen (N) fertilizer and foliar-applied iron (Fe) fertilizer at various reproductive stages on yield, yield component and chemical composition of soybean *Glycine max* L. Merrill seed. *African Journal Biotechnology* 11(40): 9599-9605.
112. StatSoft Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 12.
113. Sudarić, A., Vratarić, M., Jurković, Z. (1996.): Procjena novih linija soje I. grupe zriobe Poljoprivrednog instituta Osijek tijekom 1994. i 1995. godine. *Poljoprivreda* 2, (1-2): 47-54.
114. Sudarić, A., Vratarić, M., Rajcan, I. (2006.): Procjena vrijednosti kultivara soje ispitivanjem u mega-okolinama. 41. Hrvatski i 1. međunarodni znanstveni simpozij agronoma, Opatija: 223-224.
115. Sudarić, A., Vratarić, M. (2008.): Značenje, dostignuća i trendovi u oplemenjivanju soje u Poljoprivrednom institutu Osijek. *Sjemenarstvo* 25(3-4): 207-216.
116. Sudarić, A., Vratarić, M., Volenik, M., Matoša, M., Duvnjak, V. (2009.): Heterosis i heterobeltozis for seed yield components in soybean. *Poljoprivreda* 15(2): 26-31.

117. Sudarić, A. (2011.): Soybean – Molecular Aspect of Breeding. Monograph book, Rijeka.
118. Sudarić, A., Vratarić, M., Pejić, I., Pospišil, A., Kolak, I. (2012.): Soja. U *Oplemenjivanje poljoprivrednog bilja u Hrvatskoj*. Kozumplik, V. i Pejić, I. (ur.), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet: 72-77.
119. Sweeney, D. W., Long, J. H., Kirkham M. B. (2003.): A single irrigation to improve early maturing soybean yield and quality. *Soil Science Society of America Journal* 67: 235-240.
120. Šatović, Z., Požar, R., Kolak, I., Pecina, M. i Rukavina, H. (1998.): Sastavnice priroda oplemenjivačkih Zg linija soje. *Sjemenarstvo* 1-2: 13-31.
121. Šimunić, R., Miličević, I., Vrgoč, D., Eljuga, L. (2009.): Utjecaj količine oborina na gospodarska svojstva soje i suncokreta. *Zbornik radova 6. Naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „Kvalitet 2009“*, Neum: 809-814.
122. Šimunić, D., Cvetković, M., Pospišil, M., Husnjak, S. (2011.): Utjecaj razmaka cijevne drenaže na drenažni istek i prinos uljane repice i soje. *Agronomski glasnik* 4-5: 189-200.
123. Škorić, A. (1992.): Priručnik za pedološka istraživanja. Sveučilište u Zagrebu. Fakultet poljoprivrednih znanosti Zagreb, Zagreb.
124. Šoštarić, Jasna, Josipović, M., Marković, Monika, Madjar, S. (2012.): Značaj navodnjavanja za proizvodnju hrane u Osječko- baranjskoj županiji. *Zbornik radova 2. savjetovanja "Okolišno prihvatljiva proizvodnja kvalitetne i sigurne hrane"*, Osijek: 71-72.
125. Takac, J., Nejedlik, P., Siska, B. (2008.): Irrigation water use efficiency, Adagio, Cecilia, Cost734 Workshop, Jois, AT, Oct. 6-8., 2008.
126. Taylor, R. S., Weaver, D. B., Wood, C. W., Santen, E. (2005.): Nitrogen application increases yield and early dry matter accumulation in lateplanted soybean. *Crop Science* 45: 854-858.
127. Tomić, F. (1974.): Interval vlažnosti tla pri uzgoju poljoprivrednih kultura, referati na temu, Režim vlažnosti zemljišta, Ljubljana, JDZPZ, Komisija za fiziku zemljišta, Predkomisija za melioracije zemljišta.
128. Tomić, F., Romić, D. (1992.): Utjecaj navodnjavanja na prirod važnijih poljoprivrednih kultura. *Priručnik za hidrotehničke melioracije*, II. kolo, knjiga 1., Rijeka, 1992.

129. Tomić, F. (2012.): Razvoj poljoprivrede primjenom navodnjavanja u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji, Radovi Zavoda za znanstvenoistraživački i umjetnički rad u Bjelovaru 6: 1-15.
130. Torrion, L. A., Setyonob, T. D., Graefa, G. L., Cassmana, K. G., Irmak, S., Specht J. E. (2014.): Soybean Irrigation Management: Agronomic Impacts of Deferred, Deficit, and Full-Season Strategies. Alliance of Crop, Soil, and Environmental Science Societies 54(6): 2782-2795.
131. Usha, T. N., Dadlani, M. (2015.): Evaluation of seed vigour in soybean (*Glycine max*). Legume Research 38: 308-312.
132. Valinejad, M., Vaseghi, S., Afzali, M. (2013.): Starter Nitrogen Fertilizer Impact on Soybean Yield and Quality. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) 3: 333-337.
133. Varnica, I., Petrović, S., Rebekić, A., Guberac, S., Jukić, K., Jukić, G. (2018.): Karakterizacija i povezanost komponenti prinosa soje [*Glycine max* (L.) Merrill] tijekom sušne i vlažne godine. Journal of Central European Agriculture 19(2): 466-481.
134. Vasilj Đ. (2000.): Biometrika i eksperimentiranje u bilnogojstvu, udžbenik, Sveučilište u Zagrebu, 320.
135. Vieira, R.D., TeKrony, D.M., Egli, D.B., Rucker, M. (2001.): Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. Seed Science and Technology 29: 599-608.
136. Vollmann, J., Fritz, C. N., Wagentrist, H., Ruckenbauer, P. (2000.): Environmental and genetic variation of soybean seed protein content under Central European growing conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture 80: 1300-1306.
137. Vratarić, M., Sudarić, A., Sudar, R., Duvnjak, T., Jurković, Draženka, Jurković, Z. (2005.): Genetic advance in quantitative traits of soybean lines within different maturity groups. Poljoprivreda, 11(1): 5-10.
138. Vratarić, M., Sudarić, A. (2008.): Soja - Soybean *Glycine max* (L. Merr.) Book. Poljoprivredni institut Osijek, Vratarić (ed.), Osijek.
139. Vratarić, M., Sudarić, A. (2009.): Abiotski činitelji u proizvodnji soje. Glasnik zaštite bilja 32 (5): 67-76.

140. Wesley, T.L., Lamond, R.E., Martin, V.L., Duncan, S.R. (1998.): Effects of late-season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. *Journal of production agriculture* 11(3): 331-336.
 141. Wesley, T.L., Lamond, R.E., Martin, V.L., Duncan, S.R. (2016.): Applied N At R3 Stage Bumps Soybean Yields.
<https://fluidfertilizer.org/wp-content/uploads/2016/05/25P16-19>. Datum pristupa: 15.11.2017.
 142. Wilcox, J. R. (2001.): Sixty years of improvement in publicly developed elite soybean lines. *Crop Science* 38.: 1536-1540.
 143. Wood, C.W., Torbert, H.A., Weaver, D.B. (1993.): Nitrogen Fertilizer Effects on Soybean Growth, Yield, and Seed Composition. *Journal of Production Agriculture* 6(3): 354-360.
 144. Wright, J. (1999.): Irrigation management for soybeans, *Minnesota Soybean Field Book*. University of Minnesota, 33-37.
 145. Yang, Q., Wang, J. (2000.): Agronomic traits correlative analysis between interspecific and soybean crosses. *Soybean Genetics, Newsletter*, 27 (online journal), <http://www.soygenetics.org/articles/sgn2000-003htm>. Datum pristupa: 24.07.2017.
 146. Yunusa, M., Ibraheem, A., Ibrahim, M. (2015.): Effects of water stress on the physiological growth indices on performance of soybean genotypes. *Journal of advances in agriculture* 4(2): 377-382.
 147. Zakir, M.N., Freitas, I.R.(2015.): Benefits to human health in consumption of isoflavones present in soybean products. *Journal of Bioenergy and food science* 2: 107-116.
 148. Zhang, T. Y., Lin, X. M., Sassenrath, G. F. (2015.): Current irrigation practices in the central United States reduce drought and extreme heat impact for maize and soybean, but not for wheat. *Science of total environment* 508: 331-342.
 149. Zhao, X., Zheng, S. H., Fatichin Suzuki, A., Arima, S. (2014.): Varietal difference in nitrogen redistribution from leaves and its contribution to seed yield in soybean. *Plant Production Science* 17: 103-108.
- <http://www.dzs.hr>: Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, 2017.
- <http://www.usda.gov/wps>: United States Department Agriculture (USDA), 2015.
- <http://www.fao.org/>: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2017.

10. SAŽETAK

Tijekom trogodišnjeg istraživanja (2013.-2015.) koje je provedeno na pokušalištu Poljoprivrednog Instituta Osijek istraživao je utjecaj navodnjavanja, gnojidbe dušikom i genotipa na prinos i kakvoću zrna soje (*Glycine max* (L.) Merr.). Pokus je postavljen po split plot metodi, u tri ponavljanja, gdje je glavni čimbenik bio tretman navodnjavanjem (A1 - kontrola, A2 - racionalno navodnjavanje, A3 bogato navodnjavanje), podčimbenik - gnojidba dušikom (B1 – kontrola, bez gnojidbe dušikom; B2 – gnojidba sa 100 kg N ha⁻¹ i B3 – gnojidba s 200 kg N ha⁻¹) i pod podčimbenik - sorta (Lucija, Vita, Ika i Tena). Analizom varijance utvrđen je značajan utjecaj navodnjavanja na visinu prinosa, masu 1000 zrna i randman zrna kroz sve godine istraživanja, a na sadržaj bjelančevina i ulja u 2015. odnosno 2013. godini. Na masu 1000 zrna, hektolitarsku masu, sadržaj bjelančevina i ulja u 2013. godini i energiju klijanja u 2015. godini, gnojidba dušikom je imala značajan utjecaj kao i na visinu prinosa u svim istraživanim godinama. Utjecaj genotipa je bio značajan za visinu prinosa, sadržaj vode u zrnu soje, masu 1000 zrna i randman zrna u svim godinama. Sadržaj bjelančevina i ulja je bio pod značajnim utjecajem genotipa u 2013. i 2014., odnosno u 2014. i 2015. godini. Energija klijanja i klijavost su varirale pod utjecajem genotipa u 2014. i 2015. godini istraživanja. Tijekom istraživanja su utvrđene brojne korelacije između fizikalnih i kemijskih svojstava zrna i visine prinosa. U 2013. godini prinos je slabo korelirao s hektolitarskom masom. Jake korelacije negativnog smjera utvrđene su između sadržaja ulja i prinosa zrna soje, hektolitarske mase, mase 1000 zrna i sadržaja bjelančevina. U 2014. godini utvrđene su jake korelacije pozitivnog smjera mase 1000 zrna sa kemijskim svojstvima zrna soje, kao i slaba korelacija negativnog smjera između hektolitarske mase i sadržaja ulja. U 2015. godini prinos je pozitivno korelirao s masom 1000 zrna i sadržajem bjelančevina, a negativno sa sadržajem ulja. Kemijska svojstva zrna su u 2015. godini imali vrlo jaku korelaciju negativnog smjera.

Ključne riječi: soja, navodnjavanje, gnojidba dušikom, genotip, prinos, kakvoća zrna

11. SUMMARY

Influence of irrigation, nitrogen fertilization and genotype on the yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.)

During three-year research period (2013-2015) carried out on the experiment fields of the Agricultural Institute of Osijek the effects of irrigation, nitrogen fertilization and genotype on the yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) were investigated. The experiment was set up by split- split-plot design in three repetitions with the irrigation treatment as a main factor (A1 – control, A2 – rational irrigation, A3 – abundant irrigation), nitrogen fertilization was the sub-factor (B1 – control, without nitrogen fertilization; B2 – fertilization with 100 kg N ha⁻¹ and B3 – fertilization with 200 kg N ha⁻¹) and the second sub-factor was the soybean variety (Lucija, Vita, Ika and Tena). Analysis of variance confirmed the significant influence of irrigation of the yield, mass of 1000 grains and soybean seed production output in all research years, as well as on the content of protein and oil in 2015 and 2013, respectively. Nitrogen fertilization had influence on the mass of 1000 grains, hectoliter mass, content of protein and oil in 2013, and on germination energy in 2015, as well as on the yield in all research years. The influence of genotype had significant effect on the yield, content of water in soybean grain, mass of 1000 grains and randman of soybean seed in all research years. The genotype has significantly influenced the protein content in 2013 and 2014 and the oil content in 2014 and 2015. Germination energy and germination varied under the influence of genotype in 2014 and 2015. During the research numerous correlations determined between physical and chemical properties of grain and yield. In 2013, the yield was in poor correlation with the hectoliter mass. Strong correlations of negative direction were determined between the oil content and yield of soybean, hectoliter mass, mass of 1000 grains and protein content. In 2014, strong correlations of positive direction were determined between the mass of 1000 grains and the chemical properties of soybean grain, as well as weak correlation of negative direction between the hectoliter mass and the oil content. In 2015, the soybean yield was in positive correlation with the mass of 1000 grains and the protein content, and in negative correlation with the oil content. In 2015, chemical properties of grain had a very strong correlation of negative direction.

Key words: soybean, irrigation, nitrogen fertilization, genotype, yield, grain quality

12. PRILOG

Shema 1. Shema pokusa soja

[illegible]

12.1. Popis tablica u radu

Tablica 1. Vrijeme postavljanja senzora i broj izvršenih mjerenja u vegetaciji	20
Tablica 2. Interpretacija očitavanja na Watermark uređaju	21
Tablica 3. Datumi i količine vode dodane navodnjavanjem po varijantama	23
Tablica 4. Količine vode dodane jednim obrokom navodnjavanja za 35 cm dubine.....	24
Tablica 5. Osnovne značajke sorti u istraživanju	26
Tablica 6. Obavljeni radovi na pokusu tijekom istraživanja 2013.-2015.....	27
Tablica 7. Temperatura zraka (°C) i oborine (mm) u istraživanim godinama i višegodišnji prosjek za područje Osijeka (Zračna luka Osijek – DHMZ)	35
Tablica 8. Sijanje sunca u istraživanim godinama i vegetaciji soje te višegodišnji prosjek za Osijek (DHMZ)	41
Tablica 9. Relativna vlaga zraka (%) u istraživanim godinama i vegetaciji soje te višegodišnji prosjek Osijek	41
Tablica 10. Fizikalna svojstva tla istraživanog područja	46
Tablica 11. Stabilnost agregata	46
Tablica 12. Rezultati hidropedoloških analiza tla	47
Tablica 13. Rezultati kemijske analize uzoraka tla u 2013., 2014. i 2015. godini.....	48
Tablica 14. Rezultati kemijske analize uzorka vode za navodnjavanje	50
Tablica 15. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na prinos (kg ha ⁻¹) zrna soje.....	52
Tablica 16. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na sadržaj vode (%) u zrnu soje.....	56
Tablica 17. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na hektolitarsku masu (kg hl ⁻¹) zrna soje	58
Tablica 18. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na sadržaj bjelančevina (%) u zrnu soje	60
Tablica 19. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na sadržaj ulja (%) u zrnu soje	62
Tablica 20. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na masu 1000 zrna (g)	64
Tablica 21. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na energiju klijanja (%) zrna soje.....	67
Tablica 22. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na klijavost (%) zrna soje.....	69
Tablica 23. Utjecaj navodnjavanja (A), gnojidbe dušikom (B) i genotipa (C) na randman (%) zrna soje.....	71
Tablica 24. Korelacijski koeficijenti između prinosa (P), mase 1000 zrna (AM), hektolitarske mase (Hm), sadržaja bjelančevina (B) i ulja (U) u zrnu soje u 2013. godini	73
Tablica 25. Korelacijski koeficijenti između prinosa (P), mase 1000 zrna (AM), hektolitarske mase (Hm), sadržaja bjelančevina (B) i ulja (U) u zrnu soje u 2014. godini	73
Tablica 26. Korelacijski koeficijenti između prinosa (P), mase 1000 zrna (AM), hektolitarske mase (Hm), sadržaja bjelančevina (B) i ulja (U) u zrnu soje u 2015. godini	74
Tablica 27. Učinkovitost navodnjavanja (UN) i učinkovitost norme navodnjavanja (UNN)	78
Tablica 28. Učinkovitost gnojidbe dušikom (UG).....	79

12.2. Popis grafikona u radu

Grafikon 1. Klimagram prema Walteru za 2013. godinu za područje Osijeka.....	37
Grafikon 2. Klimagram prema Walteru za 2014. godinu za područje Osijeka.....	38
Grafikon 3. Klimagram prema Walteru za 2015. godinu za područje Osijeka.....	39
Grafikon 4. Klimagram prema Walteru za razdoblje od 1981.-2010. godine.....	40
Grafikon 5. Bilanca vode 2013. godine.....	42
Grafikon 6. Bilanca vode 2014. godine.....	43
Grafikon 7. Bilanca vode 2015. godine.....	44
Grafikon 8. Evapotranspiracija kulture (ET _c).....	45
Grafikon 9. Prinos zrna soje.....	55
Grafikon 10. Sadržaj vode u zrnu soje.....	57
Grafikon 11. Hektolitarska masa zrna soje.....	59
Grafikon 12. Sadržaj bjelančevina u zrnu soje.....	61
Grafikon 13. Sadržaj ulja u zrnu soje.....	63
Grafikon 14. Masa 1000 zrna soje.....	65
Grafikon 15. Energija klijanja zrna soje.....	68
Grafikon 16. Klijavost zrna soje.....	70
Grafikon 17. Randman zrna soje.....	72
Grafikon 18. Prinos zrna soje (kg ha ⁻¹) pri različitim tretmanima navodnjavanja.....	76
Grafikon 19. Prinos zrna soje (kg ha ⁻¹) pri različitoj gnojdbi dušikom.....	80
Grafikon 20. Prinos zrna soje (kg ha ⁻¹) različitih genotipova.....	81
Grafikon 21. Korelacija prinosa i hektolitarske mase u 2013. godini istraživanja.....	87
Grafikon 22. Korelacija prinosa zrna i sadržaja ulja u zrnu soje u 2013. godini.....	87
Grafikon 23. Korelacija mase 1000 zrna i hektolitarske mase soje u 2013. godini.....	88
Grafikon 24. Korelacija mase 1000 zrna i sadržaja bjelančevina u zrnu soje u 2013. godini.....	88
Grafikon 25. Korelacija hektolitarske mase (kg hl ⁻¹) i ulja (%) u zrnu soje u 2013. godini.....	89
Grafikon 26. Korelacija sadržaja bjelančevina i ulja u zrnu soje u 2013. godini.....	89
Grafikon 27. Korelacija mase 1000 zrna i sadržaja bjelančevina u zrnu soje u 2014.godini.....	90
Grafikon 28. Korelacija mase 1000 zrna i sadržaja ulja u zrnu soje u 2014. godini.....	90
Grafikon 29. Korelacija hektolitarske mase i sadržaja ulja u zrnu soje u 2014. godini.....	91
Grafikon 30. Korelacija prinosa i mase 1000 zrna soje u 2015. godini.....	91
Grafikon 31. Korelacija prinosa i sadržaja bjelančevina u zrnu soje u 2015. godini.....	92
Grafikon 32. Korelacija prinosa i sadržaja ulja u zrnu soje u 2015. godini.....	92
Grafikon 33. Korelacija mase 1000 zrna i hektolitarske mase zrna soje u 2015. godini....	93
Grafikon 34. Korelacija sadržaja ulja i bjelančevina u zrnu soje u 2015. godini.....	93

12.3. Popis slika u radu

Slika 1. Postavljeni blokovi na parcelama	21
Slika 2. Watermark uređaj.....	21
Slika 3. Navodnjavanje parcela samohodnim rasprskivačem s kišnim krilom	22
Slika 4. Razmjeravanje parcela za sjetvu pokusa soje	26
Slika 5. Sjetva soje	26
Slika 6. Prva troliska (V_2)	27
Slika 7. Početak cvatnje (R_1).....	27
Slika 8. Početak formiranja mahuna (R_3).....	28
Slika 9. Potpuna zrioba (R_8).....	28
Slika 10. Žetva soje 2014. kombajnom za pokuse	29
Slika 11. Mjerenje vlage i hektolitarske mase uređajem Dickey John.....	29
Slika 12. Određivanje broja klijanaca.....	30
Slika 13. Komore za naklijavanje.....	30
Slika 14. Usipni koš i selektor.....	33
Slika 15. Gravitacijski stol.....	33
Slika 16. Zapršivač, linija za vaganje i pakiranje dorađene soje.....	33

12.4. Popis shema u radu

Shema 1. Shema pokusa soja	112
----------------------------------	-----

ŽIVOTOPIS

Daria Galić Subašić rođena je 20. 08. 1967. godine u Đakovu. Od 1983. - 1985. godine pohađa Centar za usmjereno obrazovanje „Braća Ribar“ Osijek. Svoje školovanje nastavlja u Ekonomskom i upravno-birotehničkom obrazovnom centru Osijek te nakon završetka srednje škole stječe zvanje ekonomski tehničar.

Zapošljava se sa srednjom stručnom spremom u poduzeću „Agromehanika-chemical“ 1991. godine na poslovima prodaje i nabave robe gdje radi sve do 1995. godine, kada se zapošljava u Rektoratu Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku u Službi za financije i računovodstvo na poslovima blagajne i obračuna plaće.

Godine 1999. upisuje studij uz rad na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku. Svoje fakultetsko obrazovanje završava 2006. godine kada brani diplomski rad: Ekološka proizvodnja na pilot farmi „Koral“ Čakovci i stječe akademsko zvanje diplomirani inženjer poljoprivrede, smjera ratarstvo. Iste godine zapošljava se u službi za nabavu Rektorata Sveučilišta u Osijeku kao stručni suradnik i voditelj Ureda za nabavu male vrijednosti.

Od 2009. godine zaposlena je na Katedri za agrotehniku i preciznu poljoprivredu, Zavoda za mehanizaciju, Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, kao viši stručni suradnik u znanosti i visokom obrazovanju i suradnik pri obavljanju poslova u istraživanjima za projekt MZOŠ broj 079-0000000-3588, voditelja prof. dr. sc. Mladena Jurišića. Sudjeluje kao suradnik u pripremi vježbi na preddiplomskom studiju Mehanizacije, modulu Bilinogojstvo i izbornom modulu prediplomskog studija, Agrotehnika povrćarskih kultura. Rad na katedri, projektu i trogodišnjem pokusu na Poljoprivrednom institutu Osijeku rezultirao je objavljivanjem osamnaest (18) znanstvenih, preglednih i stručnih radova u koautorstvu i autorstvu, koji su prezentirani u referentnim časopisima, te zbornicima na domaćim i međunarodnim skupovima.

Kao suradnik sudjelovala je na projektu „Reakcija soje i krmnog graška na inokulaciju i navodnjavanje“, voditeljice, izv. prof. Irene Rapčan. Sudjelovala je u izradi AgBase priručnika za uzgoj bilja IV. temeljem sporazuma o suradnji na projektu Izrada digitalnih priručnika (ekspertni sustav – WEB format) za uzgoj bilja kroz primjenu u održivom uzgoju ratarskih, povrćarskih, ljekovitih i začinskih kultura na području Općina Bilje. Tehnički je urednik korisničkog priručnika (praktikuma) Geoinformacijski sustavi ILWIS 3,0.

Područja i interesi njenog rada su biljna proizvodnja, organski uzgoj ratarskih i povrtlarskih kultura, proizvodnja sjemena i zaštićeni prostori.

Članica je Hrvatskog agronomskog društva.

Udana je i majka je troje djece.