

# Utjecaj mikrobiološkog pripravka i gnojidbe fosforom na prinos, kvalitetu i klijavost sjemena soje i kukuruza na kiselim tlima

---

Jović, Jurica

Doctoral thesis / Disertacija

2019

*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:151:203666>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

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



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

**Jurica Jović, mag. ing. agr.**

**UTJECAJ MIKROBIOLOŠKOG PRIPRAVKA I GNOJIDBE  
FOSFOROM NA PRINOS, KVALITETU I KLIJAVOST SJEMENA  
SOJE I KUKURUZA NA KISELIM TLIMA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Osijek, 2019.

REPUBLIKA HRVATSKA  
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Jurica Jović, mag. ing. agr.**

**UTJECAJ MIKROBIOLOŠKOG PRIPRAVKA I GNOJIDBE  
FOSFOROM NA PRINOS, KVALITETU I KLIJAVOST SJEMENA  
SOJE I KUKURUZA NA KISELIM TLIMA**

- Doktorska disertacija -

Osijek, 2019.

REPUBLIKA HRVATSKA  
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Jurica Jović, mag. ing. agr.**

**UTJECAJ MIKROBIOLOŠKOG PRIPRAVKA I GNOJIDBE  
FOSFOROM NA PRINOS, KVALITETU I KLIJAVOST SJEMENA  
SOJE I KUKURUZA NA KISELIM TLIMA**

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Suzana Kristek

**Povjerenstvo za ocjenu:**

1. dr. sc. Brigita Popović, izvanredni profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik
2. dr. sc. Suzana Kristek, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, mentor i član
3. dr. sc. Lidija Dujmović, docent Prehrambeno - tehnološkog fakulteta u Osijeku, član
4. dr. sc. Vlado Guberac, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član
5. dr. sc. Vladimir Ivezić, docent Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član

Osijek, 2019.

REPUBLIKA HRVATSKA  
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Jurica Jović, mag. ing. agr.**

**UTJECAJ MIKROBIOLOŠKOG PRIPRAVKA I GNOJIDBE  
FOSFOROM NA PRINOS, KVALITETU I KLIJAVOST SJEMENA  
SOJE I KUKURUZA NA KISELIM TLIMA**

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Suzana Kristek

**Javna obrana doktorske disertacije održana je 21. ožujka 2019. godine pred  
Povjerenstvom za obranu:**

1. dr. sc. Vlado Guberac, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik
2. dr. sc. Suzana Kristek, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, mentor i član
3. dr. sc. Lidija Dujmović, docent Prehrambeno - tehnološkog fakulteta u Osijeku, član
4. dr. sc. Brigita Popović, izvanredni profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član
5. dr. sc. Mirta Rastija, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član

Osijek, 2019.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorska disertacija

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij: Poljoprivredne znanosti

Smjer: Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

UDK:

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Poljoprivreda

Grana: Bilinogojstvo

**Utjecaj mikrobiološkog pripravka i gnojidbe fosforom na prinos, kvalitetu i klijavost sjemena soje i kukuruza na kiselim tlima**

**Jurica Jović, mag. ing. agr.**

**Disertacija je izrađena na** Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

**Mentor:** Prof. dr. sc. Suzana Kristek

Fosfor je drugi najpotrebniji makroelement za rast i razvoj biljaka, odmah poslije dušika. Fiksacija fosfora u tlu ponajviše ovisi o pH reakciji tla, sadržaju vlage u tlu, temperaturi te već prisutnim mineralima u tlu. Fosfor - topive bakterije, tj. phosphor solubilizing bacteria (PSB), posjeduju različite mehanizme pomoću kojih biljkama nepristupačne oblike fosfora mogu prevesti u biljci pristupačne oblike te tako utjecati na nepristupačne zalihe fosfora u tlu. Cilj ovog istraživanja bio je ustanoviti učinak mikrobiološkog pripravka i gnojidbe fosforom na prinos, kvalitetu i klijavost sjemena soje i kukuruza na kiselim tlima. Odabrana su tri tipa tla sličnih pH vrijednosti, različitog sadržaja humusa i koncentracije lakopristupačnog fosfora. U sklopu terenskih istraživanja provedeni su dvogodišnji poljski pokusi te analize biljne tvari i tla. Kao mikrobiološki pripravak korišten je komercijalni pripravak Terra Condi tvrtke EmTehnologija d.o.o. iz Valpova u koji su dodane bakterije *Pseudomonas putida* (ATCC 12633), *Pseudomonas rhizosphaera* (DSM 16299) te *Pseudomonas fluorescens* (ATCC 13525) kao fosfor - topive bakterije. Utvrđeno je da su se bakterije roda *Pseudomonas* adaptirale u tlu svih lokaliteta. Kontrolna varijanta uz primjenu mikrobiološkog pripravka bilježila je veće prosječne prinose soje i kukuruza na svim lokalitetima u odnosu na kontrolnu varijantu bez primjene mikrobiološkog pripravka. Količine mikrobiološki fiksiranog fosfora kretale su se od 23,34 do 88,88 kg ha<sup>-1</sup>. Također, utvrđena je vrlo jaka pozitivna korelacija ( $r = 0,89$ ) između sadržaja fosfora u tlu (AL-metoda) te količine mikrobiološki fiksiranog fosfora na pojedinim varijantama te između sadržaja humusa u tlu i povećanja mikrobiološke fiksacije fosfora ( $r = 0,81$ ). Prosječne vrijednosti klijavosti soje kretale su se od 91,9 do 93,4 %, a kukuruza od 92,6 do 93,8 %. Potrebna su dodatna i dugotrajnija istraživanja u poljskim uvjetima kako bi što preciznije utvrdili utjecaj mikrobiološkog pripravka.

**Broj stranica:** 132

**Broj slika:** 32

**Broj tablica:** 41

**Broj literaturnih navoda:** 226

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** mikrobiološki pripravak, fosfor, soja, kukuruz, klijavost

**Datum obrane:** 21. ožujka 2019.

**Povjerenstvo za obranu:**

1. dr. sc. Vlado Guberac, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik
2. dr. sc. Suzana Kristek, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, mentor i član
3. dr. sc. Lidija Dujmović, docent Prehrambeno - tehnološkog fakulteta u Osijeku, član
4. dr. sc. Brigita Popović, izvanredni profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član
5. dr. sc. Mirta Rastija, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član

**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 Agriculture in Osijek**

**Postgraduate university study: Agricultural sciences**

**Course: Plant breeding and seed science**

**UDK:**

**Scientific Area: Biotechnical Sciences**

**Scientific Field: Agriculture**

**Branch: Plant production**

**Influence of microbiological preparation and phosphorus fertilizer on yield, quality and germination of soybean and maize seed grown on acidic soils**

**Jurica Jović, mag. ing. agr.**

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

**Supervisor:** Prof. dr. sc. Suzana Kristek

Phosphorus is the second most necessary macro-element for plant growth and development, just after nitrogen. Fixing of phosphorus in soils mostly depends on the pH value of soil, soil moisture, temperature and present soil minerals. Phosphorous solubilizing bacteria (PSB) have different mechanisms by which plant unavailable phosphorous forms can be transformed into available forms to plants, thus affecting phosphorus reserves in the soil. The aim of this study was to determine the effect of microbiological preparation and phosphorus fertilization on the yield, quality and germination of soybean and corn seeds grown on acidic soils. Three locations with soils of similar pH values, different content of humus and concentration of available phosphorus were selected. The researches included a two-year field experiment and analysis of plant material and soil. As a microbiological preparation, a commercial preparation named Terra Condi, producer EmTehnologija d.o.o. from Valpovo, to which bacteria *Pseudomonas putida* (ATCC 12633), *Pseudomonas rhizosphaere* (DSM 16299) and *Pseudomonas fluorescens* (ATCC 13525) were added as phosphorous solubilizing bacteria. It was found that the *Pseudomonas* strains adapted to the soil of all sites. The control treatment with microbiological preparation recorded higher average yields of soybean and corn at all sites compared to the control treatment without the use of the microbiological preparation. The average amounts of microbially fixed phosphorus ranged from 23.34 to 88.88 kg ha<sup>-1</sup>. Also, there were found very significant positive correlation ( $r = 0.89$ ) between the concentration of available phosphorus (AL-method) and the amount of microbially-fixed phosphorus, as well as between the humus content in soil and the increase of microbially-fixed phosphorus ( $r = 0.81$ ). The average values of soybean germination ranged from 91.9 to 93.4%, and corn from 92.6 to 93.8%. Additional and longer-lasting researches under field conditions are needed to better determine the effects of the microbiological preparation.

**Number of pages:** 132

**Number of figures:** 32

**Number of tables:** 41

**Number of references:** 226

**Original in:** croatian

**Key words:** microbiological preparation, phosphorus, soybean, corn, germination

**Date of the thesis defense:** 21. 03. 2019.

**Reviewers:**

1. dr. sc. Vlado Guberac, full professor at the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
2. dr. sc. Suzana Kristek, full professor at the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
3. dr. sc. Lidija Dujmović, assistant professor Faculty of Food Technology Osijek
4. dr. sc. Brigita Popović, associate professor at the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
5. dr. sc. Mirta Rastija, full professor at the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Thesis deposited in:**

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

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 Pregled literature .....	4
1.1.1 Fosfor u prirodi.....	4
1.1.2 Fosfor i biljka.....	4
1.1.3 Fosfor u tlu.....	5
1.1.4 Fosfor i pH.....	7
1.1.5 Fosfor i humus .....	7
1.1.6 Klijanje .....	8
1.1.7 Klijavost soje .....	9
1.1.8 Klijavost kukuruza.....	9
1.1.9 Značaj mikroorganizama u tlu .....	10
1.1.10 Gnojidba .....	14
1.1.11 Mineralna i organska gnojiva .....	15
1.1.12 Mikrobiološka gnojiva.....	16
1.1.13 Gnojidba fosforom.....	16
1.1.14 Ekonomski i ekološki aspekti .....	17
1.2 Cilj istraživanja i hipoteze.....	19
<b>2. MATERIJAL I METODE RADA .....</b>	<b>20</b>
2.1 Terenska istraživanja.....	20
2.1.1 Vremenske prilike.....	20
2.1.2 Odabir tala za postavljanje poljskih pokusa .....	21
2.1.3 Pedološka istraživanja .....	21
2.1.4 Varijante gnojidbe i primjene mikrobiološkog pripravka .....	22
2.1.5 Sjetva i uzgoj kultura na poljskim pokusima.....	24
2.2 Uzorkovanje tla i priprema za kemijske analize .....	24
2.3 Određivanje prinosa i uzorkovanje biljnog materijala, priprema za kemijske analize ..	25
2.4 Laboratorijske analize tla i biljnog materijala.....	26
2.4.1 Kemijske analize tla.....	26
2.4.1.1 pH reakcija.....	26
2.4.1.2 Određivanje sadržaja organske tvari.....	26
2.4.1.3 Određivanje koncentracije AL- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> i AL-K <sub>2</sub> O.....	27
2.4.1.4 Određivanje hidrolitičke kiselosti tla (H <sub>K</sub> ).....	28



2.4.1.5	Određivanje sadržaja karbonata u tlu (% CaCO <sub>3</sub> ) .....	28
2.4.1.6	Određivanje kationskog izmjenjivačkog kapaciteta (KIK).....	28
2.4.1.7	Određivanje koncentracije Ca, Mg, K, Na, P, Cu, Fe, Mn i Zn u tlu .....	29
2.4.1.8	Određivanje koncentracije organskog fosfora u tlu .....	29
2.4.2	Kemijske analize biljne tvari .....	30
2.4.2.1	Određivanje koncentracije N .....	30
2.4.2.2	Određivanje koncentracije Ca, Mg, K, Na, P, Cu, Fe, Mn i Zn u biljnom materijalu .....	31
2.4.3	Određivanje sadržaja bjelančevina, ulja i škroba .....	31
2.4.4	Energija klijanja i klijavost.....	31
2.4.5	Masa tisuću zrna .....	31
2.4.6	Mikrobiološke analize .....	32
2.4.6.1	Utvrđivanje prisutnosti <i>Pseudomonas</i> spp. u tlu s pokusnih parcela.....	32
2.4.6.2	Ispitivanje tri bakterijske vrste roda <i>Pseudomonas</i> spp. na otapanje fosfora ...	33
2.4.6.3	Umnažanje bakterija <i>Pseudomonas putida</i> (ATCC 12633), <i>Pseudomonas rhizosphaere</i> (DSM 16299) te <i>Pseudomonas fluorescens</i> (ATCC 13525).....	33
2.4.7	Statistička analiza podataka .....	34
<b>3.</b>	<b>REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>35</b>
3.1	Vremenske prilike tijekom vegetacije proljetnih kultura za promatrano razdoblje .....	35
3.2	Pedološka istraživanja .....	38
3.2.1	Pedomorfološke značajke .....	38
3.2.2	Pedokemijske značajke .....	40
3.2.3	Pedofizikalne značajke .....	41
3.3	Kemijska svojstva tla .....	43
3.3.1	pH reakcija tla.....	43
3.3.2	Sadržaj organske tvari .....	47
3.3.3	Koncentracije lakopristupačnog fosfora i kalija (AL- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> i AL-K <sub>2</sub> O).....	49
3.3.4	Hidrolitička kiselost tla.....	52
3.3.5	Koncentracije Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn i P u tlu i kationski izmjenjivački kapacitet tla.....	54
3.4	Organski fosfor u tlu .....	59
3.4.1	Korelacija sadržaja mineralnog i organskog fosfora u tlu.....	61
3.5	Mikrobiološka istraživanja .....	63
3.5.1	Prisutnost bakterija roda <i>Pseudomonas</i> spp. u tlu .....	63

3.5.2 Otapanje fosfora bakterijama roda <i>Pseudomonas</i> spp. u laboratorijskim uvjetima	64
3.5.3 Broj bakterija <i>Pseudomonas putida</i> (ATCC 12633), <i>Pseudomonas rhizosphaere</i> (DSM 16299) te <i>Pseudomonas fluorescens</i> (ATCC 13525) u tekućem mediju po King-u	64
3.6 Prinosi i kvaliteta sjemena	66
3.6.1 Prinos zrna soje i kukuruza	66
3.6.1.1 Prinosi o odnosu na varijante s i bez mikrobiološkog pripravka	68
3.6.2 Masa tisuću zrna (MTZ)	69
3.6.2.1 Masa 1000 zrna soje	69
3.6.2.2 Masa 1000 zrna kukuruza	69
3.6.3 Energija klijanja i klijavost soje i kukuruza	72
3.6.3.1 Energija klijanja soje	72
3.6.3.2 Energija klijanja kukuruza	73
3.6.3.3 Klijavost soje	74
3.6.3.4 Klijavost kukuruza	75
3.6.4 Sadržaj ulja, bjelančevina i škroba u zrnu	76
3.6.4.1 Sadržaj ulja u zrnu soje	76
3.6.4.2 Sadržaj bjelančevina u zrnu soje	77
3.6.4.3 Sadržaj ulja u zrnu kukuruza	78
3.6.4.4 Sadržaj bjelančevina u zrnu kukuruza	79
3.6.4.5 Sadržaj škroba u zrnu kukuruza	80
3.6.4.6 Ukupno iskorištenje zrna soje i kukuruza	83
3.7 Koncentracija elemenata u zrnu soje i kukuruza te korelacija između pojedinih makro i mikroelemenata	84
3.7.1 Koncentracija makro i mikroelemenata u zrnu soje i kukuruza	84
3.7.1.1 Koncentracija makro i mikroelemenata elemenata u zrnu soje	84
3.7.1.2 Koncentracija makro i mikroelemenata elemenata u zrnu kukuruza	85
3.7.2 Korelacija između pojedinih makro i mikroelemenata u zrnu soje i kukuruza	85
3.7.2.1 Korelacije između makro i mikro elemenata u zrnu soje	85
3.7.2.2 Korelacije između makro i mikro elemenata u zrnu kukuruza	87
3.7.3 Sadržaj dušika u zrnu soje i kukuruza	89
3.7.3.1 Sadržaj dušika u zrnu soje	89
3.7.3.2 Sadržaj dušika u zrnu kukuruza	90
3.8 Rezultati ekonomske analize	92

<b>4. RASPRAVA .....</b>	<b>94</b>
4.1 Vremenske prilike tijekom vegetacije proljetnih kultura za promatrano razdoblje .....	94
4.1.1 Vremenske prilike tijekom uzgoja soje u 2016. godini .....	94
4.1.2 Vremenske prilike tijekom uzgoja kukuruza u 2017. godini.....	94
4.2 Pedološka istraživanja .....	95
4.2.1 Lesivirano pseudoglejno tlo.....	95
4.2.2 Močvarno glejno amfiglejno tlo .....	95
4.2.3 Pseudoglejno tlo na zaravni .....	96
4.3 Kemijska istraživanja tla .....	96
4.3.1 Kemijska svojstva tla.....	96
4.3.2 Koncentracije Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn i P u tlu .....	97
4.4 Organski fosfor u tlu .....	98
4.5 Mikrobiološka istraživanja .....	98
4.5.1 Otapanja fosfora pomoću bakterija roda <i>Pseudomonas</i> spp. u laboratorijskim uvjetima .....	98
4.5.2 Prisutnost bakterija roda <i>Pseudomonas</i> spp. u tlu .....	100
4.6 Prinosi i kvaliteta sjemena .....	100
4.6.1 Prinos zrna soje i kukuruza.....	100
4.6.2 Masa tisuću zrna .....	102
4.6.3 Klijavost zrna soje i kukuruza .....	103
4.6.4 Sadržaj ulja, bjelančevina i škroba u zrnu soje i kukuruza.....	103
4.6.5 Koncentracija makro i mikroelemenata u zrnu soje i kukuruza .....	104
4.6.6 Korelacija između pojedinih makro i mikroelemenata u zrnu soje i kukuruza .....	105
4.7 Ekonomska analiza.....	107
<b>5. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>108</b>
<b>6. LITERATURA.....</b>	<b>110</b>
<b>7. SAŽETAK .....</b>	<b>.....</b>
<b>8. SUMMARY .....</b>	<b>.....</b>
<b>9. PRILOG .....</b>	<b>.....</b>
<b>10. ŽIVOTOPIS .....</b>	<b>.....</b>

## 1. UVOD

Fosfor je jedan od tri najpotrebnija makroelementa za rast i razvoj biljaka, uz dušika i kalij, te se smatra kritičnim čimbenikom u mnogim sustavima biljne proizvodnje jer su oblici biljci pristupačnog fosfora u tlu ograničeni (Xiao i sur., 2011.).

Fosfor se u tlu, biljkama i prirodi nalazi u peterovalentnom obliku te ulazi u građu vrlo značajnih organskih spojeva kao što su nukleoproteidi, enzimi, fosfolipidi i dr. Biljke usvajaju fosfor isključivo u anionskom obliku od kojih su  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  i  $\text{HPO}_4^{2-}$  najzastupljeniji što nadalje ovisi o pH reakciji tla (Mahdi i sur., 2011.). Fosfor se u organsku tvar, za razliku od dušika i sumpora, ugrađuje bez redukcije. Vukadinović i Lončarić (1998.) naveli su kako se ciklus fosfora sastoji iz razgradnje fosfornih spojeva u tlu, njihovog usvajanja biljkama i ponovnog nastanka minerala tla te da je količina fosfora u biljkama prosječno 0,3 - 0,5 %.

Fosfor u tlu potječe iz procesa razgradnje matičnih stijena, ponajviše apatita te ulazi u sastav velikog broja različito topivih minerala, ali se nalazi i vezan u organskoj tvari tla te mu je stoga sadržaj u litosferi vrlo promjenjiv. Spojevi fosfora su različito raspoloživi biljkama te tako razlikujemo (1) vodotopive fosfate, (2) fosfor topiv u kiselinama - slabim ili jakim, (3) fosfor topiv u lužnatim otopinama te (4) teško topivi fosfor. Međutim, uslijed slabe topivosti i fiksacije fosfora u tlu, samo jedan mali dio tog fosfora (oko 0,1 % ili 1 mg kg<sup>-1</sup>) stoji biljkama na raspolaganju (Goldstein, 1994.). Fiksacija fosfora u tlu ponajviše ovisi o pH reakciji tla, sadržaju vlage u tlu, temperaturi te već prisutnim mineralima u tlu. Tako fosfor u kiselim tlima biva fiksiran od strane slobodnih oksida i hidroksida aluminijska i željeza, dok u alkalnim tlima ključnu ulogu, u fiksaciji fosfora, igra kalcij (Toro, 2007.). Stoga, širom svijeta, preko 5,7 milijardi hektara sadrži jako male količine pristupačnog fosfora potrebnog za održivu biljnu proizvodnju (Hinsinger, 2001.). Osim anorganskog, bitna je i frakcija organskog fosfora u tlu, kao rezerve organskog fosfora u tlu, a ujedno i kao odgovor zašto pojedina tla slabo reagiraju na gnojidbu fosforom (Ziadi i sur., 2007.). Naime, kod tala s nižim sadržajem fosfora, a visokim sadržajem humusa, može izostati reakcija biljke na preporučene doze gnojiva što se tumači činjenicom da je količina biljci pristupačnog fosfora, zbog većeg udjela frakcije organskog fosfora, viša nego što pokazuju rezultati istraživanja (Kovačević i sur., 1992.).

Postoji nekoliko načina kako se pristupačnost fosfora može povećati, a jedan od načina je mjera kalcizacije kiselih tala kojom se podiže pH vrijednost tla te se na taj način oslobađaju određene količine fosfora. Druga mogućnost je unošenje fosfornih gnojiva u većoj količini u tlo, od kojih

će jedan dio, odmah nakon unošenja u tlo, stupiti u procese fiksacije, dok će drugi dio biti pristupačan biljkama. Međutim, kod ove agrotehničke mjere postoji mogućnost od prekomjernog unošenja fosfora u tlo, te je takva mjera često ekonomski i agroekološki neopravdana. Jedan od efikasnih načina rješavanja ovog problema je unošenje organske tvari u tlo, jer se na takav način povećava sadržaj organski vezanog fosfora u tlu, te time i ukupna količina fosfora u tlu (Al-Jaloud i sur., 1998.). Također, većina poljoprivrednih tala ima ogromne zalihe fosfora od kojih se veći dio, oko 95 do 99 %, nalazi u nepristupačnim oblicima te je tako zapravo nekoristan za biljke (Pradhan i Sukla, 2005.). Nadalje, smatra se kako su zalihe fosfora u poljoprivrednim tlima velike te da bi oslobađanje tih zaliha osiguralo maksimalne prinose usjeva za narednih 100 godina širom svijeta (Goldstein i sur., 1993.). Ove činjenice potaknule su istraživanja o mogućnosti povećanja topivosti fosfora iz njegovih rezervi (Kahn i sur., 2007.), te se u posljednje vrijeme kao jedan od načina povećanja pristupačnosti fosfora u tlu nameće korištenje fosfor - topivih mikroorganizama koji će djelovati na zalihe fosfora u tlima gdje je njegova količina zanemariva.

Mikroorganizmima, kao živim zemljišnim organizmima, pripada daleko najznačajnija uloga u tlu. Mikroorganizmi humificiraju organske ostatke pri čemu nastaje humus ili organska tvar tla. Mikroorganizmi i mineraliziraju nastali humus pri čemu nastaju mineralna hraniva koje biljke koriste u svojoj ishrani. Benefitni mikroorganizmi djeluju antagonistički prema patogenim mikroorganizmima. Nadalje, nesimbiotske i asocijativne nitrofiksirajuće bakterije u neutralnim tlima svojom aktivnošću omogućuju korištenje atmosferskog dušika kojeg ove bakterije prevode najprije u amonijačni, pa u nitratni oblik. Na taj način omogućuje se redukcija dušične gnojidbe od 30 do 40 %. Tako se smatra da i fosfor - topive bakterije, tj. phosphor solubilizing bacteria (PSB), korištene kao inokulant potiču usvajanje fosfora od strane usjeva. Sojevi iz rodova *Pseudomonas*, *Bacillus* te *Rhizobium* pripadaju naj snažnijim fosfor - topivim bakterijama (Rodriguez i Fraga, 1999.). Primjena PSB pripravaka omogućuje oslobađanje tzv. „kamenih fosfata“, odnosno njihovo prevođenje u oblike pristupačne biljkama. S obzirom da su istraživanja dokazala da tla sadrže od 1600 – 2500 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, neutralizacijom tala ili unošenjem adekvatnih mikrobioloških pripravaka možemo reducirati gnojidbu fosfornim gnojivom od 20 do 50 %. Unošenjem benefiitnih bakterija u kiselo tlo, bez obzira što se radi o neutrofilnim mikroorganizmima, s obzirom da su neki sojevi acidorezistentni pomažu i unapređuju rast biljaka. Nadalje, produciraju fitohormone (Thrane i sur., 2000., Kristek i sur., 2006.), prvenstveno cikličke lipopeptide (amphisin, tensin, visconsin, visconsinamid), stimuliraju usvajanje hraniva, proizvode siderofore, povećavaju pristupačnost željeza u

rizosferi, povećavaju intenzitet fotosinteze, povećavaju topivost anorganskih oblika fosfora oko aktivne zone korijena te se mobilizacijom fosfora poboljšava vigor biljke i prinos za 15 - 20 % (Whipps, 2001.). Rezultati istraživanja brojnih autora pokazali su da, osim što benefitne bakterije poput *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, produktima svog metabolizma prevode biljkama nepristupačne oblike hraniva u pristupačne, ciklički lipopeptidi pokazuju antagonističku aktivnost prema nekim patogenim gljivama, poput uzročnika truleži korijena biljaka: *Rhizoctonia solani* (Nielsen i sur., 2000., 2002., Andersen i sur., 2003.), *Aphanomyces cochlioides* (Nielsen i sur., 1999., Sorensen i sur., 2001.), *Pythium ultimum* i *Pythium debaryanum* (Lee i sur., 2000., Nielsen i sur., 2000., Thrane i sur., 2000., Andersen i sur., 2003.).

Postoje brojni komercijalni mikrobiološki preparati širokog spektra upotrebe kao što je suzbijanje insekata, zaštite biljaka od bolesti, poboljšanja plodnosti tla te mnogih drugih. Djelovanje i učinkovitost mikroorganizama nije nepoznanica, kako u svijetu tako i u našoj regiji. Međutim, jedan od glavnih kriterija jeste da primjena, bilo kojeg mikrobiološkog preparata, ne smije narušiti parametre kvalitete sjemena, među kojima je najznačajniji, pored čistoće sjemena, njegova klijavost. Klijanje je proces pri kojem se prekida dormantnost sjemena i započinje rast i razvoj klice u novu biljku. Primjena mikrobioloških preparata, u svrhu smanjenja korištenja fosfornih mineralnih gnojiva, treba zadržati, ako ne i poboljšati, sve parametre kvalitete ploda određene kulture.

Prema podacima FAOSTAT Database, kukuruz (*Zea mays* L.), kao najzastupljenija žitarica u regiji, je u desetogodišnjem razdoblju (2007. - 2016.) na području Republike Hrvatske prosječno uzgajan na 285.555 ha uz prosječan prinos od 6,69 t ha<sup>-1</sup>, dok je na području Bosne i Hercegovine prosječno uzgajan na 191.594 ha uz prosječan prinos od 4,35 t ha<sup>-1</sup>. Soja (*Glycine max* Mer.) je, kao najzastupljenija uljarica u regiji, za navedeno razdoblje na području Republike Hrvatske uzgajana na prosječno 55.779 ha uz prosječan prinos od 2,50 t ha<sup>-1</sup>, dok je u Bosni i Hercegovini uzgajana na prosječno 4.790 ha uz prosječan prinos od 1,87 t ha<sup>-1</sup>. Fosfor je drugi najpotrebitiji makroelement za rast i razvoj biljaka, odmah poslije dušika, te se smatra kritičnim faktorom u mnogim sustavima biljne proizvodnje iz razloga što je u tlima njegova pristupačnost u biljci pristupačnim oblicima ograničena (Xiao i sur., 2011.).

## 1.1 Pregled literature

### 1.1.1 *Fosfor u prirodi*

Fosfor se u prirodi ne nalazi u slobodnim oblicima. Postoji velik broj različitih minerala fosfora, od kojih su najznačajniji apatiti te fosforiti. Takvi minerali sadrže od 5 do 37 %  $P_2O_5$ , ovisno o nastajanju (Gwosdz i sur., 2006.).

Fosfor pripada neobnovljivim prirodnim resursima. Zalihe fosfora nalazimo diljem svijeta u sedimentnim, magmatskim i metamorfnim stijenama te naslagama guana. Najveće zalihe nalaze se na području Maroka, a zatim na području Kine (BGR, 2013.).

Najnoviji podaci procjenjuju zalihe fosfora na oko 67 milijardi tona što bi zadovoljilo potrebe poljoprivredne proizvodnje (oko 54 milijuna tona godišnje) narednih 320 godina (BGR, 2013.).

Fosfor, kao i većina hranjivih elemenata u tlu, prolazi kroz niz ciklusa od tla do biljke te u konačnici do životinje. Ciklus fosfora sastoji se od složenog odnosa kemijskih i bioloških reakcija koje određuju pristupačnost fosfora. On u tlu potječe kao rezultat djelovanja pedogenetskih čimbenika na matični supstrat, kao i dodatkom fosfora u obliku gnojiva, životinjskog stajskog gnoja, biljnih ostataka i drugih biokrutina, kao što je mulj. Fosfor se iz tla može izgubiti kroz njegovo usvajanje od strane usjeva te odnošenjem plodova i žetvenih ostataka s površine tla, zatim erozijom tla i otjecanjem površinskim vodama (NPM, 2004.).

Većina fosfora u tlu se nalazi u površinskom, odnosno oraničnom sloju tla, kao kompleksna mješavina mineralnih (anorganskih) i organskih spojeva. Oba oblika fosfora, organski i anorganski, predstavljaju važan izvor fosfora za rast biljaka, ali njihova dostupnost uvjetovana je svojstvima tla i okolišnim čimbenicima (Schulte i Kelling, 1992.).

### 1.1.2 *Fosfor i biljka*

Fosfor je jedan od 17 esencijalnih elemenata potrebnih za rast i razvoj biljke (Bielecki, 1973., Ragothama, 1999.).

Koncentracija fosfora u suhoj tvari biljke kreće se od 0,05 % do 0,50 %, a značajnu ulogu igra u brojnim fiziološkim i biokemijskim procesima unutar samog organizma kao što su sinteza nukleinskih kiselina (RNK i DNK), fotosinteza, glikoliza, aktivacija i deaktivacija enzima,

izgradnja i čvrstoća membrana, zatim u procesima respiracije, redox reakcija, signalizacije te usvajanja plinovitog dušika iz zraka (Vance i sur., 2003.).

Ključnu ulogu, kao komponenta izvora energije (ADP, ATP, NADP), ima u metaboličkim procesima ugljikohidrata, masti i bjelančevina (LfULG, 2013.).

Walpola i Yoon (2012.) navode kako se ishrana fosforom povezuje s ključnim funkcijama same biljke, a što uključuje razvoj korijena, jačanje stabljike, formiranje cvijeta i sjemena, zrenje biljke i kvalitetu proizvoda.

Količina fosfora u različitim biljnim vrstama kao i u pojedinim dijelovima iste vrste jako je promjenjiva. Najveća koncentracija je u zrnu, dok ga ostatak biljke sadrži u znatno manjoj koncentraciji. Najmanje ga ima u zrnima žitarica, zatim u zrnima leguminoza, dok ga najviše sadrže zrna uljarica (Pešić, s.a.).

Usvajanje fosfora od strane biljke znatno ovisi o veličini i obliku korijena, broju i gustoći korijenovih dlačica, pH vrijednosti u rizosferi te o prisutnosti mikoriznih gljiva u tlu i njihovoj simbiozi s korijenovim dlačicama (LfULG, 2013.).

Garret (1981.) navodi kako mnogi mikroorganizmi u tlu učinkovitije usvajaju mineralna hraniva, posebice fosfor, nego što to čini korijenje biljaka te da na tu činjenicu ukazuju simbioze između korijenovog sustava većine viših biljaka i mikoriznih gljiva.

Harley (1969.) zaključuje kako približno 10 % cjelokupne proizvodnje ugljikohidrata jednog stabla biva preneseno u korjenčiće ektomikorizne gljive, koje ona višestruko vraća biljkama, simbiotskim partnerima, što je od najvećeg značaja na tlima manje plodnosti te tlima deficitarnim pristupačnim fosforom.

Nakon provedenih poljskih pokusa na tlima s nedostatkom fosfora, Mosse (1973.) navodi kako je infekcija mikoriznim gljivama pospješila usvajanje fosfora od strane biljke domaćina te značajno utjecala na povećanje rasta biljke i u konačnici na povećanje prinosa.

### *1.1.3 Fosfor u tlu*

Fosfor u tlu prolazi kroz različite procese razgradnje. Najveći udio fosfora u tlu nalazi se u čvrsto vezanim anorganskim oblicima, bilo to u oblicima primarnih fosfornih minerala, tj. apatita ili u sekundarnim oblicima gdje je fosfor vezan za minerale željeza (Fe), aluminijska (Al) ili kalcija (Ca), kao i organskim oblicima gdje je fosfor adsorbiran na hidroksidima aluminijska i željeza. Fosfati kalcija, aluminijska i željeza te organski fitati pripadaju izuzetno stabilnim



oblicima što znači da su teško topivi, dok su lakotopivi spojevi fosfora amorfn oksidi aluminija i željeza te fosfor adsorbiran na mineralima gline. Nadalje, lakotopivim vezama fosfora pripadaju lako mineralizirajući organski vezani fosfati te fosfati kalcija, natrija, magnezija i amonijevih iona. Između pojedinih oblika fosfora u tlu vlada dinamična ravnoteža gdje fosfor prelazi iz jednih oblika u druge u cilju izjednačenja koncentracije fosfora (LfULG, 2013.).

Fosfor vezan u kemijske spojeve nije pristupačan biljkama. Stoga, ograničene količine pristupačnog fosfora često su faktor koji ograničava prinose ratarskih kultura širom svijeta. Sastav matičnog supstrata tla, te kemijska i fizikalna svojstva tla u velikoj mjeri utječu na pristupačnost fosfora. Tako u uvjetima kisele reakcije pristupačnost fosfora može biti smanjena uslijed stvaranja teško topivih fosfata aluminija, željeza i mangana (Bergmann, 1992., Mengel i Kirkby, 2001., Rengel, 2003., Mesić i sur., 2009., Kadar i sur., 2010.).

Blume i sur. (2010.) navode kako se sadržaj fosfora u tlu kreće između 200 i 800 mg kg<sup>-1</sup> tla te da se uslijed gnojidbe može značajno mijenjati.

Biljke preko korijenovog sustava usvajaju fosfor isključivo u anionskom obliku, ponajviše u obliku ortofosfata (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> i HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), a u tom se biljci pristupačnom obliku nalazi svega 0,1 % cjelokupnog fosfora tla (Goldstein, 1994.).

Zanemarive količine pristupačnog fosfora u tlu ukazuju na činjenicu kako se on jako brzo ugrađuje u nepristupačne spojeve s kationima, posebice sa željezom i aluminijem u kiselim tlima (Vance i sur., 2003.).

Iako se u tlu nalaze velike količine fosfora, on se nalazi u biljci nepristupačnim oblicima te stoga predstavlja najčešći limitirajući element za rast i razvoj biljaka. Pristupačnost fosfora ograničava prinose pojedinih usjeva na 30 – 40 % poljoprivrednih površina diljem svijeta (Runge-Metzger, 1995., von Uexküll & Mutert, 1995.).

Pristupačnost fosfora uvjetovana je pH reakcijom tla te već prisutnim mineralima u tlu, zatim organskom tvari tla i raspodjelom fosfornih gnojiva (USDA, 2014.).

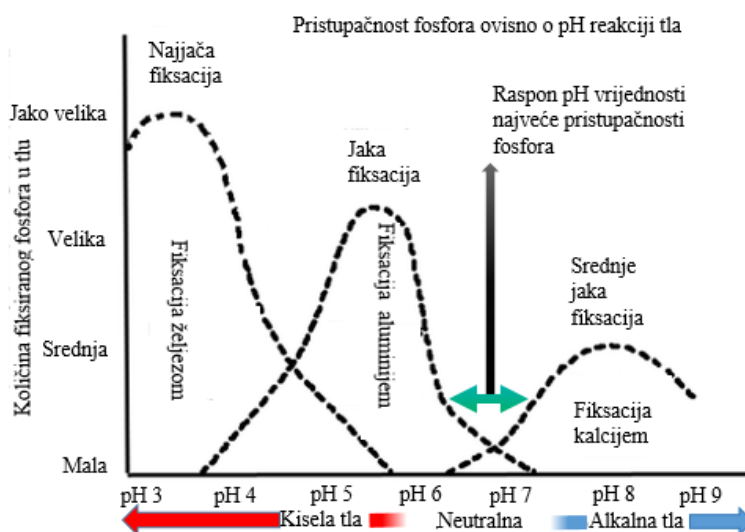
Zaidi i sur. (2009.) navode kako procese mineralizacije i biološke imobilizacije predvode mikroorganizmi te da su ovi procesi pod velikim utjecajem temperature i vlage tla, a nasuprot tome, anorganski fosfor uvjetovan je pH reakcijom otopine tla kao i koncentracijom kationa u tlu.

### 1.1.4 Fosfor i pH

Pojam fiksacije fosfora odnosi se na fiksaciju anorganskog fosfora od strane Fe i Al oksida te Ca u manje topive spojeve koje sadrže fosfor, kada se fosfor u tlo dodaje u obliku fosfornih gnojiva. Fiksacija uključuje niz reakcija koje uklanjaju fosfor iz otopine tla te ga prevode u biljci nepristupačne oblike i smanjuju njegovu učinkovitost na samo 15 – 20 %, privremeno ili trajno ovisno o stupnju i vremenu kemijsko fiksacijskih reakcija (Mahdi i sur., 2011.).

Najizraženija fiksacija se odvija u kiselim tlima gdje  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  reagira s površinama teško topivih oksida željeza, aluminijska i

mangana te kroz nekoliko uzastopnih kemijsko fiksacijskih reakcija biva vezan u nepristupačne oblike. S druge strane, u neutralnim i alkalnim tlima pristupačnost fosfora uvjetovana je uglavnom topivošću različitih Ca-fosfata prisutnih u tlu.



Grafikon 1. Pristupačnost fosfora ovisno o pH reakciji tla (prema Price-u, 2006.)

Uzastopnim reakcijama s kalcijem (Ca) iz kalcijevog

karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ) fosfor prelazi iz lakše topivih u sve teže topive spojeve (Mahdi i sur., 2011.).

Tla pH reakcije između 6 i 7,5 su idealna za usvajanje pristupačnog fosfora od strane biljaka. Na tlima s pH vrijednošću ispod 5,5 te između 7,5 i 8,5 ograničena je pristupačnost fosfora što je rezultat fiksacije fosfora od strane aluminijska, željeza ili kalcija (Grafikon 1.), a što je obično usko povezano s matičnim supstratom tla (USDA, 2014.). Stoga se na kiselim tlima primjenjuje mjera kalcizacije u svrhu podizanja pH vrijednosti tla. Fosfatizacija ili unošenje većih količina fosfornih gnojiva u tlo je također primjenjiva, ali nikako bez prethodne kalcizacije.

### 1.1.5 Fosfor i humus

Organski oblici fosfora, koje nalazimo u humusu i drugim organskim tvarima kao što su (1) ostatci biljaka, (2) tkiva životinjskog podrijetla te (3) mikroorganizmi, predstavljaju značajnu

zalihu biološki fiksiranog fosfora koja čini 20 do 80 % cjelokupnog fosfora u tlu (Richardson, 1994.).

Paul i Clark (1988.) navode kako organski oblici fosfora mogu činiti 30 – 50 % cjelokupnog fosfora većine tala te da se pojedine vrijednosti mogu kretati u rasponu od 5 % pa do čak 95 %.

Organski fosfor djeluje više poput gnojiva s polaganim oslobađanjem fosfora nego što je to slučaj s komercijalnim anorganskim gnojivima, koji su od početka topivi i u biljkama pristupačnim oblicima (Daniels i sur., 1998.).

Dugoročno, polagano oslobađanje fosfora iz organske tvari rezultat je mineralizacije, odnosno razgradnje organske tvari uz pomoć mikroorganizama. Neosporiva je značajna uloga humusa u pristupačnosti fosfora, jer kako navodi Lončarić (2016.), niska humoznost tla znači manju elastičnost i sorpcijsku sposobnost tla te stoga na slabo humoznim tlima nema dovoljno organske tvari koja uspješno može vezati dodani vodotopivi fosfor („HUMAT efekt“) i tako ga sačuvati u biljci pristupačnom obliku.

Održavanje optimalne humoznosti tla, unošenje žetvenih ostataka u tlo kao i zelena gnojidba pospješuju biološku aktivnost tla i time mineralizaciju organskih fosfata, što ujedno smanjuje stvaranje slabo topivih spojeva fosfora, a povećava ukupnu raspoloživost pristupačnog fosfora (LfULG, 2013.).

### *1.1.6 Klijanje*

Klimatske promjene, zajedno s drugim ekološkim promjenama (npr. iskorištavanje zemljišnih resursa) dovode do značajnih promjena tijekom rasta i razvoja uzgajanih biljaka (Walek i Dixon, 2009.).

Veliki broj abiotičkih i biotičkih čimbenika imaju utjecaj na klijanje sjemena te tako i na glavnu komponentu kvalitete sjemena, odnosno klijavost. Različite biljne vrste zahtijevaju različite uvjete neophodne za klijanje, a koji su često povezani s ekološkim uvjetima prirodnih staništa tih biljnih vrsta (Jovičić i sur., 2011.).

Nekoliko okolišnih čimbenika kao što su temperatura, svjetlost, zaslanjenost i vlažnost tla istodobno utječu na klijanje sjemena (Gorai i Neffati, 2007.).

Proces klijanja sjemena podrazumijeva četiri podfaze: usvajanje vode, formiranje (aktiviranje) enzimskih sustava, početak porasta i na kraju porast i razvoj ponika (ISTA, 2006.).

Klijavost sjemena, kao najvažnija komponenta kvalitete sjemena, ovisi prije svega o genetskom potencijalu sorte i hibrida (Jovičić i sur., 2011.).

Efektivni mikroorganizmi (EM) koriste se u svrhu poboljšanja klijanja sjemena različitih kultura (Siqueira i sur., 1993.).

#### 1.1.7 Klijavost soje

Miladinović i sur. (2009.) navode kako visoke temperature u posljednjoj dekadi srpnja i tijekom cijelog kolovoza popraćene nedostatkom oborina negativnu utječu na kvalitetu sjemena soje.

Kovač i sur. (2009.) ustanovili su da nedovoljne količine oborina i visoka temperatura zraka u vrijeme nalijevanja zrna bitno utječu na klijavost sjemena soje.

Vratarić i Sudarić (2000.) navode kako je optimalna reakcija tla za uzgoj soje pH 7, ali da se sorte razlikuju u tolerantnosti na više ili niže pH vrijednosti.

Povećanje sadržaja bjelančevina u zrnu soje dovodi do smanjenja postotka klijavosti neovisno o sadržaju vlage zrna (LeVan i sur., 2008.).

Harrington (1960.) navodi kako su biljke soje uzgajane u uvjetima nedostatka fosfora ostvarile niže prinose sjemena, međutim, nastalo sjeme imalo je jednak postotak klijavosti kao i sjeme biljaka uzgajanih u normalnim uvjetima.

Smanjena klijavost sjemena te promatrani čimbenici vigora sjemena ukazuju na činjenicu da prekomjerna gnojidba fosforom može negativno utjecati na kvalitetu sjemena soje (Krueger, 2011.).

Son i sur. (2006.) objavili su kako je primjena *Pseudomonas* spp., u usjevu soje, pozitivno utjecala na broj kvržica, težinu suhih kvržica, komponente prinosa, prinos zrna kao i na pristupačnost i usvajanje hraniva.

#### 1.1.8 Klijavost kukuruza

Kovačević i Josipović (2005.) potvrdili su kako nedostatak oborina uz povišene temperature zraka za vrijeme ljetnog razdoblja u Istočnoj Hrvatskoj dovode do znatno nižih prinosa zrna kukuruza.

Potrebna količina vode za klijanje (izražena u postotcima u odnosu na suhu tvar zrna) pri temperaturi od 25 °C iznosi 52,8 % za šećerca, 43,7 % za zubana te 42,5 % za tvrduca (Kisilowa, 1958.).

Kukuruz može, pri dobrim uvjetima skladištenja (temperatura do 16 °C, RVZ: 8 - 10 %), zadržati sposobnost klijanja od 95 % kroz 5 godina, nakon toga kljavost se smanjuje i u pravilu prestaje nakon 9 - 10 godina (Brouwer, 1972.).

Ustanovljene su značajne razlike između pojedinih varijanti na osnovi postotka kljavosti kod kultura graška, repe, papra, rajčice, krastavca, kukuruza, mrkve, graha i čička. Tretmani efektivnim mikroorganizmima rezultirali su najvećim brojem kljavih sjemena (Siqueira i sur., 1993.).

Na osnovi dobivenih rezultata istraživanja, Cassàn i sur. (2009.) navode kako inokulacija sjemena bakterijama, korištenim u istraživanju, ukazuje na mogućnost poboljšanja kljavosti sjemena i početnog porasta biljaka soje i kukuruza.

Rezultati istraživanja, koja su provedena od strane grupe autora Viruel i sur. (2014.), upućuju na to da bakterijska inokulacija zrna kukuruza povećava potencijalni prinos zrna. Nadalje, navode kako je fosfor - topiva bakterija *Pseudomonas tazaasii* IEXb pokazala ogroman potencijal za korištenje u svrhe bioinokulanta, a da je primjena ovog soja bakterije roda *Pseudomonas* imala pozitivan učinak na rast, prinos i ishranu fosforom kod biljke kukuruza.

Hooker (1955.) navodi kako uslijed toplog ljeta s dovoljnim količinama oborina te pro hladne i suhe jeseni dobivamo bolji sjemenski materijal nego pri pro hladnom ljetu neovisno o količini i raspodjeli oborina.

### 1.1.9 Značaj mikroorganizama u tlu

Korištenje mineralnih fosfornih gnojiva za poboljšanje produktivnosti u poljoprivredi, kako bi zadovoljili stalno povećanje globalne potražnje hrane, dovodi do onečišćenja površinskih i podzemnih voda, eutrofikaciju plovni putova, iscrpljivanje hraniva iz tla te nakupljanje toksičnih elemenata kao što su selen (Se) i arsen (As) u tlu. Mnogi mikroorganizmi u tlu su sposobni mineralizirati netopivi fosfor iz tla te ga staviti na raspolaganje biljkama. Ti mikroorganizmi poboljšavaju rast i prinos velikog broja različitih usjeva. Stoga, inokuliranje sjemena / usjeva / tla mikroorganizmima koji tope fosfate (Phosphate Solubilizing Microorganisms - PSM) obećavajuća je strategija za poboljšanje proizvodnje hrane bez

narušavanja ravnoteže okoliša. Bolje razumijevanje nedavnih zbivanja o PSM funkcionalnoj raznolikosti, sposobnosti kolonizacije, načinu djelovanja i pravilnoj primjeni biopreparata trebalo bi olakšati njihovu upotrebu kao pouzdane komponente održivih poljoprivrednih sustava (Alori i sur., 2017.).

Fosfor (P) je jedan od najbitnijih elemenata koji su neophodni za razvoj i rast biljaka. Osim njega, samo dušik među mineralnim hranivim tvarima ograničava rast usjeva (Azziz i sur., 2012., Tak i sur., 2012.).

Mikroorganizmi tla u procesima humifikacije organskih ostataka i mineralizacije humusa biljkama osiguravaju hranjive tvari. Oni su uključeni u različite biološke procese, uključujući transformaciju netopivih nutrijenata tla (Babalola i Glick, 2012.a).

Rezultati istraživanja velikog broja autora ukazuju na ispitivanja mogućnosti primjene različitih bakterijskih vrsta za otapanje netopivih anorganskih fosfatnih spojeva, kao što su trikalcij fosfat, dikalcij fosfat, hidroksiapatit te kameni fosfati (Goldstein, 1986.). Među bakterijske rodove s ovom sposobnošću ubrajaju se *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Aerobacter*, *Flavobacterium* i *Erwinia* (Rodriguez i Fraga, 1999.).

Brojni mikroorganizmi su sposobni otapati i mineralizirati netopivi fosfor tla koji je nepristupačan biljkama. Osim kemijske (u malim količinama), mikrobnog otapanje i mineralizacija fosfora jedini su mogući način povećanja fosfora koji je pristupačan biljkama (Bhattacharyya i Jha, 2012.).

Inokulacijom tla ili usjeva mikroorganizmima koji otapaju / mineraliziraju fosfate smanjuje se potreba za mineralnim gnojivima koji negativno utječu na okoliš (Alori i sur., 2012.).

Veliki broj mikroorganizama uključujući bakterije, gljive, aktinomicete i alge imaju sposobnost otapanja i mineralizacije fosfata. Od bakterija najveću sposobnost otapanja i mineralizacije fosfata imaju *Pseudomonas* spp., *Agrobacterium* spp. i *Bacillus circulans* (Babalola i Glick, 2012.b). Od ostalih tu su rodovi *Azotobacter* (Kumar i sur., 2014.), *Bacillus* (Jahan i sur., 2013., David i sur., 2014.), *Burkholderia* (Mamta i sur., 2010., Istina i sur., 2015.), *Rhizobium* (Tajini i sur., 2012.), *Bradyrhizobium* i *Thiobacillus* (Postma i sur., 2010.).

Dosadašnja istraživanja različitih grupa autora i pojedinih istraživača kao što su Wakelin i sur. (2004.), Xiao i sur. (2011.) te Whitelaw (2000.) ukazuju na to da su sojevi bakterija iz rodova

*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium* i *Enterobacter*, te gljive rodova *Aspergillus* i *Penicillium* naj snažniji fosfor - topivi mikroorganizmi.

Mehanizam otapanja fosfata pomoću zemljišnih gljiva vrlo je sličan mehanizmu otapanja fosfata od strane bakterija. Od gljiva najveću sposobnost otapanja i mineralizacije fosfata imaju rodovi *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Cunninghamella*, *Chaetomium*, *Glomus*, *Helminthosporium*, *Micromonospora*, *Mortierella*, *Myrothecium*, *Oidiodendron*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Populospora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Rhizopus*, *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Schwanniomyces*, *Sclerotium*, *Torula*, *Trichoderma* i *Yarrowia* (Srinivasan i sur., 2012., Sharma i sur., 2013.).

Za bolje iskorištenje fosfora u tlima PSM bakterije koje su sposobne transformirati netopivi fosfor u topive oblike djeluju kao biognojiva. Tim načinom povećava se sadržaj biljkama pristupačnog fosfora (Zhu i sur., 2012.).

Upotrebom bakterija koje otapaju biljkama nepristupačni fosfor (biognojiva) omogućen je pristup poboljšanju proizvodnje hrane kroz povećanje prinosa poljoprivrednih proizvoda te zamjene mineralnih gnojiva biognojivima. Ovo je posebno važno za rješavanje problema neplodnih tala (Babalola i Glick, 2012.a).

Fosfor otapajuće bakterije također mogu pomoći rastu biljaka poticanjem učinkovitosti biološke fiksacije dušika, sintetiziranjem fitohormona i poboljšanjem dostupnosti nekih elemenata u tragovima kao što su cink i željezo (Wani i sur., 2007.).

Rodriguez i Fraga (1999.) navode kako tlo sadrži velike količine organske tvari koja predstavlja mogući izvor fosfora za rast biljaka, te kako bi ovaj oblik fosfora postao biljkama pristupačan mora proći kroz proces hidrolize i preći u anorganski oblik. Nadalje, mineralizacija većine organskih fosfornih spojeva odvija se pomoću enzima fosfataze, a smatra se da je glavni izvor fosfataze u tlu mikrobiološkog podrijetla (Garcia i sur., 1993., Xu i Johnson, 1995.).

Prihvaćeno je da ključnu ulogu u procesu otapanja mineralnih fosfata zauzima djelovanje organskih kiselina koje sintetiziraju mikroorganizmi tla (Halder i sur., 1990, Salih i sur., 1989., Sundara i Sinha, 1963.), a među njima najučestalija je glukonska kiselina koja se navodi kao glavna organska kiselina proizvedena od strane fosfor - topivih bakterija kao što su *Pseudomonas* spp. (Illmer i Schinner, 1992.) i *Erwinia herbicola* (Liu i sur., 1992.).

Također, među fosfor - topivim bakterijama identificirane su i druge organske kiseline poput glikolne, oksalne, malonske, jantarne (Banik i Dey, 1982., Illmer i Schinner, 1992.) te 2-ketoglukonske kiseline (Halder i Chakrabartty, 1993.).

Mikrobiološka mineralizacija organskog fosfora pod snažnim je utjecajem parametara okoliša, zapravo, umjerena alkalnost pogoduje mineralizaciji organskog fosfora (Paul i Clark, 1988.).

Sposobnost PSM da transformira netopive organske i anorganske oblike fosfora povezana je sa zalihama hraniva u tlu, kao i uvjetima za rast i razmnožavanje mikroorganizama. PSM bakterije iz tla u uvjetima ekoloških krajnosti kao što su slana i alkalna tla te tla s visokom razinom hranjivih tvari ili tla u područjima ekstremno visokih temperatura okoline imaju izraženiju tendenciju za otapanje veće količine fosfata nego PSM bakterija iz tala/područja gdje su umjereni uvjeti (Zhu i sur., 2011.).

Kontradiktorne rezultate o utjecaju temperature na otapanje fosfora pomoću mikroorganizama ustanovili su brojni autori, tako White i sur. (1997.) u svojim istraživanjima navode da je 20 – 25 °C optimalna temperatura za maksimalno otapanje fosfora pomoću mikroorganizama, dok Kang et al., (2002.) i Varsha (2002.) navode da optimalna temperatura iznosi 28 °C. Međutim, u rezultatima svojih istraživanja autori Kim i sur., (1997.a), Rosado i sur., (1998.) te Fasim i sur., (2002.) smatraju da je optimalna temperatura za mikrobiološko otapanje fosfora 30 °C.

Radeći na ekstremno visokim temperaturama od 45 °C u pustinjskom tlu Nahas (1996.) te Nautiyal i sur., (2000.) odredili su visok stupanj mikrobiološkog otapanja netopivih oblika fosfora, dok su visok stupanj otapanja fosfora Johri i sur. (1999.) zabilježili pri temperaturi od svega 10 °C.

Među ostale čimbenike koji utječu na mikrobiološko otapanje fosfata ubrajamo interakcije s drugim mikroorganizmima u tlu, opseg vegetacije, ekološki uvjeti, klimatska zona, tipovi tla, vrste biljaka, obrada tla, sustavi korištenja zemljišta, te fizikalno - kemijska svojstva tla kao što su organska tvar i pH tla (Seshachala i Tallapragada, 2012.).

Azziz i sur. (2012.) navode kako se fosfor otapa brže u toplim i vlažnim klimatskim područjima, a sporije u hladnim i suhim te da će dobro propusna tla omogućiti brže otapanje fosfora u usporedbi sa zasićenim mokrim tlama. Također navode da stajski gnoj i kompost imaju pozitivne učinke na fosfor - topive bakterije te da su veličina i vrsta populacije bakterija važni za intenzitet otapanja.



Zhao i sur. (2014.) u rezultatima svojih istraživanja zabilježili su negativnu korelaciju između količine fosfata koji je otopljen pomoću bakterije *B. cepacia* SCAUK0330 i pH vrijednosti tla, odnosno, padom pH vrijednosti intenziviralo se otapanje fosfata.

Brojne države i tvrtke razvijale su otopine mikroorganizama za sustave organske poljoprivredne proizvodnje. Među njima, otopina efektivnih mikroorganizama, popularno poznata kao EM, privukla je veliku pažnju širom svijeta (Parr i sur., 1997.).

Efektivni mikroorganizmi (EM) predstavljaju mikrobiološke inokulante koji se sastoje uglavnom od bakterija mliječne kiseline, fotosintetskih bakterija, kvasaca i aktinomiceta, a koji se obično nalaze u tlu (Higa i Parr, 1994.). Također navode kako su istraživanja pokazala da primjena EM kultura u ekosustavu "tlo – biljka" može poboljšati kvalitetu tla kao i ostala svojstva tla, te u konačnici rast, prinos i kvalitetu usjeva.

Higa i Wididana (1991.b) navode kako EM inokulanti nisu zamjena za druge agrotehničke mjere. Međutim, ova mjera predstavlja dodatak za optimizaciju naših najboljih agrotehničkih mjera pri korištenju tla i uzgoju usjeva, kao što su plodored, korištenje organskih dodataka, konzervacijska obrada tla, recikliranje žetvenih ostataka i biokontrola štetnika. Ako se pravilno koriste, EM inokulanti mogu značajno poboljšati pozitivne učinke navedenih agrotehničkih mjera.

Na osnovi provedenih istraživanja i dobivenih rezultata, Iwaishi (2001.) smatra da je primjena efektivnih mikroorganizama korisna u proizvodnji smeđe riže. Na to ukazuju komponente prinosa gdje je primjena efektivnih mikroorganizama dovela do povećanja broja zrna, produljenja dužine klasa, povećanja broja klasova te utjecala na povećanje same težine zrna.

Rezultati istraživanja, dobiveni od strane grupe autora Viruel i sur. (2014.) upućuju na to da bakterijska inokulacija zrna kukuruza povećava potencijalni prinos zrna. Nadalje, navode kako je fosfor - topiva bakterija *Pseudomonas tazaasii* IEXb pokazala ogroman potencijal za korištenje u svojstvu bioinokulanta te da je primjena ovog soja bakterije roda *Pseudomonas* imala pozitivan učinak na rast, prinos i ishranu fosforom kod biljke kukuruza.

#### 1.1.10 Gnojidba

Gnojiva su tvari anorganskog ili organskog podrijetla koje biljkama dodajemo posredno (u tlo) ili izravno (folijarno) s ciljem opskrbljivanja biljaka neophodnim hranivima (Lončarić i Karalić, 2015.).

Gnojidba je agrotehnička mjera aplikacije gnojiva s konačnim ciljem postizanja visokih prinosa i optimizacije raspoloživosti hraniva (Lončarić i Karalić, 2015.). Isti autori navode da gnojidba utječe na većinu sljedećih značajki agroekosustava kao što su; visina prinosa, kvaliteta prinosa, onečišćenje okoliša, kruženje hraniva, stabilnost prinosa, plodnost tla, isplativost proizvodnje te održivost iste.

Vukadinović i Lončarić (1998.) navode kako se gnojiva prema vremenu unošenja dijele na osnovna, startna i gnojiva za prihranu, dok se prema podrijetlu dijele na organska, mineralna, organo-mineralna te biognojiva (Lončarić i Karalić, 2015.).

Vrijeme i način primjene te oblik gnojiva moraju biti usklađeni ovisno o usjevu i agroekološkim uvjetima (tlo, klima, vrsta, kultivar, namjena usjeva itd.) Također, moraju se uvažiti agronomski i ekonomski razlozi (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

#### *1.1.11 Mineralna i organska gnojiva*

Mineralna gnojiva sadrže hraniva u obliku anorganskih soli, a proizvedena su ekstrakcijom, odnosno fizikalnim i/ili kemijskim proizvodnim procesima, dok organska gnojiva sadrže organske spojeve biljnog ili životinjskog podrijetla, a najbrojnija i najznačajnija su stajska gnojiva i komposti (Lončarić i Karalić, 2015.).

Stojić (2009.) navodi da proizvodnja kukuruza zauzima jedno od najvažnijih mjesta u hrvatskoj poljoprivrednoj proizvodnji te da ta kultura ima vrlo veliki genetički potencijal rodnosti. Temeljem navedenog, selekcijom su dobiveni hibridi visoke rodnosti, a za ostvarenje visokih prinosa i kvalitete zrna kukuruza, potrebna je značajna gnojidba u omjerima 150 - 200 kg ha<sup>-1</sup> dušika (N), 100 - 130 kg ha<sup>-1</sup> fosfora (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) i 120 - 180 kg ha<sup>-1</sup> kalija (K<sub>2</sub>O).

Vratarić i Sudarić (2000.) zaključuju kako se na plodnim tlima gnojidba soje treba obavljati na osnovi 30 - 60 kg ha<sup>-1</sup> dušika (N), 60 - 90 kg ha<sup>-1</sup> fosfora (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) te 40 - 60 kg ha<sup>-1</sup> kalija (K<sub>2</sub>O) uz napomenu da se dvije trećine dušika osiguravaju pravilnom bakterizacijom. Na manje plodnim, težim tlima gnojidba se vrši na osnovi 60 - 100 kg ha<sup>-1</sup> dušika (N), 90 - 120 kg ha<sup>-1</sup> fosfora (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) te 100 - 120 kg ha<sup>-1</sup> kalija (K<sub>2</sub>O).

Lončarić i sur. (2009.) navode kako organska gnojidba povećava učinak mineralne gnojidbe povećanjem plodnosti tla svojim fertilizacijskim vrijednostima i ekološkim pogodnostima, dok su povoljan utjecaj organske gnojidbe na prinos, plodnost tla i mikrobiološku aktivnost tla dokazali mnogi autori u svojim istraživanjima (Chan i sur., 2008., Ghorbani i sur., 2008., Lee

i sur., 2006.). Također, organska gnojdba utječe na intenziviranje mikrobioloških procesa i tako povećava mineralizaciju stabilne organske tvari u tlu (Lončarić i Karalić, 2015.)

#### 1.1.12 Mikrobiološka gnojiva

Biognojiva su organski produkti koji sadrže žive stanice različitih vrsta mikroorganizama za koje se ispostavilo da imaju važnu ulogu u integriranom sustavu opskrbe hranivima te im se pripisuje povećanje prinosa uslijed ekološki prihvatljivijih i pristupačnijih zaliha hraniva (Muthaura i sur., 2010.).

Bakterijska gnojiva sadrže kulture bakterija koje imaju sposobnost transformacije nepristupačnih oblika hraniva u bioraspoložive (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Oteino i sur. (2015.) navode da upotreba bakterijskih pripravaka koji potiču rast biljaka, kao biofertilizatora, daje obećavajuću alternativu kemijskim gnojivima te da je sposobnost zemljišnih mikroorganizama da pretvaraju nepristupačne oblike fosfora u biljci pristupačne oblike od velikog značaja obzirom da bakterije potiču rast i razvoj biljke i utječu na povećanje prinosa.

Rezultati istraživanja na kiselim tlima koja su proveli Winarso i sur. (2011.) ukazuju na to da je primjena tekućeg dijela komposta od rižine slame u kombinaciji s inokulacijom fosfor - topivim bakterijama (*Pseudomonas putida*) dovela do povećanja pH vrijednosti tla te povećanja pristupačnog fosfora u tlu, a da je smanjen sadržaj kiselih kationa.

Fankem i sur. (2008.) u svom istraživanju zaključili su da je primjena 3 fosfor - topiva soja bakterije *Pseudomonas fluorescens* povećala pristupačnost topivih fosfata uzgajanih biljaka te da je inokulacija općenito pokazala pozitivan učinak na rast i prinos kukuruza.

Parani i Saha (2012.), nakon što su više sojeva roda *Pseudomonas* izložili otapanju fosfata, proizvodnji siderofora te antimikrobiološkoj aktivnosti protiv *Fusarium oxysporum*, *Xanthomonas* spp., *Erwinia* spp., *Alternaria alternata* i *Collectotrichum* spp., navode kako bi se fosfor - topive bakterije (PSB) s antifungalnom aktivnošću mogle iskoristi dvostruko: kao biofertilizator i kao korisno biološko sredstvo u suzbijanju patogena.

#### 1.1.13 Gnojdba fosforom

Fosfor je moguće dodati u tlo u dva različita oblika. S jedne strane tu su različita pojedinačna ili kompleksna mineralna gnojiva, a s druge strane su organska gnojiva različitih oblika. Fosfor

se u obliku mineralnih gnojiva koristi najčešće u tri navrata i to najvećim dijelom u osnovnoj gnojidbi, zatim jednim manjim dijelom predsjetveno ili startno, a rjeđe kao gnojivo u prihrani (Vukadinović i Vukadinović, 2014.).

U posljednje vrijeme se na kiselim tlima smanjuje količina fosfora u osnovnoj gnojidbi te se fosfor zbog brze fiksacije na takvim tlima dodaje pomoću ulagača gnojiva u manjim količinama, ali zato u više navrata. Također, sve se više u praksi pojavljuje koncentrirana gnojidba fosforom u zoni korijena (LfULG, 2013.).

U organskoj gnojidbi fosforom najčešće se koristi stajski gnoj različitog podrijetla s različitim sadržajem fosfora ili zelena gnojidba, najčešće leguminoznim usjevima, koja se zaorava u fazi cvatnje. Cilj organske gnojidbe je očuvanje pa čak i povećanje sadržaja humusa u tlu što ujedno povećava i raspoloživost biljci pristupačnog fosfora (Lončarić i sur., 2015.).

Vukadinović i Lončarić (1998.) navode kako intenzitet mineralizacije organskog fosfora značajno zavisi od temperature i količine svježije organske tvari u tlu kao neophodnom izvoru energije za razvoj mikroorganizama te da je vrlo važan omjer između ugljika i fosfora u organskoj tvari gdje do imobilizacije fosfora dolazi ako je omjer C / P veći od 300 : 1, a do mobilizacije tek kada se omjer suzi na 200 : 1.

#### *1.1.14 Ekonomski i ekološki aspekti*

Diljem svijeta je u 2014. godini korišteno oko 45,9 milijuna tona fosfora ( $P_2O_5$ ) u obliku gnojiva za potrebe poljoprivrede (IFA, 2018.).

Za male poljoprivrednike diljem svijeta problematične su oscilacije cijene fosfornih gnojiva koje određuju mogu li si oni priuštiti potrebne količine fosfornog gnojiva ili ne (BGR, 2013.). Tako u Indiji gotovo 2000 poljoprivrednika dnevno odustaje od svog zanimanja jer im proizvodnja poljoprivrednih proizvoda uslijed rastućih cijena gnojiva ili potrošnje energije postaje neprofitabilna i nije dostatna za uzdržavanje obitelji (Krishnan, 2013.).

Hayat i sur. (2010.) navode kako upotreba mikrobioloških inokulanata u svrhu povećanja pristupačnosti hraniva u tlu u zadnja dva desetljeća naglo raste te nudi jeftino rješenje poljoprivrednim proizvođačima.

Bashan i sur. (2014.) navode kako izuzetno važno pratiti utjecaj biofertilizatora (efektivni mikroorganizmi) na različitim tipovima tala u različitim agroekološkim uvjetima. Inokulirani mikroorganizmi moraju biti u stanju preživjeti u tlu i množiti se, te moraju biti kompatibilni s

ostalom primijenjenom agrotehnikom, primarno reduciranom kemijskom zaštitom i gnojidbom.

Lončarić i Karalić (2015.) navode kako je opterećenje okoliša poljoprivredom vrlo značajan aspekt održivosti poljoprivredne proizvodnje i očuvanja okoliša te da je s gledišta gnojidbe najveće ekološko opterećenje prekomjerna gnojidba dušikom i/ili fosforom.

U nekim slučajevima kao što je to na pjeskovitim tlima, tlima s visokim sadržajem organske tvari te tlima zasićenim fosforom, može doći do ispiranja fosfora iz tla te tako podzemnim vodama dospjeti do površinskih voda (Sims i sur., 1998).

Ispiranje fosfora je relativno rijetka pojava jer je fosfor čvrsto vezan za čestice tla (Heckrath i sur., 1995., Sims i sur., 1998., Hesketh i Brookes, 2000.).

## 1.2 Cilj istraživanja i hipoteze

Upotreba mikrobioloških preparata u svrhu poboljšanja ishranjenosti te zaštite biljaka postaje sve više i više neizbježna agrotehnička mjera u modernoj održivoj poljoprivrednoj proizvodnji. Stoga je cilj ovog istraživanja:

1. Ispitati upotrebu mikrobiološkog pripravka na utjecaj povećanja pristupačnosti fosfora u tlu mineralizacijom organskog fosfora, a time i mogućnost smanjenja unosa fosfornih mineralnih gnojiva u tlo.
2. Ispitati utjecaj mikrobiološkog pripravka na prinos i kvalitetu zrna soje i kukuruza te na smanjenje ekonomskog opterećenja poljoprivredne proizvodnje.
3. Odrediti klijavost sjemena nakon žetve, odnosno berbe.

Osnovne hipoteze ovog istraživanja su sljedeće:

1. Mikrobiološki pripravak može poboljšati pristupačnost i usvajanje fosfora u tlu, zamijeniti dio mineralnih gnojiva kada je tlo slabo opskrbljeno fosforom i povećati pristupačnost fosfora u tlima slabe opskrbljenosti. Također, može aktivirati organski fosfor u tlu i na taj način povećati pristupačnost ukupno potencijalnog fosfora u tlu, posebice na tlima s većim sadržajem organske tvari.
2. Upotreba mikrobiološkog pripravka doprinijet će preciznijem bilanciranju fosfora u tlu kao i smanjenju ekonomskog opterećenja ratarske proizvodnje.
3. Smanjenje upotrebe fosfornih mineralnih gnojiva uz upotrebu mikrobiološkog pripravka ne narušava klijavost sjemena kao najznačajnijeg pokazatelja kvalitete sjemena.

## 2. MATERIJAL I METODE RADA

### 2.1 Terenska istraživanja

U sklopu terenskih istraživanja provedeni su dvogodišnji poljski pokusi te analiza biljne tvari i tla. Gnojidbeni pokusi uz primjenu mikrobiološkog preparata bili su postavljeni na tri lokaliteta: Harkanovci (RH), Osječak (BiH) i Gornja Dubica (BiH). Pokusi su postavljeni prema slučajnom blok rasporedu u 6 varijanti i 4 ponavljanja. Površina osnovne parcele u Harkanovcima iznosila je 18 m x 9 m, dok su osnovne parcele na pokusima u Osječku i Gornjoj Dubici iznosile 10 m x 5 m (Slika 1.). Varijante pokusa i ponavljanja bile su odvojene stazom od 2 m, a oko cijelog pokusa posijan je zaštitni pojas iste kulture kako bi se izbjegao eventualni učinak rubnih biljaka i smanjio mogući negativni utjecaj vjetra. Tijekom provedbe dvogodišnjih istraživanja soja je uzgajana u 2016., a kukuruz u 2017. vegetacijskoj godini.

Pokusne površine odabrane su na temelju prethodno provedenih kemijskih analiza tla.



Slika 1. Postavljanje mreže pokusa te uzorkovanje tla osnovnih parcela (Fotografirao Jurica Jović)

#### 2.1.1 *Vremenske prilike*

Područje Osijeka okarakterizirano je umjerenom kontinentalnom klimom s prosječnom godišnjom količinom oborina od oko 650 mm i prosječnom godišnjom temperaturom zraka

između 10 i 11 °C (prosjeak 1961.-1990.), dok je područje općine Odžak okarakterizirano umjerenom kontinentalnom klimom s prosječnom godišnjom količinom oborina od oko 850 mm te prosječnom godišnjom temperaturom zraka od oko 11 °C (prosjeak 1961.-1990.).

Podaci vremenskih prilika za postaje Osijek i Gradačac dobiveni su iz Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ), odnosno iz Federalnog hidrometeorološkog zavoda BiH (FHMZBIH).

### *2.1.2 Odabir tala za postavljanje poljskih pokusa*

Vrijednost pH reakcije tla, sadržaj humusa u tlu te koncentracija lakopristupačnog fosfora bili su osnovni kriteriji za odabir tala za postavljanje poljskih pokusa. Tako je utvrđeno početno stanje kiselosti tla mjerenjem pH u suspenziji tla i vode, te tla i otopine KCl-a (HRN ISO 10390, 2005.), sadržaj humusa u tlu određen je bikromatnom metodom (HRN ISO 10694, 2004.), dok su lakopristupačne frakcije vodotopivog i citrotopivog anorganskog fosfora u tlu određene prema AL metodi (Egner i sur. 1960.). Odabrana su tri tla sličnih pH vrijednosti, različitog sadržaja humusa i koncentracije lakopristupačnog fosfora. Tako su odabrani lokaliteti Harkanovci (HA) s početnim stanjem svojstava tla pH (H<sub>2</sub>O) = 6,08, pH (KCl) = 5,17, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 39,26 mg 100 g<sup>-1</sup> te sadržajem humusa od 1,63 %, zatim Osječak (OK) s početnim stanjem svojstava tla pH (H<sub>2</sub>O) = 6,67, pH (KCl) = 5,29, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 2,98 mg 100 g<sup>-1</sup> te sadržajem humusa od 5,05 % i lokalitet Gornja Dubica (GD) s početnim stanjem svojstava tla pH (H<sub>2</sub>O) = 6,22, pH (KCl) = 4,83, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 8,94 mg 100 g<sup>-1</sup> te sadržajem humusa od 2,96 % .

### *2.1.3 Pedološka istraživanja*

Pedološka istraživanja (JDPZ, 1967.) obuhvatila su otvaranje pedoloških profila na lokalitetima: Harkanovci, Osječak te Gornja Dubica. Pedološki profili (JDPZ, 1967.) služili su za detaljna ispitivanja endomorfoloških te fizikalno kemijskih svojstava pojedinih tipova tala kao i za uzimanje uzoraka za laboratorijska istraživanja iz svih genetskih horizonata tla. Profili su otvoreni do dubine matičnoga supstrata, odnosno do dubine djelovanja pedogenetskih procesa. Čeona strana profila (Lončarić i sur., 2014.) okrenuta je izravnom sunčevom osvjetljenju kako bi se profil mogao pravilno opisati i fotografirati. Zatim su detaljno opisana ekto i endomorfološka svojstava tla (JDPZ, 1967.) za pripadajuću lokaciju odnosno uzorak tla. Svaki determinirani horizont opisan je dubinom na kojoj se javlja, bojom, teksturom, strukturom te prisustvom kalcijeva karbonata (CaCO<sub>3</sub>) i pedodinamskih novotvorenina (R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).



Također, svaki pojedinačni uzorak tla je klasificiran (Škorić, 1973.) što uključuje pravilno imenovanje horizonata pedološkog profila te određivanje odjela, klase, tipa i podtipa tla. Klasifikacija tla (Škorić i sur., 1985.) je genetska te služi kao osnova za proizvodno-ekološku ocjenu tala. Bazirana je na svojstvima tala koja su morfološki vidljiva ili lako mjerljiva. Prema Gračaninu, tip tla je osnovna jedinica klasifikacije (Mesić i sur., 2008.), a određen je jednotipskom građom profila (karakterističnim slijedom horizonata), jednotipskim osnovnim procesima transformacije i migracije organske i mineralne tvari i kvalitativno sličnim fizikalnim i kemijskim karakteristikama pojedinih horizonata. Na uzorcima tala uzetih iz genetskih horizonata profila u svrhu determinacije tipa tla provedene su laboratorijske analize osnovnih kemijskih svojstava tla: pH reakcija tla (HRN ISO 10390:2005), sadržaj humusa u tlu (HRN ISO 10694:2004), koncentracija AL-pristupačnog fosfora i kalija (Egner i sur., 1960.); te ovisno o rezultatima supstitucijske kiselosti određivanje sadržaja karbonata u tlu (HRN ISO10693:2014), odnosno hidrolitičke kiselosti (Lončarić, 2009.). Na uzorcima tla iz genetskih horizonata profila (n=64), osim osnovnih agrokemijskih analiza, provedene su dodatne fizikalne analize svojstava i to sadržaj higroskopne vlage tla, stabilnost mikrostrukturnih agregata tla, volumna gustoća tla, gustoća čvrste faze tla, retencijski kapacitet tla za vodu, poroznost tla i retencijski kapacitet tla za zrak prema Škorić (1982.) te teksturni sastav tla određen ISO metodom (HRN ISO 11277:2004).

#### 2.1.4 Varijante gnojidbe i primjene mikrobiološkog pripravka

Dvogodišnji pokusi postavljeni su s ukupno 6 varijanti i 4 ponavljanja na tri lokaliteta, a varijante su bile slijedeće:

1. Kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom (K);
2. Kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka (KMP)
3. Mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu (P)
4. Mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP)
5. Preporučena mineralna gnojidba\* (MG)
6. Preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka (MGMP)

\* Preporučena gnojidba u Harkanovcima iznosila je  $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ ,  $72 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  te  $52 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ , dok je u Osječku i Gornjoj Dubici iznosila  $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ ,  $72 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  i  $104 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ .

Na svim varijantama primijenjena je ista gnojidba kalijem od  $90 \text{ kg ha}^{-1}$ . Također, na svim varijantama, osim K i KMP bez gnojidbe dušikom i fosforom, primijenjena je jednaka količina dušika od  $72 \text{ kg ha}^{-1}$ . Količina dodanog fosfora na varijantama MG i MGMP, preporučena mineralna gnojidba, iznosila je u Harkanovcima  $52 \text{ kg ha}^{-1}$ , dok je u Osječku i Gornjoj Dubici iznosila  $104 \text{ kg ha}^{-1}$ . Količina fosfora na varijantama P i PMP, mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu, iznosila je  $26 \text{ kg ha}^{-1}$  u Harkanovcima, odnosno  $52 \text{ kg ha}^{-1}$  u Osječku i Gornjoj Dubici. Gnojiva su aplicirana u oblicima MAP-a, uree te KCl-a. Gnojidba pokusnih parcela Osječak i Gornja Dubica obavljena je ručno (Slika 2.), dok je gnojidba u Harkanovcima obavljena pomoću rasipača mineralnih gnojiva.



Slika 2. Ručno obavljena gnojidba osnovnih parcela na lokalitetu Gornja Dubica  
(Fotografirao Jurica Jović)

Kao mikrobiološki pripravak korišten je komercijalni pripravak Terra Condi tvrtke EmTehnologija d.o.o. iz Valpova u koji su dodane bakterije *Pseudomonas putida* (ATCC 12633), *Pseudomonas rhizosphaere* (DSM 16299) te *Pseudomonas fluorescens* (ATCC 13525) kao fosfor - topive bakterije. Sve tri vrste roda *Pseudomonas* spp. umnažane su u tekućem mediju po King-u te su prije apliciranja dodane u preparat Terra Condi u omjeru 1:1. Tako

pripremljen mikrobiološki pripravak je na varijantama KMP, PMP i MGMP pomoću prskalice apliciran u količini od 40 l ha<sup>-1</sup> te pomoću sjetvospremača inkorporiran u tlo prije sjetve pojedine kulture.

#### 2.1.5 Sjetva i uzgoj kultura na poljskim pokusima

Soja (*Glycine max* L. Merr.) sorte Ika osječkog poljoprivrednog instituta bila je zasijana 15. travnja 2016. godine na pokusnom polju u Harkanovcima, a 22. travnja 2016. godine na pokusnim poljima u Osječku i Gornjoj Dubici. Sjetvena količina iznosila je 120 kg ha<sup>-1</sup>, a dubina sjetve 3 cm.

Kukuruz (*Zea mays* L.) hibrid oznake Bc 532, Bc instituta za oplemenjivanje i proizvodnju bilja d. d. Zagreb, zasijan je 12. travnja 2017. godine na svim lokalitetima. Gustoća sjetve iznosila je 68.000 biljaka ha<sup>-1</sup>, a dubina sjetve 5 cm. Međutim, uslijed napada divljači (fazana) sklop je na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica bio u tolikoj mjeri prorijeđen da je donesena odluka o presijavanju ova dva pokusa te je presijavanje obavljeno 2. svibnja 2017. godine istim hibridom.

Na pokusima je provedena uobičajena agrotehnika za soju, odnosno za kukuruz. Za vrijeme trajanja pokusa korišteni su dozvoljeni pesticidi koji su aplicirani pomoću prskalice.

## **2.2 Uzorkovanje tla i priprema za kemijske analize**

Početno uzorkovanje tla obavljeno je prije postavljanja pokusa (Slika 1. i 3.), a za vrijeme trajanja istraživanja uzorkovanje je obavljeno nakon žetve soje, prije sjetve kukuruza te nakon berbe kukuruza. Uzorci tla, sa svake osnovne parcele, uzorkovani su pomoću uske pedološke sonde vertikalno do 30 cm dubine te je za agrokemijske analize dobivena masa od 500 – 800 g tla u svježem stanju. Na navedeni način prikupljeni uzorci su označeni i u svježem stanju dopremljeni u laboratorij gdje su očišćeni od primjesa, osušeni na sobnoj temperaturi i usitnjeni mlinom za tlo radi očuvanja mikrostrukturnih agregata tla, te prosijani kroz sito kružnih otvora promjera 2 mm. Tako pripremljeni uzorci tla bili su uskladišteni u papirnim vrećicama te kartonskim kutijama do trenutka provedbe agrokemijskih analiza tla.



Slika 3. Uzorkovanje tla na pokusu u Harkanovcima (Fotografirao Jurica Jović)

### **2.3 Određivanje prinosa i uzorkovanje biljnog materijala, priprema za kemijske analize**

Prinosi na pokusima utvrđeni su za sve 4 repeticije svake pojedine varijante za svaku godinu istraživanja.

Uzorci biljke soje prikupljeni su s kontrolne površine od 2 m<sup>2</sup> sa svake pojedine osnovne parcele te su preneseni u prostoriju za pripremu uzoraka Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Žetva je obavljena ručnim kombajnom Minibat<sup>+</sup> (Godé, Francuska). Na osnovi dobivene količine zrna sa žetvene površine od 2 m<sup>2</sup> određen je prosječni prinos svake pojedine osnovne parcele. Sušenje uzoraka soje nije bilo potrebno jer je vlaga iznosila manje od 13 %. Zrno svakog uzorka usitnjeno je u mlinu za biljni materijal do praškaste konzistencije te je u takvom stanju pohranjen za kemijske analize biljne tvari, dok je drugi dio uzorka u naturalnom stanju pohranjen u papirnim vrećicama do trenutka ispitivanja energije klijanja te ukupne klijavosti soje.

Berba kukuruza obavljena je ručno na kontrolnoj površini od 7 m<sup>2</sup> na svakoj pojedinoj osnovnoj parceli te je masa klipa i zrna određena digitalnom električnom vagom (Kern CH 25 K50 i Kern MH 10 K10, Njemačka). Nakon toga, prikupljeni su prosječni uzorci od 5 klipova kukuruza sa svake parcele za daljnje analize. Zrno je sušeno na temperaturi od 105 °C prvih sat vremena, a zatim na temperaturi od 70 °C do konstantne mase te usitnjen u mlinu za biljni

materijal do praškaste konzistencije. U navedenom stanju uzorak je pohranjen za analize biljne tvari. Drugi dio uzorkazna je u naturalnom stanju sušen na temperaturi ispod 40 °C te pohranjen u papirnim vrećicama do ispitivanja energije klijanja te ukupne klijavosti zrna kukuruza. Vlaga zrna u berbi utvrđena je digitalnim vlagomjerom (Wile 55, Farmcomp Agroelectronics, Finska). Prinos zrna po hektaru je izračunat na osnovi mase klipa po parceli, udjela oklaska i sadržaja vode u zrnu te izražen na bazi realiziranog sklopa u t ha<sup>-1</sup> s 14 % vode.

## 2.4 Laboratorijske analize tla i biljnog materijala

### 2.4.1 *Kemijske analize tla*

#### 2.4.1.1 *pH reakcija*

Reakcija tla, izražena kao pH vrijednost, pokazatelj je niza agrokemijskih svojstava tla važnih za ishranu bilja. Jedinica pH vrijednosti predstavlja negativan logaritam aktiviteta H<sup>+</sup> te kao jedno od temeljnih svojstava tla utječe na kemijska, biološka i fizikalna svojstva tla (Vukadinović i Lončarić, 1998.). pH reakcija uzoraka tla određena je elektrometrijski (HRN ISO 10390:2005) mjerenjem pH vrijednosti korištenjem Metrel pH metra u suspenziji tla i destilirane vode u omjeru 1:5 (w/v) radi utvrđivanja aktualne kiselosti koju čine H<sup>+</sup> ioni u vodenoj fazi tla. Isto tako određena je reakcija u 1 mol dm<sup>-3</sup> KCl kao neutralnoj soli u istom omjeru tla i otopine radi dobivanja pokazatelja supstitucijske kiselosti tla koju pored H<sup>+</sup> iona čine i ioni slabih lužina željeza i aluminija koji se s površina koloidnih čestica supstituiraju K<sup>+</sup> ionom iz otopine KCl. Nadalje, u identičnom omjeru utvrđena je i pH vrijednost u 0,01 mol dm<sup>-3</sup> CaCl<sub>2</sub>.

#### 2.4.1.2 *Određivanje sadržaja organske tvari*

Humus kao organska tvar tla utječe na vrlo značajna kemijska i fizikalna svojstva tla poput strukture tla i sorpcije iona, budući da minerali gline i organska tvar zajedno čine tijelo sorpcije u tlu i nositelji su zemljišne kiselosti. Sadržaj humusa u tlu određen je bikromatnom metodom (HRN ISO 10694:2004), koja predstavlja mokro spaljivanje odnosno oksidaciju organske tvari tla 0,27 mol dm<sup>-3</sup> kalijevim bikromatom i koncentriranom sumpornom kiselinom. Koncentracija humusa u uzorcima određena je kolorimetrijskom metodom utvrđivanja promjene narančaste boje otopine (prisustvo Cr<sup>6+</sup>) u zelenu (Cr<sup>3+</sup>) koja se koristi za spektrofotometrijsko mjerenje koncentracije organskog ugljika u uzorcima tla pri valnoj duljini od 585 nm na UV spektrofotometru (Carry 50) u odnosu na seriju standardnih otopina od 10

% glukoze rastuće koncentracije organskog ugljika. Vrijednost sadržaja humusa u tlu je izražena kao postotni udjel.

#### 2.4.1.3 Određivanje koncentracije AL- $P_2O_5$ i AL- $K_2O$

Lakopristupačne frakcije vodotopivog i citrotopivog anorganskog fosfora u tlu, te frakcije izmjenjivo sorbiranog kalija na vanjskim površinama minerala gline kao i vodotopivog oblika kalija sadržanog u vodenoj fazi tla određene su prema AL metodi (Egner i sur., 1960.) ekstrakcijom tla otopinom amonijevog laktata pri pH vrijednosti otopine od 3,75. Koncentracije biljkama pristupačnog kalija utvrđene su direktno iz ekstrakta tla emisijskom tehnikom mjerenja koncentracije na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru (Perkin Elmer Analyst 200) pri valnoj duljini 766,5 nm u odnosu na seriju standardnih otopina kalija. Biljkama pristupačan fosfor topiv u vodi i slabim kiselinama utvrđen je kolorimetrijski, stvaranjem kompleksa plave boje s 1,44 % amonijevim molibdatom uz dodavanje 2,5 % askorbinske kiseline u odnosu na seriju standardnih otopina fosfora (Slika 4.). Koncentracija fosfora u tlu je izmjerena korištenjem UV spektrofotometra (Carry 50). Dobiveni rezultati ukazuju na količinu hraniva koja je biljci pristupačna i izražavaju se u mg 100 g<sup>-1</sup> tla  $P_2O_5$  i  $K_2O$ .



Slika 4. Bojanje uzoraka na osnovi koncentracije fosfora (Fotografirao Jurica Jović)

#### 2.4.1.4 Određivanje hidrolitičke kiselosti tla ( $H_K$ )

Hidrolitička kiselost kao ukupna potencijalna kiselost tla određena je ekstrakcijom tla s  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  natrijevim acetatom kao alkalnom hidrolitičkom soli pri čemu dolazi do zamjene kiselih  $\text{H}^+$  i  $\text{Al}^{3+}$  iona iz adsorpcijskog kompleksa tla alkalnim ionom  $\text{Na}^+$  iz acetata (Lončarić, 2009.). U navedenoj reakciji nastaje octena kiselina, pri čemu je količina kiseline ekvivalentna količini vodikovih iona na adsorpcijskom kompleksu tla te se utvrđuje titracijom odnosno neutralizacijom nastale kiseline  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$  natrijevim hidroksidom. Hidrolitička kiselost izražava se u  $\text{mmol } 100 \text{ g}^{-1}$  nezasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla alkalnim ionima. Vrijednost hidrolitičke kiselosti tla koristi se za izračunavanje kapaciteta adsorpcije kationa i stupnja zasićenosti tla lužinama, te osobito za određivanje potrebe karbokalka ili vapna u kalcizaciji.

#### 2.4.1.5 Određivanje sadržaja karbonata u tlu (% $\text{CaCO}_3$ )

Sadržaj karbonata u tlu utvrđen je volumetrijskom metodom (HRN ISO 10693:2014), odnosno mjerenjem razvijenog volumena ugljikovog dioksida koji se razvija djelovanjem 10 % klorovodične kiseline na karbonate u tlu pri određenom tlaku izraženom u mm stupca žive, te određenoj temperaturi u  $^{\circ}\text{C}$ . Mjerenje se obavlja pomoću Scheibler kalcimetra koji se sastoji od tri međusobno povezane posude, pri čemu razvijeni ugljikov dioksid iz prve posude potiskuje vodu u drugoj gradiuranoj posudi, odnosno cijevi, dok se treća posuda koristi za ujednačavanje tlaka. Utvrđene vrijednosti izražavaju se kao % sadržaj karbonata u tlu.

#### 2.4.1.6 Određivanje kationskog izmjenjivačkog kapaciteta (KIK)

Kationski izmjenjivački kapacitet (KIK) utvrđen je korištenjem otopine barij-klorida (HRN ISO 13536:2005). Odvagano je 2,5 g zrakosuhog tla u plastične kivete za centrifugiranje te zabilježena ukupna masa svake kivete i tla zajedno s čepom ( $m_1$ ). Dodano je 30 ml  $0,1 \text{ mol l}^{-1}$  otopine barijevog-klorida. Kiveta je stavljena na mućkalicu tijekom sat vremena te nakon toga u centrifugu na 10 minuta pri  $3000 \text{ okretaja min}^{-1}$ . Supernatant je odlijevan u tikvicu od 100 ml te je dalje upotrijebljen za mjerenje koncentracije natrija, kalija, kalcija i magnezija. Postupak je ponovljen ukupno 3 puta, zatim je na ostatak tla u kiveti dodano 30 ml  $0,0025 \text{ mol l}^{-1}$  otopine barij-klorida te mućkano preko noći. Nakon centrifugiranja i odlijevanja supernatanta odvagana je kiveta i tlo zajedno s čepom ( $m_2$ ) te je u kivetu dodano 30 ml  $0,02 \text{ mol l}^{-1}$  otopine magnezijevog sulfata i mućkano preko noći. Nakon ponovljenog centrifugiranja, supernatant je filtriran kroz filterpapir u tikvice. Potom je pipetirano 0,2 ml

svakog uzorka te dodano 0,3 ml 0,1 mol l<sup>-1</sup> otopine barij-klorida i 10 ml lantan otopine. Takav uzorak je spremljen za određivanje ostatka magnezija pomoću PerkinElmer Optima 2100 DV ICP-OES-a. Slijepa proba pripremljena je po gore navedenom postupku bez dodavanja tla.

Korištene otopine standarda bile su slijedećih koncentracija magnezija: 0 mmol l<sup>-1</sup>, 0,01 mmol l<sup>-1</sup>, 0,02 mmol l<sup>-1</sup>, 0,03 mmol l<sup>-1</sup>, 0,04 mmol l<sup>-1</sup>, 0,05 mmol l<sup>-1</sup>.

#### 2.4.1.7 Određivanje koncentracije Ca, Mg, K, Na, P, Cu, Fe, Mn i Zn u tlu

Nakon što je odvagano je 0,5 g uzorka tla pomoću analitičke vage (Sartorius BL 120S) u teflonske kivete za digestiju, obavljena je digestija pomoću zlatotopke (2 ml nitratne i 6 ml klorovodične kiseline) u mikrovalnoj pećnici MARS 6. Ohlađena otopina je kvantitativno prenesena u tube za centrifugiranje od 50 ml (Sarstedt) te nadopunjena do oznake s destiliranom vodom. Koncentracije makro i mikroelemenata mjerene su izravno iz razrijeđenog digestata pojedinog uzorka pomoću PerkinElmer Optima 2100 DV ICP-OES-a te su izražene u mg kg<sup>-1</sup> tla.

#### 2.4.1.8 Određivanje koncentracije organskog fosfora u tlu

Koncentracija organskog fosfora biomase (količina P koja je fiksirana od strane mikroorganizama) utvrđena je modificiranom KUO metodom, odnosno razlikom između dvije izmjerene koncentracije ukupnog labilnog fosfora.

#### **P<sub>o</sub> iz biomase (mikroorganizmi) = Ukupni labilni P<sub>CHCl3</sub> – Ukupni labilni P**

Koncentracija ukupnog labilnog fosfora dobivena je na osnovi odvage 1 g zrakosuhog uzorka tla navlaženog do poljskog vodenog kapaciteta (PVK) u kivete za centrifugiranje. Zatim je uzorku dodano 50 ml 0,5 mol dm<sup>-3</sup> NaHCO<sub>3</sub> te je stavljen na treskalicu narednih 16 sati. Nakon toga uzorak je centrifugiran na 7000 okretaja min<sup>-1</sup> kroz 15 minuta te filtriran korištenjem filter papira Whatman No. 41 u tikvice od 50 ml. Digestija uzorka obavljena je s 2,5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uz dodatak K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> kao katalizatora na temperaturi od 160 °C u trajanju od 30 minuta, potom je uzorak nakon hlađenja kvantitativno prenesen u tikvice od 50 ml. U tikvicu je dodano 5 kapi p-nitrofenola kao indikatora te je pomoću 5 M NaOH podešena pH vrijednost (do pojave žute boje). Zatim je uzorku dodano 10 ml destilirane vode, 8 ml reagensa B\*\* te je nadopunjen do oznake. Tako pripremljen uzorak treba dobro promućkati. Nakon 20 minuta stajanja obavljeno



je mjerenje koncentracije ukupnog labilnog fosfora korištenjem UV spektrofotometra (Carry 50).

Druga koncentracija ukupnog labilnog fosfora utvrđena je identičnim postupkom koji je gore naveden, osim što je nakon odvage 1 g zrakosuhog tla navlaženog do PVK, uzorku dodano 2 ml kloroforma ( $\text{CHCl}_3$ ). Kivete s uzrocima su ostavljene u digestoru naredna 24 sata prekrivene samo papirnatom krpicom kako bi kloroform razgradio staničnu stjenku mikroorganizma te ispario. Zatim je uzorku dodano po 50 ml 0,5 M  $\text{NaHCO}_3$  te je stavljen na treskanje narednih 16 sati. Nakon treskanja uzorak je centrifugiran na 7000 okretaja  $\text{min}^{-1}$  kroz 15 minuta te filtriran kroz filter papir Whatman No. 41 u tikvice od 50 ml. Digestija uzorka obavljena je s 2,5 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  uz dodatak  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  kao katalizatora na temperaturi od 160 °C u trajanju od 30 minuta. Potom je uzorak nakon hlađenja kvantitativno prenesen u tikvice volumena 50 ml. U tikvicu je dodano 5 kapi p-nitrofenola kao indikatora te je pomoću 5 M NaOH podešena pH vrijednost (do pojave žute boje). Zatim je uzorku dodano 10 ml destilirane vode, 8 ml reagensa B te je nadopunjen do oznake. Tako pripremljen uzorak treba dobro promućkati. Nakon 20 minuta stajanja obavljeno je mjerenje koncentracije ukupnog labilnog fosfora korištenjem UV spektrofotometra (Carry 50).

Korištene otopine standarda bile su slijedećih koncentracija fosfora: 0  $\text{mg l}^{-1}$ , 0,04  $\text{mg l}^{-1}$ , 0,1  $\text{mg l}^{-1}$ , 0,2  $\text{mg l}^{-1}$ , 0,4  $\text{mg l}^{-1}$ , 0,6  $\text{mg l}^{-1}$ , 0,8  $\text{mg l}^{-1}$  i 1,2  $\text{mg l}^{-1}$ .

\*\* Reagens B dobiven je otapanjem 1,056 g askorbinske kiseline u 200 ml reagens A, dok je reagens A dobiven dodavanjem otopina amonijevog heptamolibdat tetrahidrata te kalij-antimon tartarata u 2,5 M sulfatnu kiselinu.

#### 2.4.2 Kemijske analize biljne tvari

##### 2.4.2.1 *Određivanje koncentracije N*

Za određivanje koncentracije dušika u uzorku zrna kukuruza i soje korištena je osnovna otopina uzorka dobivena digestijom, odnosno mokrim spaljivanjem organske tvari sa smjesom kiselina koja se sastoji od 4 % perklorne kiseline u 96 % koncentriranoj sulfatnoj kiselini uz dodatak vodikovog peroksida. Destilacija dušika provedena je istiskivanjem amonijaka iz otopine uzorka pomoću jake lužine, odnosno 40 % natrijevog hidroksida u predložak kojeg je činila 0,01  $\text{mol dm}^{-3}$  sulfatna kiselina. Kao rezultat navedenog postupka u predlošku je dobiven amonijev sulfat (Vukadinović i Bertić, 1989.). Količina nastalog amonijevog sulfata

ekvivalentna je količini dušika u uzorku biljne tvari. Titracijom predložka nakon destilacije, odnosno neutralizacijom preostale kiseline u predlošku s  $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$  natrijevim hidroksidom određen utrošak kiseline. Koncentracija dušika izražena je u % suhe tvari analizirane biljke.

#### *2.4.2.2 Određivanje koncentracije Ca, Mg, K, Na, P, Cu, Fe, Mn i Zn u biljnom materijalu*

Nakon što je odvagano 0,5 g uzorka biljnog materijala pomoću analitičke vage (Sartorius BL 120S) u teflonske kivete za digestiju, ista je obavljena pomoću smjese kiselina (6 ml nitratne kiseline i 2 ml vodikovog peroksida) u mikrovalnoj pećnici MARS 6. Ohlađena otopina je kvantitativno prenesena u tube za centrifugiranje od 50 ml (Sarstedt) te nadopunjena do oznake s destiliranom vodom. Koncentracije makro i mikroelemenata mjerene su izravno iz razrijeđenog digestata uzorka pomoću PerkinElmer Optima 2100 DV ICP-OES-a te su izražene u  $\text{mg kg}^{-1}$  biljnog materijala.

#### *2.4.3 Određivanje sadržaja bjelančevina, ulja i škroba*

Određivanje sadržaja bjelančevina, ulja i škroba u uzorcima zrna kukuruza, odnosno bjelančevina i ulja u uzorcima zrna soje obavljeno je u laboratoriju Poljoprivrednog instituta Osijek pomoću Infratec 1241 Grain Analyser (Foss, Danska), uređaja koji radi na principu NIT tehnologije (Near Infrared Transmission) odnosno bliske infracrvene (570-1050 nm) transmisije.

#### *2.4.4 Energija klijanja i klijavost*

Utvrđivanje energije klijanja i klijavosti sjemena soje i kukuruza sa svih varijanti i ponavljanja obavljeno je standardnom metodom naklijavanja (ISTA, 2017.). Na namočeni filter papir posijano je po 50 sjemenki kukuruza, odnosno soje (Slika 5.), u 3 ponavljanja za svaku varijantu i ponavljanje. Namočeni filter papir uvijen je u role i stavljen u PVC vrećice te pohranjen u klima komoru sa stalnom temperaturom od  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nakon 4, odnosno 5 dana obavljeno je prvo očitavanje (energija klijanja), a nakon 7., odnosno 8. dana izloženosti stalnoj temperaturi, obavljeno je drugo očitavanje (klijavost).

#### *2.4.5 Masa tisuću zrna*

Brojanje tisuća zrna soje, odnosno tisuća zrna kukuruza odrađeno je pomoću brojača zrna Contador (Pfeuffer, Njemačka), dok je konačna masa tisuća zrna određena pomoću analitičke vage Kern 572-33 (Kern & Sohn, Njemačka).



Slika 5. Ispitivanje energije klijanja i klijavosti kod soje (Fotografirao Jurica Jović)

#### 2.4.6 Mikrobiološke analize

##### 2.4.6.1 *Utvrdjivanje prisutnosti Pseudomonas spp. u tlu s pokusnih parcela*

Koristeći prosječne uzorke tla sa svakog lokaliteta odvagano je 100 g zrakosuhog tla te sipano u Erlenmayerove tikvicu. Uzorci su sterilizirani fizikalnom metodom u autoklavu. Nakon postupka sterilizacije dodano je u svaku tikvicu 10 ml tekućine koja sadrži kombinaciju sve tri bakterijske vrste roda *Pseudomonas* (*Pseudomonas putida*, *Pseudomonas rhizosphaere*, *Pseudomonas fluorescens*). Nakon 15 dana iz tikvica je preneseno po 10 g uzorka tla u tikvice koje su sadržavale 90 ml sterilizirane fiziološke otopine. Ovako dobiveni uzorci postavljeni su na treskalicu tijekom 15 minuta i 170 oscilacija u minuti. Broj bakterija  $\text{cfu ml}^{-1}$  utvrđen je Kochovom metodom razrjeđenja, odnosno, prebrojavanjem kolonija na selektivnim agarnim podlogama u petrijevkama. Postupak je ponovljen još dva puta u intervalima od 15 dana. Postupku prebrojavanja podvrgnute su samo one petrijeve zdjelice u kojima je broj kolonija bio u rasponu od 25 do 300. Ovakav raspon je postignut nacjepljivanjem više decimalnih razrjeđenja, a broj kolonija odgovara broju bakterijskih stanica u uzorku i označava se kao broj jedinica koje tvore kolonije ili cfu (eng. colony forming units). Između prijenosa pojedinog uzorka u sljedeće decimalno razrjeđenje obavljena je homogenizacija prethodnog uzorka na Vortex-u. Nacjepljivanje uzorka obavljeno je na krutim selektivnim podlogama za

*Pseudomonas* spp. (*Pseudomonas* selective agar; *Pseudomonas* agar F) tako što je 1 ml odgovarajućeg razrjeđenja dodan prije nanošenja krute hranive podloge u petrijevu zdjelicu. Inkubacija podloga obavljena je u inkubatorima na konstantnoj temperaturi od 35 °C, odnosno 30 °C. Ukupan broj kolonija utvrđen je pomoću brojača kolonija Schuett. Broj ukupnih bakterija izražen je na sljedeći način:

cfu = broj kolonija / nasadeni volumen \* recipročna vrijednost naciijepljenog decimalnog razrjeđenja.

Prisutnošću bakterija roda *Pseudomonas* spp. u uzorcima tla nakon treće analize (45 dana nakon dodavanja tekućine koja sadrži kombinaciju *Pseudomonas* spp.) dokazana je sposobnost opstanka bakterija u tlima s tri pokusna lokaliteta.

#### 2.4.6.2 Ispitivanje tri bakterijske vrste roda *Pseudomonas* spp. na otapanje fosfora

Ispitivanje bakterijskih vrsta roda *Pseudomonas* na otapanje fosfora obavljeno je pomoću mikrobiološke (pH vrijednost podloge treba iznositi 7). Nakon sterilizacije podloga i presipanja istih u petrijeve zdjelice, naciijepljene su 3 vrste roda *Pseudomonas*. Podloga je mutno bijele boje. Inkubacija je trajala 5 dana pri temperaturi od 28 °C. Nakon tog perioda, kolonije bakterije koje su izbistrile podlogu smatraju se bakterijama koje posjeduju sposobnost otapanja fosfora, a metabolizirajući ga iz podloge oko bakterijske kolonije stvara se prozirni dio.

#### 2.4.6.3 Umnažanje bakterija *Pseudomonas putida* (ATCC 12633), *Pseudomonas rhizosphaere* (DSM 16299) te *Pseudomonas fluorescens* (ATCC 13525)

Nakon inkubacije u termostatu na temperaturi od 30 °C u trajanju od 72 sata, kada su kolonije bakterija roda *Pseudomonas* dosegnule svoj morfološki i fiziološki vrhunac (faza mirovanja), odnosno kada su došle u stadij najviše virulencije (Slika 6.), prenesene su na daljnje umnažanje u sterilne boce s tekućom podlogom po King-u (Slika 7.). Daljnje umnažanje nastavilo se u termostatu na konstantnoj i optimalnoj temperaturi od 30 °C. Nakon 10 dana inkubacije, izmjeren je broj bakterija cfu ml<sup>-1</sup> metodom razrjeđenja.



Slika 6. i Slika 7. Uzgoj i umnažanje bakterija na krutim selektivnim, odnosno tekućim podlogama po King-u u Laboratoriju za primijenjenu mikrobiologiju (Fotografirao Jurica Jović)

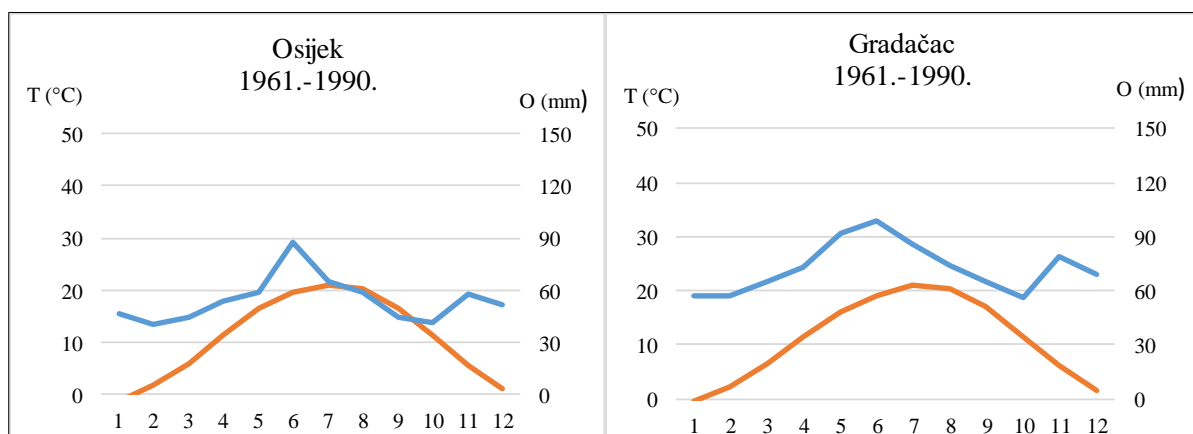
#### 2.4.7 *Statistička analiza podataka*

Analiza podataka uključuje procjenu parametara deskriptivne statistike (aritmetička sredina, standardna devijacija te rasponi), a dobiveni podaci bili su statistički obrađeni jednosmjernom analizom varijance (One-way ANOVA) te korelacijskom analizom pomoću „MS Office“ računalnog programa „Microsoft Excel“ i programa „SAS“. Statistički značajne razlike između promatranih parametara utvrđene su F testom.

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

#### 3.1 Vremenske prilike tijekom vegetacije proljetnih kultura za promatrano razdoblje

Višegodišnji (1961. - 1990.) prosjeci mjesečnih temperatura zraka i mjesečnih količina oborina za promatrane meteorološke postaje Osijek i Gradačac ukazuju na blagi nedostatak oborina za razdoblje od lipnja do listopada posebice za tri ljetna mjeseca kad se bilježe najviše temperature zraka. Na osnovi višegodišnjih podataka vidljiva je sličnost vremenskih prilika za obje promatrane postaje (Grafikon 2.).



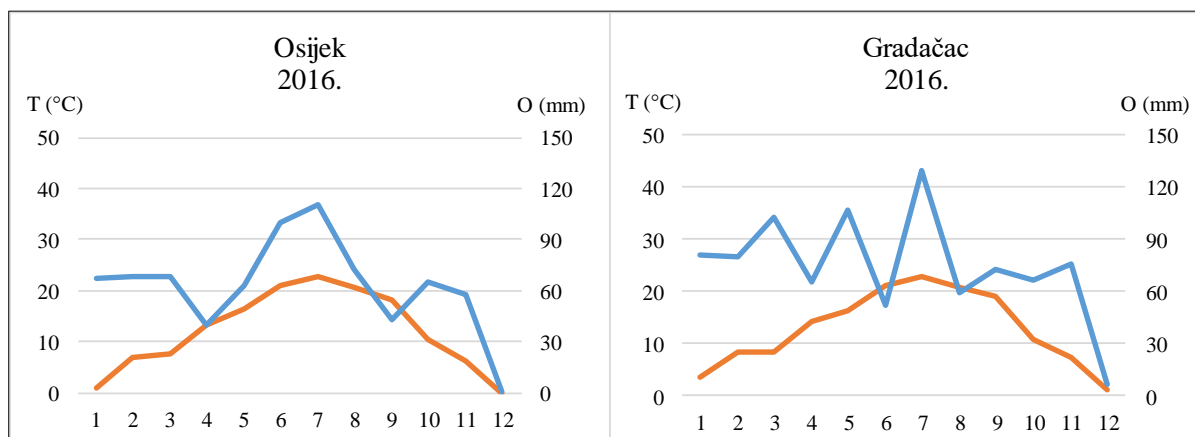
Grafikon 2. Višegodišnji podaci prosječnih količina oborina i temperatura zraka po mjesecima za meteorološke postaje Osijek i Gradačac

Višegodišnja prosječna količina oborina za tri ljetna mjeseca iznosila je 211,3 mm za postaju Osijek te 258,3 mm za postaju Gradačac uz višegodišnje srednje temperature zraka od 20,3 °C za postaju Osijek, odnosno 20,1 °C za postaju Gradačac (Tablica 1.).

Tablica 1. Meteorološki podaci za postaje Osijek i Gradačac tijekom vegetacije proljetnih kultura u 2016. godini te višegodišnji prosjek 1961. - 1990.

Postaja	Oborine (mm) i srednje temperature zraka (°C) za 2016. godinu											
	Svibanj		Lipanj		Srpanj		Kolovoz		Rujan		Σ	X
	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C
Osijek	63,1	16,5	99,5	21	110,8	22,8	72,1	20,6	43	18,1	388,5	19,8
X (1961. - 1990.)	58,5	16,5	88	19,5	64,8	21	58,5	20,3	44,8	16,6	314,6	18,8
Gradačac	106,9	16,3	52,3	21,2	129,7	22,9	59,7	20,8	73,2	19	421,8	20,0
X (1961. - 1990.)	92,1	15,9	98,8	19	85,8	20,9	73,7	20,3	65	16,9	415,4	18,6

Tijekom vegetacije soje u 2016. godini su zabilježene iznadprosječne količine oborina uz povišene prosječne temperature zraka (Tablica 1.). Prosječna količina oborina za tri ljetna mjeseca (lipanj, srpanj i kolovoz) iznosila je 282,4 mm za postaju Osijek što je za 33,6 % više u odnosu na višegodišnji prosjek, dok je za postaju Gradačac zabilježeno 241,7 mm što je 6,4 % manje od višegodišnjeg prosjeka.



Grafikon 3. Podaci količine oborina i srednje temperature zraka po mjesecima za meteorološke postaje Osijek i Gradačac u 2016. godini

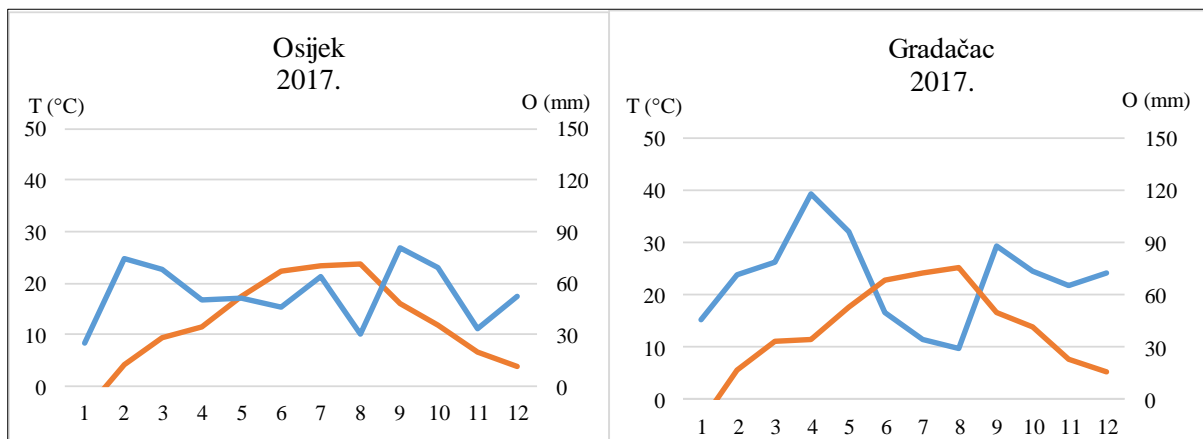
Prosječna temperatura zraka bila je, u odnosu na višegodišnji prosjek, viša za 1,5 °C u Gradačcu, odnosno za 1,2 °C u Osijeku. Iznadprosječne količine oborina u srpnju zabilježene su na objema postajama i iznosile su 110, 8 mm u Osijeku, odnosno 129,7 mm u Gradačcu i bile su veće za 71 % u Osijeku, odnosno za 51 % u Gradačcu u odnosu na višegodišnji prosjek (Grafikon 3.).

Tablica 2. Meteorološki podaci za postaje Osijek i Gradačac tijekom vegetacije proljetnih kultura u 2017. godini te višegodišnji prosjek 1961. - 1990.

Postaja	Oborine (mm) i srednje temperature zraka (°C) za 2017. godinu											
	Travanj		Svibanj		Lipanj		Srpanj		Kolovoz		Σ	X
	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C
Osijek	49,7	11,3	50,6	17,5	45,4	22,4	64	23,5	30	23,7	308,4	19,7
X (1961. - 1990.)	53,8	11,3	58,5	16,5	88	19,5	64,8	21	58,5	20,3	323,6	17,7
Gradačac	117,8	11,5	96,8	17,5	50,3	22,9	34	24,2	29,4	25,3	328,3	20,3
X (1961. - 1990.)	73	11,3	92,1	15,9	98,8	19	85,8	20,9	73,7	20,3	423,4	17,5

Tijekom vegetacije kukuruza u 2017. godini zabilježene su ispodprosječne količine oborina uz povišene srednje temperature zraka (Tablica 2.). Prosječna količina oborina za tri ljetna mjeseca iznosila je 139,4 mm za postaju Osijek, odnosno 113,7 mm za postaju Gradačac što

čini svega 66 % od višegodišnjeg prosjeka za postaju Osijek, odnosno 44 % višegodišnjeg prosjeka za postaju Gradačac. Prosječna temperatura zraka bila je, u odnosu na višegodišnji prosjek, viša za 4,0 °C u Gradačcu, odnosno za 2,9 °C u Osijeku. Količina oborina u srpnju koja je zabilježena na postaji Osijek, (64 mm), tj. neznatnih 0,4 mm manje od višegodišnjeg prosjeka, rezultirala je blažom pojavom suše na promatranom području u odnosu na područje Gradačca gdje je u srpnju izmjereno 34 mm oborina, odnosno 39,6 % od višegodišnjeg prosjeka za taj mjesec (Grafikon 4.).



Grafikon 4. Podaci količine oborina i srednje temperature zraka po mjesecima za meteorološke postaje Osijek i Gradačac u 2017. godini




### 3.2 Pedološka istraživanja

#### 3.2.1 *Pedomorfološke značajke*

Na pedološkom profilu u Harkanovcima utvrđena su 3 različita horizonta (P, Btg i C). Horizont P nalazi se do dubine 37 cm te je sivo smeđe boje, tekstura je praškasta ilovača dok je struktura graškasta. Nadalje, horizont Btg nalazi se na dubini od 37 do 84 cm, mramorirano smeđe sive je boje. Tekstura je praškasta ilovača, dok je struktura krupno mrvičasta. Horizont C je mramorirano žute boje, tekstura je praškasta ilovača, struktura je sitno mrvičasta, a kreće se na dubini od 84 do 150 cm. Na osnovi pedomorfoloških značajki utvrđen je tip tla – Lesivirano pseudoglejno tlo (Tablica 3.).


Tablica 3. Pedomorfološke značajke profila P1 (Harkanovci): Lesivirano pseudoglejno tlo

Ektomorfologija	Dubina	Horizont	Endomorfologija
 <p>Fotografirao Vladimir Zebec</p>	0 - 37	P	Boja tla: sivo smeđa Tekstura: praškasta ilovača Struktura: graškasta CaCO <sub>3</sub> : (+)
	37 - 84	Btg	Boja tla: mramorirano smeđe siva Tekstura: praškasta ilovača Struktura: krupno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	84 - 150	C	Boja tla: mramorirano žuta Tekstura: praškasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : ++


Nakon otvaranja pedološkog profila u Osječku utvrđena su 4 različita horizonta (A, Gr, Gso i Gr). Horizont A nalazi se do dubine 40 cm te je plavo sive boje, tekstura je praškasta glina dok je struktura poliedrična. Nadalje, horizont Gr nalazi se na dubini od 40 do 74 cm, plavo sive je boje. Tekstura je praškasta glina, dok je struktura je poliedrična. Horizont Gso je rđasto sivo žute boje, tekstura je praškasta glina, struktura je poliedrična, a kreće se na dubini od 74 do 140 cm. Horizont Gr se kreće od dubine 140 cm pa na dublje, rđasto žuto sive je boje i tekstura je

praškasto glinasta ilovača. Na osnovi pedomorfoloških značajki utvrđen je tip tla – Močvarno glejno amfiglejno tlo (Tablica 4.).

Tablica 4. Pedomorfološke značajke profila P2 (Osječak): Močvarno glejno amfiglejno tlo

Ektomorfologija	Dubina	Horizont	Endomorfologija
 <p>Fotografirao Vladimir Zebec</p>	0 - 40	A	Boja tla: plavo siva Tekstura: praškasta glina Struktura: poliedrična CaCO <sub>3</sub> : -
	40 - 74	Gr	Boja tla: plavo siva Tekstura: praškasta glina Struktura: poliedrična CaCO <sub>3</sub> : -
	74 - 140	Gso	Boja tla: rđasto sivo žuta Tekstura: praškasta glina Struktura: poliedrična CaCO <sub>3</sub> : -
	140-	Gr	Boja tla: rđasto žuto siva Tekstura: praškasto glinasta ilovača Struktura: - CaCO <sub>3</sub> : ++

Tablica 5. Pedomorfološke značajke profila P3 (Gornja Dubica): Pseudoglejno tlo na zaravni

Ektomorfologija	Dubina	Horizont	Endomorfologija
 <p>Fotografirao Vladimir Zebec</p>	0 - 30	P	Boja tla: siva Tekstura: praškasta ilovača Struktura: praškasta do mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	30 - 43	Btg	Boja tla: svijetlo siva Tekstura: praškasto glinasta ilovača Struktura: praškasta CaCO <sub>3</sub> : -
	43 - 120	BtgC	Boja tla: rđasto sivo smeđa Tekstura: praškasta ilovača Struktura: mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -

Na pedološkom profilu u Gornjoj Dubici utvrđena su 3 različita horizonta (P, Btg i BtgC). Horizont P nalazi se do dubine 30 cm te je sive boje, tekstura je praškasta ilovača dok je struktura praškasta do mrvičasta. Nadalje, horizont Btg nalazi se na dubini od 30 do 43 cm, svijetlo sive je boje. Tekstura je praškasto glinasta ilovača, a struktura je praškasta. Horizont BtgC je rđasto sivo smeđe boje, tekstura je praškasta ilovača, struktura je mrvičasta, a kreće se na dubini od 43 do 120 cm. Na osnovi pedomorfoloških značajki utvrđen je tip tla – Pseudoglejno tlo na zaravni (Tablica 5.).

### 3.2.2 Pedokemijske značajke

Vrijednosti  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  pojedinih horizonata profila u Harkanovcima kretali su se od 5,98 do 8,32, dok su se vrijednosti  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  kretale od 5,14 do 7,84. Koncentracije  $\text{P}_2\text{O}_5$  (AL-metoda) kretale su se od 2,80 do 26,30  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , a koncentracije  $\text{K}_2\text{O}$  (AL-metoda) od 10,02 do 34,48  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$  po horizontima. Nadalje, vrijednosti  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  pojedinih horizonata profila u Osječku kretali su se od 5,88 do 7,70, dok su se vrijednosti  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  kretale od 4,93 do 7,27. Koncentracije  $\text{P}_2\text{O}_5$  (AL-metoda) kretale su se od 0,10 do 1,09  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , a koncentracije  $\text{K}_2\text{O}$  (AL-metoda) od 6,31 do 7,55  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$  po horizontima (Tablica 6.).

Tablica 6. Vrijednosti pH i koncentracije  $\text{P}_2\text{O}_5$  i  $\text{K}_2\text{O}$  po horizontima

Profil na lokalitetu	Dubina cm	Reakcija tla (pH)			$\text{P}_2\text{O}_5$		$\text{K}_2\text{O}$	
		( $\text{H}_2\text{O}$ )	(KCl)	Ocjena reakcije	mg $100\text{g}^{-1}$	Ocjena opskrbljenosti	mg $100\text{g}^{-1}$	Ocjena opskrbljenosti
HA	0-37	5,98	5,14	kisela	26,30	bogato	34,48	bogato
	37-84	6,35	5,17	kisela	6,66	siromašno	20,52	dobra
	84-150	8,32	7,84	alkalna	2,80	izrazito siromašno	10,02	umjereno siromašna
OK	0-40	5,90	4,93	kisela	1,08	izrazito siromašno	7,43	siromašno
	40-74	5,88	4,89	kisela	0,10	izrazito siromašno	6,88	siromašno
	74-140	6,96	6,09	slabo kisela	1,09	izrazito siromašno	6,31	siromašno
	140-	7,70	7,27	alkalna	0,87	izrazito siromašno	7,55	siromašno
GD	0-30	5,75	4,58	kisela	6,08	siromašno	9,14	siromašno
	30-43	5,96	4,97	kisela	5,82	siromašno	9,50	siromašno
	43-120	5,98	4,96	kisela	4,83	izrazito siromašno	7,17	siromašno

\* HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Na lokalitetu Gornja Dubica, vrijednosti  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  pojedinih horizonata profila kretali su se od 5,75 do 5,98, dok su se vrijednosti  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  kretale od 4,58 do 4,97. Koncentracije  $\text{P}_2\text{O}_5$  (AL-metoda) kretale su se od 4,83 do 6,08  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , a koncentracije  $\text{K}_2\text{O}$  (AL-metoda) od 7,17 do 9,50  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$  po horizontima (Tablica 6.).

Sadržaj humusa pojedinih horizonata profila u Harkanovcima kretao se od 0,31 do 1,86 %, dok je se u Osječku kretao od 0,34 do 3,00 %, a u Gornjoj Dubici od 0,59 do 1,90 % (Tablica 7.).

Tablica 7. Sadržaj humusa i karbonata te vrijednosti hidrolitičke kiselosti po horizontima

Profil na lokalitetu	Dubina	Humus		CaCO <sub>3</sub>		HK
	cm	%	Ocjena humoznosti	%	Ocjena sadržaja karbonata	c mol(+) kg <sup>-1</sup>
HA	0-37	1,86	slabo humozno	-	bezkarbonatno	2,41
	37-84	0,62	vrlo slabo humozno	-	bezkarbonatno	1,53
	84-150	0,31	vrlo slabo humozno	21,2	slabo karbonatno	-
OK	0-40	3,00	dosta humozno	-	bezkarbonatno	3,94
	40-74	1,00	slabo humozno	-	bezkarbonatno	2,41
	74-140	0,59	vrlo slabo humozno	0,83	slabo karbonatno	-
	140-	0,34	vrlo slabo humozno	1,25	slabo karbonatno	-
GD	0-30	1,90	slabo humozno	-	bezkarbonatno	3,72
	30-43	0,59	vrlo slabo humozno	-	bezkarbonatno	1,97
	43-120	1,83	slabo humozno	-	bezkarbonatno	2,41

\* HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

### 3.2.3 Pedofizikalne značajke

Najmanja vrijednost poroznosti tla (38,90 % vol.) zabilježena je na profilu u Harkanovcima, dok je najveća vrijednost (53,73 % vol.) utvrđena na profilu u Osječku. Također, najveća vrijednost retencijskog kapaciteta tla za vodu (50,16 % vol.) utvrđena je na profilu u Osječku, a najmanja (36,06 % vol.) na profilu u Gornjoj Dubici (Tablica 8.).

Najmanja vrijednost retencijskog kapaciteta tla za zrak (0,45 % vol.) zabilježena je na profilu u Harkanovcima, dok je najveća vrijednost (4,25 % vol.) utvrđena na profilu u Gornjoj Dubici. Također, najveća vrijednost gustoće tla ( $\rho_v = 1,59 \text{ g cm}^{-3}$ ) utvrđena je na profilu u Gornjoj Dubici, a najmanja ( $\rho_v = 1,23 \text{ g cm}^{-3}$ ) na profilu u Osječku (Tablica 9.).

Tablica 8. Poroznost tla i retencijski kapacitet tla za vodu

Profil na lokalitetu	Pedosistematska jedinica	Dubina	Poroznost tla		Retencijski kapacitet tla za vodu (Kv)	
		(cm)	% vol	Ocjena	% vol.	Ocjena
HA	Lesivirano pseudoglejno	0-37	40,03	malo porozno	38,07	osrednji
		37-84	38,90	malo porozno	38,45	osrednji
OK	Močvarno glejno amfiglejno	0-40	53,73	porozno	50,16	velik
		40-74	45,06	porozno	42,48	velik
GD	Pseudoglej na zaravni	0-30	42,23	malo porozno	38,01	osrednji
		30-43	40,31	malo porozno	36,06	osrednji

\* HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica 9. Retencijski kapacitet tla za zrak te gustoća tla

Profil na lokalitetu	Pedosistematska jedinica	Dubina	Retencijski kapacitet tla za zrak (Kz)		Gustoća tla		Gustoća pakovanja	
					(g cm <sup>-3</sup> )			
		(cm)	% vol.	Ocjena	(p <sub>v</sub> )	(p <sub>č</sub> )	g cm <sup>-3</sup>	Ocjena zbijenosti
HA	Lesivirano pseudoglejno	0-37	1,96	vrlo mali	1,56	2,60	1,72	srednja zbijenost
		37-84	0,45	vrlo mali	1,57	2,57	1,81	jaka zbijenost
OK	Močvarno glejno amfiglejno	0-40	3,57	vrlo mali	1,23	2,66	1,68	srednja zbijenost
		40-74	2,58	vrlo mali	1,47	2,68	1,89	jaka zbijenost
GD	Pseudoglej na zaravni	0-30	4,22	mali	1,58	2,73	1,79	srednja zbijenost
		30-43	4,25	mali	1,59	2,66	1,88	jaka zbijenost

\* HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Najmanji sadržaj krupnog pijeska (0,29 %) utvrđen je na profilu u Osječku, dok je najveći sadržaj krupnog pijeska (6,48 %) zabilježen u Gornjoj Dubici. Također, Najmanji sadržaj sitnog pijeska (0,83 %) utvrđen je na profilu u Osječku, a najveći sadržaj sitnog pijeska (5,08 %) zabilježen je u Harkanovcima. Nadalje, najmanji sadržaj krupnog praha (19,08 %) utvrđen je na profilu u Osječku, dok je najveći sadržaj krupnog praha (56,93 %) zabilježen u Harkanovcima. Najmanji sadržaj sitnog praha (22,12 %) utvrđen je na profilu u Harkanovcima, a najveći sadržaj sitnog praha (36,97 %) zabilježen je u Gornjoj Dubici, dok je najmanji sadržaj gline (13,60 %) utvrđen je na profilu u Harkanovcima, a najveći sadržaj gline (49,32 %) u Osječku (Tablica 10.).

Tablica 10. Sadržaj mehaničkih čestica u pojedinim horizontima

Profil na lokalitetu	Pedosistematska jedinica	Dubina (cm)	Sadržaj mehaničkih čestica (%)					Teksturna oznaka
			Krupni pijesak	Sitni pijesak	Krupni prah	Sitni prah	Glina	
HA	Lesivirano pseudoglejno	0-37	3,12	5,08	45,92	27,87	18,01	Praškasta ilovača
		37-84	0,55	2,80	44,47	25,78	26,40	Praškasta ilovača
		84-150	2,00	5,36	56,93	22,12	13,60	Praškasta ilovača
OK	Močvarno glejno amfiglejno tlo	0-40	0,68	1,60	19,08	29,33	49,32	Praškasta glina
		40-74	0,29	0,83	19,83	32,24	46,81	Praškasta glina
		74-140	2,21	1,86	23,69	30,95	41,30	Praškasta glina
		140-	4,29	2,65	25,00	31,08	36,98	Praškasto glinasta ilovača
GD	Pseudoglej na zaravni	0-30	6,11	2,20	33,55	34,73	23,40	Praškasta ilovača
		30-43	2,69	2,17	32,19	30,31	32,62	Praškasto glinasta ilovača
		43-120	6,48	2,26	31,92	36,97	22,37	Praškasta ilovača

\* HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

### 3.3 Kemijska svojstva tla

Uslijed utvrđivanja utjecaja primijene mikrobiološkog pripravka te gnojidbe na kemijska svojstva tla, analizirana su slijedeća svojstva tla: pH reakcija tla, sadržaj organske tvari, koncentracije lakopristupačnog fosfora i kalija, hidrolitička kiselost te koncentracije kalcija, magnezija, kalija, natrija i fosfora kao i mikroelemenata željeza, mangana, cinka i bakra.

#### 3.3.1 *pH reakcija tla*

Prosječne vrijednosti pH(H<sub>2</sub>O) tla na pojedinim lokalitetima iznosile su 6,02 u Harkanovcima, 6,33 u Osječku te 6,04 u Gornjoj Dubici. Ustanovljena je značajna razlika prosječnih pH vrijednosti pokusnih površina lokaliteta Harkanovci i Gornja Dubica u odnosu na lokalitet Osječak. Vrijednosti pH tla na lokalitetu Harkanovci kretale su se od 5,80 do 6,30 po varijantama te su na osnovi utvrđenih vrijednosti ustanovljene statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (K, KMP) i varijante MGMP, zatim između varijante KMP i varijante P. Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 6,29 do 6,41 po varijantama, a na lokalitetu Gornja Dubica bile su u rasponu od 5,97 do 6,10 po varijantama. Na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti (Tablica 11.).

Tablica 11. pH (H<sub>2</sub>O) u 2016. godini

VARIJANTA	pH (H <sub>2</sub> O)							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	6,18 ab	6,33 a	6,10 a	6,20 A	6,75 a	6,20 ab	5,57 a	6,18 A
KMP	6,30 a	6,31 a	6,09 a	6,23 A	6,45 a	6,15 ab	5,53 a	6,04 AB
P	5,90 bc	6,31 a	6,04 a	6,08 A	5,93 b	6,23 a	5,63 a	5,93 AB
PMP	5,97 abc	6,29 a	6,01 a	6,09 A	5,87 b	6,17 ab	5,51 a	5,85 B
MG	5,95 abc	6,41 a	5,97 a	6,11 A	5,90 b	6,19 ab	5,64 a	5,90 AB
MGMP	5,80 c	6,35 a	6,01 a	6,05 A	5,81 b	6,07 b	5,50 a	5,79 B
Prosjek	6,02 B	6,33 A	6,04 B		6,12 A	6,17 A	5,56 B	
Minimum	5,80	6,29	5,97		5,81	6,07	5,50	
Maksimum	6,30	6,41	6,1		6,75	6,23	5,64	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,36	0,376	0,239		0,482	0,154	0,296	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Nakon mineralne gnojidbe i primijene mikrobiološkog pripravka te prve godine trajanja pokusa zabilježene su pH vrijednosti koje su se kretale na lokalitetu Harkanovci u rasponu od 5,81 do

6,75, na lokalitetu Osječak od 6,07 do 6,23 te na lokalitetu Gornja Dubica u rasponu od 5,50 do 5,64. Značajne razlike pH vrijednosti utvrđene su na lokalitetima Harkanovci te Osječak, dok na lokalitetu Gornja Dubica nije bilo značajnih razlika između pojedinih osnovnih parcela. Značajne razlike ustanovljene su između varijante P i varijante MGMP na lokalitetu Osječak te između kontrolnih varijanti (K i KMP) i svih ostalih varijanti (P, PMP, MG i MGMP) na lokalitetu Harkanovci. Nakon žetve soje u 2016. godini postojala je značajna razlika prosječnih pH vrijednosti između lokaliteta Osječak (6,17) i Harkanovci (6,12) u odnosu na lokalitet Gornja Dubica (5,56), dok je na sva tri lokaliteta najniža vrijednost pH(H<sub>2</sub>O) analizirana na osnovnim parcelama varijante preporučene gnojidbe uz primjenu mikrobiološkog preparata (Tablica 11.).

Prosječne vrijednosti pH(H<sub>2</sub>O) tla početkom 2017. godine na pojedinim lokalitetima iznosile su 5,75 u Harkanovcima, 5,98 u Osječku te 5,39 u Gornjoj Dubici. Ustanovljena je statistički značajna razlika prosječnih pH vrijednosti između svih lokaliteta. Vrijednosti pH tla na lokalitetu Harkanovci kretale su se od 5,42 do 6,27 po varijantama te su na osnovi utvrđenih vrijednosti ustanovljene statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (K, KMP) i varijante MGMP, zatim između varijante K i varijanti P, PMP i MG. Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 5,84 do 6,08 po varijantama te su ustanovljene statistički značajne razlike između varijante KMP i varijanti P, PMP i MGMP. Vrijednosti na lokalitetu Gornja Dubica bile su u rasponu od 5,32 do 5,44 po varijantama (Tablica 12.).

Tablica 12. pH (H<sub>2</sub>O) u 2017. godini

VARIJANTA	pH (H <sub>2</sub> O)							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	6,27 a	5,94 ab	5,44 a	5,88 A	6,93 ab	6,16 a	5,66 a	6,26 A
KMP	6,03 ab	5,84 b	5,35 a	5,74 A	6,97 a	6,12 a	5,68 a	6,25 A
P	5,63 bc	6,08 a	5,32 a	5,67 A	5,68 c	6,16 a	5,48 a	5,77 B
PMP	5,63 bc	6,05 a	5,43 a	5,70 A	5,52 c	6,04 a	5,65 a	5,73 B
MG	5,53 bc	5,97 ab	5,43 a	5,64 A	6,19 abc	5,93 a	5,56 a	5,89 AB
MGMP	5,42 c	6,02 a	5,35 a	5,59 A	6,09 bc	5,92 a	5,60 a	5,87 AB
Prosjek	5,75 B	5,98 A	5,39 C		6,23 A	6,06 A	5,61 B	
Minimum	5,42	5,84	5,32		5,52	5,92	5,48	
Maksimum	6,27	6,08	5,44		6,97	6,16	5,68	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,527	0,158	0,275		0,858	0,318	0,208	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnú oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Na lokalitetu Gornja Dubica nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti. Analizom uzoraka tla nakon berbe kukuruza 2017. godine zabilježene su pH vrijednosti koje su se kretale na lokalitetu Harkanovci u rasponu od 5,52 do 6,97, na lokalitetu Osječak od 5,92 do 6,16 te na lokalitetu Gornja Dubica u rasponu od 5,48 do 5,68. Utvrđene su statistički značajne razlike pH vrijednosti tla na lokalitetu Harkanovci između varijante KMP te varijanti P, PMP i MGMP te između varijante K i varijanti P i PMP. Također, postojale su značajne razlike prosječnih pH vrijednosti između lokaliteta Harkanovci (6,23) i Osječak (6,06) u odnosu na lokalitet Gornja Dubica (5,61). Na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica nisu zabilježene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti nakon dvije godine praćenja pokusa (Tablica 12.).

Prosječne vrijednosti pH(KCl) tla na pojedinim lokalitetima iznosile su 5,16 u Harkanovcima, 4,95 u Osječku te 4,53 u Gornjoj Dubici. Ustanovljena je značajna razlika prosječnih pH vrijednosti pokusnih površina između svih lokaliteta. Vrijednosti na lokalitetu Harkanovci kretale su se od 4,85 do 5,79 po varijantama te su na osnovi utvrđenih vrijednosti ustanovljene statistički značajne razlike između varijante KMP i varijanti P, PMP, MG i MGMP, zatim između varijante K i varijanti P i MGMP. Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 4,89 do 5,06 po varijantama, a ustanovljena je značajna razlika između varijante P i varijante MGMP. Vrijednosti na lokalitetu Gornja Dubica bile su u rasponu od 4,46 do 4,73 po varijantama. Na lokalitetu Gornja Dubica nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti (Tablica 13.).

Tablica 13. pH (KCl) u 2016. godini

VARIJANTA	pH (KCl)							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	5,49 ab	4,91 ab	4,73 a	5,04 A	6,05 a	4,88 a	4,44 a	5,12 A
KMP	5,79 a	4,95 ab	4,46 a	5,07 A	5,53 ab	4,83 a	4,36 a	4,91 AB
P	4,85 c	5,06 a	4,52 a	4,81 A	4,89 bc	4,94 a	4,46 a	4,76 AB
PMP	4,93 bc	4,93 ab	4,50 a	4,79 A	4,83 c	4,83 a	4,33 a	4,66 B
MG	5,04 bc	4,97 ab	4,48 a	4,83 A	4,85 c	4,86 a	4,50 a	4,74 AB
MGMP	4,86 c	4,89 b	4,46 a	4,74 A	4,83 c	4,81 b	4,32 a	4,65 B
Prosjek	5,16 A	4,95 B	4,53 C		5,16 A	4,86 B	4,40 C	
Minimum	4,85	4,89	4,46		4,83	4,81	4,32	
Maksimum	5,79	5,06	4,73		6,05	4,94	4,50	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,566	0,153	0,314		0,658	0,142	0,294	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica



Prosječne vrijednosti pH(KCl) tla, nakon žetve soje u 2016. godini, na pojedinim lokalitetima iznosile su 5,16 u Harkanovcima, 4,86 u Osječku te 4,40 u Gornjoj Dubici, a ustanovljene su značajne razlike prosječnih pH vrijednosti između svih lokaliteta. Nadalje, zabilježene su pH vrijednosti koje su se kretale na lokalitetu Harkanovci u rasponu od 4,83 do 6,05, na lokalitetu Osječak od 4,81 do 4,94 te na lokalitetu Gornja Dubica u rasponu od 4,32 do 4,50. Značajne razlike pH vrijednosti utvrđene su na lokalitetu Harkanovci između varijante K i varijanti P, PMP, MG i MGMP te između varijante KMP i varijanti PMP, MG i MGMP. Na lokalitetu Osječak ustanovljene su statistički značajne razlike između varijante MGMP i svih ostalih varijanti, dok na lokalitetu Gornja Dubica nije bilo značajnih razlika između pojedinih varijanti (Tablica 13.).

Tablica 14. pH (KCl) u 2017. godini

VARIJANTA	pH (KCl)							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	5,80 a	4,90 ab	4,28 a	4,99 A	6,02 ab	4,88 a	4,33 a	5,08 A
KMP	5,49 a	4,85 b	4,17 a	4,83 A	6,04 a	4,87 a	4,33 a	5,08 A
P	4,93 b	5,04 a	4,23 a	4,73 A	4,54 c	4,98 a	4,27 a	4,60 B
PMP	4,88 b	4,97 ab	4,20 a	4,68 A	4,44 c	4,85 a	4,35 a	4,55 B
MG	4,87 b	4,91 ab	4,25 a	4,68 A	5,20 abc	4,83 a	4,37 a	4,80 AB
MGMP	4,79 b	4,91 ab	4,21 a	4,63 A	5,05 bc	4,78 a	4,35 a	4,72 AB
Prosjek	5,13 A	4,93 B	4,22 C		5,22 A	4,87 B	4,33 C	
Minimum	4,79	4,85	4,17		4,44	4,78	4,27	
Maksimum	5,80	5,04	4,28		6,04	4,98	4,37	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,544	0,188	0,208		0,982	0,214	0,320	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Prosječne vrijednosti pH(KCl) tla početkom 2017. godine na pojedinim lokalitetima iznosile su 5,13 u Harkanovcima, 4,93 u Osječku te 4,22 u Gornjoj Dubici (Tablica 14.). Ustanovljena je statistički značajna razlika prosječnih pH vrijednosti između svih lokaliteta. Vrijednosti pH tla na lokalitetu Harkanovci kretale su se od 4,79 do 5,80 po varijantama te su na osnovi utvrđenih vrijednosti ustanovljene statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (K, KMP) i svih ostalih varijanti. Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 4,85 do 5,04 po varijantama te su ustanovljene statistički značajne razlike između varijante KMP i varijante P. Vrijednosti na lokalitetu Gornja Dubica bile su u rasponu od 4,17 do 4,28 po varijantama te nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti. Prosječne vrijednosti pH(KCl) tla, nakon berbe kukuruza 2017. godine, na pojedinim lokalitetima iznosile su 5,22 u Harkanovcima, 4,87 u Osječku te 4,33 u Gornjoj Dubici, a ustanovljene su značajne razlike

prosječnih pH vrijednosti između svih lokaliteta. Nadalje, zabilježene su pH vrijednosti koje su se kretale na lokalitetu Harkanovci u rasponu od 4,44 do 6,04, na lokalitetu Osječak od 4,78 do 4,98 te na lokalitetu Gornja Dubica u rasponu od 4,27 do 4,37. Utvrđene su statistički značajne razlike pH vrijednosti tla na lokalitetu Harkanovci između varijante KMP te varijanti P, PMP i MGMP te između varijante K i varijanti P i PMP (Tablica 14.). Na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica nisu ustanovljene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti.

### 3.3.2 *Sadržaj organske tvari*

Prosječni sadržaj humusa na lokalitetu Harkanovci iznosio je 1,68 %, na lokalitetu Osječak 4,31 % i na lokalitetu Gornja Dubica 3,08 % te su utvrđene statistički značajne razlike između svih lokaliteta. Vrijednosti sadržaja humusa na lokalitetu Harkanovci kretale su se od 1,28 % do 2,06 % po varijantama te su na osnovi utvrđenih vrijednosti ustanovljene statistički značajne razlike između varijante KMP i varijanti P i PMP te između varijante MG i varijanti P i PMP. Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 4,22 % do 4,37 % po varijantama, a na lokalitetu Gornja Dubica bile su u rasponu od 2,53 % do 3,58 % po varijantama. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica (Tablica 15.).

Tablica 15. Sadržaj humusa (%) u 2016. godini

VARIJANTA	Humus (%)							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	1,78 ab	4,22 a	2,97 a	2,97 A	1,29 a	3,75 a	1,88 a	2,31 A
KMP	2,06 a	4,32 a	3,06 a	3,14 A	1,28 a	3,86 a	1,94 a	2,35 A
P	1,32 b	4,37 a	3,53 a	3,07 A	1,16 a	4,08 a	1,88 a	2,37 A
PMP	1,28 b	4,28 a	3,58 a	3,05 A	1,21 a	3,96 a	1,84 a	2,33 A
MG	1,96 a	4,32 a	2,81 a	3,03 A	1,16 a	3,89 a	1,88 a	2,30 A
MGMP	1,66 ab	4,35 a	2,53 a	2,85 A	1,17 a	4,02 a	1,90 a	2,39 A
Prosjek	1,68 C	4,31 A	3,08 B		1,21 C	3,93 A	1,89 B	
Minimum	1,28	4,22	2,53		1,16	3,75	1,84	
Maksimum	2,06	4,37	3,58		1,29	4,08	1,94	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,555	0,451	1,280		0,205	0,440	0,294	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Prosječne vrijednosti sadržaja humusa, nakon žetve soje u 2016. godini, na pojedinim lokalitetima iznosile su 1,21 % u Harkanovcima, 3,93 % u Osječku te 1,89 % u Gornjoj Dubici,

a ustanovljene su značajne razlike prosječnih vrijednosti između svih lokaliteta. Nadalje, zabilježene su vrijednosti sadržaja humusa koje su se kretale na lokalitetu Harkanovci u rasponu od 1,16 % do 1,29 %, na lokalitetu Osječak od 3,75 % do 4,08 % te na lokalitetu Gornja Dubica u rasponu od 1,84 % do 1,94 %. Nisu zabilježene statistički značajne razlike sadržaja humusa između varijanti na pojedinim lokalitetima (Tablica 15.).

Prosječne vrijednosti sadržaja humusa početkom 2017. godine na pojedinim lokalitetima iznosile su 1,22 % u Harkanovcima, 3,73 % u Osječku te 1,74 % u Gornjoj Dubici. Utvrđene su statistički značajne razlike između svih lokaliteta. Vrijednosti sadržaja humusa na lokalitetu Harkanovci kretale su se od 1,10 % do 1,29 % po varijantama te su na osnovi utvrđenih vrijednosti ustanovljene statistički značajne razlike između varijante KMP i varijante MG. Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 3,65 % do 3,81 % po varijantama te nisu ustanovljene statistički značajne razlike između varijanti. Vrijednosti na lokalitetu Gornja Dubica bile su u rasponu od 1,65 % do 1,85 % po varijantama te su ustanovljene statistički značajne razlike između varijante PMP i varijante MGMP (Tablica 16.).

Tablica 16. Sadržaj humusa (%) u 2017. godini

VARIJANTA	Humus (%)							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	1,16 ab	3,74 a	1,80 ab	2,23 A	1,31 a	3,69 a	1,86 a	2,29 A
KMP	1,10 b	3,81 a	1,72 ab	2,21 A	1,13 a	3,81 a	1,73 a	2,22 A
P	1,21 ab	3,68 a	1,73 ab	2,21 A	1,14 a	3,73 a	1,74 a	2,20 A
PMP	1,28 ab	3,79 a	1,65 b	2,24 A	1,19 a	3,90 a	1,64 a	2,24 A
MG	1,29 a	3,72 a	1,69 ab	2,23 A	1,14 a	3,67 a	1,83 a	2,21 A
MGMP	1,28 ab	3,65 a	1,85 a	2,26 A	1,17 a	3,61 a	1,78 a	2,19 A
Prosjek	1,22 C	3,73 A	1,74 B		1,18 C	3,74 A	1,76 B	
Minimum	1,10	3,65	1,65		1,13	3,61	1,64	
Maksimum	1,29	3,81	1,85		1,31	3,90	1,86	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,180	0,285	0,196		0,309	0,32	0,304	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Prosječne vrijednosti sadržaja humusa, nakon berbe kukuruza u 2017. godini, na pojedinim lokalitetima iznosile su 1,18 % u Harkanovcima, 3,74 % u Osječku te 1,76 % u Gornjoj Dubici, a ustanovljene su značajne razlike prosječnih vrijednosti između svih lokaliteta. Nadalje, zabilježene su vrijednosti sadržaja humusa koje su se kretale na lokalitetu Harkanovci u rasponu od 1,13 % do 1,31 %, na lokalitetu Osječak od 3,61 % do 3,90 % te na lokalitetu

Gornja Dubica u rasponu od 1,64 % do 1,86 %. Nisu zabilježene statistički značajne razlike sadržaja humusa između varijanti na pojedinim lokalitetima (Tablica 16.).

### 3.3.3 *Koncentracije lakopristupačnog fosfora i kalija (AL- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i AL-K<sub>2</sub>O)*

Laboratorijskom analizom početnog stanja koncentracije lakopristupačnog fosfora u tlu AL-metodom utvrđene su prosječne vrijednosti po lokalitetima koje su iznosile 39,62 mg kg<sup>-1</sup> za Harkanovce, 1,65 mg kg<sup>-1</sup> za Osječak te 6,70 mg kg<sup>-1</sup> za Gornju Dubicu. Ustanovljene su statistički značajne razlike između pojedinih lokaliteta. Najveće koncentracije analizirane su na lokalitetu Harkanovci te su iznosile od 36,71 do 42,91 mg kg<sup>-1</sup>, dok su se koncentracije na lokalitetu Gornja Dubica kretale u rasponu od 6,56 do 7,90 mg kg<sup>-1</sup>, a na lokalitetu Osječak u rasponu od 1,22 do 1,83 mg kg<sup>-1</sup>. Nije bilo statistički značajnih razlika između osnovnih parcela pojedinih varijanti (Tablica 17.).

Tablica 17. Koncentracija AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u 2016. godini

VARIJANTA	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	41,38 a	1,79 a	6,80 a	16,66 A	42,02 a	2,48 a	7,25 a	17,25 A
KMP	42,91 a	1,83 a	5,76 a	16,83 A	44,61 a	2,67 a	6,85 a	18,04 A
P	36,71 a	1,69 a	6,14 a	14,85 A	37,92 a	2,46 a	7,82 a	16,07 A
PMP	37,30 a	1,56 a	7,01 a	15,29 A	41,02 a	2,71 a	8,24 a	17,32 A
MG	39,87 a	1,22 a	7,90 a	16,33 A	39,57 a	2,90 a	8,59 a	17,02 A
MGMP	39,57 a	1,80 a	6,56 a	15,98 A	38,67 a	3,31 a	8,44 a	16,80 A
Prosjek	39,62 A	1,65 C	6,70 B		40,64 A	2,75 C	7,86 B	
Minimum	36,71	1,22	5,76		37,92	2,46	6,85	
Maksimum	42,91	1,83	7,90		44,61	3,31	8,59	
LSD <sub>(0,05)</sub>	7,112	1,118	2,338		9,479	0,955	2,709	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Nakon mineralne gnojidbe i primijene mikrobiološkog pripravka te prve godine trajanja pokusa zabilježene su značajne razlike između svih lokaliteta na osnovi prosječnih vrijednosti koja je za lokalitet Harkanovci iznosila 40,64 mg kg<sup>-1</sup>, za Osječak 2,75 mg kg<sup>-1</sup> te za lokalitet Gornja Dubica 7,86 mg kg<sup>-1</sup>. Nisu zabilježene statistički značajne razlike između varijanti na pojedinim lokalitetima, međutim, ustanovljen je porast prosječnih koncentracije lakopristupačnog fosfora AL-metodom na svim lokalitetima u odnosu na početno stanje (Tablica 17.).

Prosječne koncentracije, početkom 2017. godine, iznosile su na lokalitetu Harkanovci 41,18 mg kg<sup>-1</sup>, na lokalitetu Osječak 3,01 mg kg<sup>-1</sup> te na lokalitetu Gornja Dubica 8,90 mg kg<sup>-1</sup> te su utvrđene statistički značajne razlike koncentracije lakopristupačnog fosfora AL-metodom između svih lokaliteta. Najveće koncentracije utvrđene su na lokalitetu Harkanovci te su iznosile od 38,87 do 44,43 mg kg<sup>-1</sup>, dok su se koncentracije na lokalitetu Gornja Dubica kretale u rasponu od 8,26 do 9,29 mg kg<sup>-1</sup>, a na lokalitetu Osječak u rasponu od 2,10 do 4,00 mg kg<sup>-1</sup>. Nije bilo statistički značajnih razlika između osnovnih parcela pojedinih varijanti. Prosječne vrijednosti, nakon berbe kukuruza u 2017. godini, na pojedinim lokalitetima iznosile su 43,07 mg kg<sup>-1</sup> u Harkanovcima, 5,68 mg kg<sup>-1</sup> u Osječku te 9,13 mg kg<sup>-1</sup> u Gornjoj Dubici, a ustanovljene su značajne razlike prosječnih vrijednosti između svih lokaliteta. Nadalje, zabilježene su vrijednosti koje su se kretale na lokalitetu Harkanovci u rasponu od 39,32 do 48,02 mg kg<sup>-1</sup>, na lokalitetu Osječak od 3,94 do 7,83 mg kg<sup>-1</sup> te na lokalitetu Gornja Dubica u rasponu od 7,11 do 11,51 mg kg<sup>-1</sup> po varijantama. Na lokalitetu Gornja Dubica zabilježene su statistički značajne razlike između varijante MG i varijanti K, KMP i PMP te između varijante MGMP i varijante KMP. Na preostala dva lokaliteta nisu zabilježene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti (Tablica 18.).

Tablica 18. Koncentracija AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u 2017. godini

VARIJANTA	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	44,43 a	4,00 a	8,26 a	18,90 A	43,19 a	3,94 a	8,03 bc	18,38 A
KMP	42,80 a	3,20 a	8,45 a	18,15 A	44,47 a	3,98 a	7,11 c	18,52 A
P	38,89 a	2,98 a	9,29 a	17,05 A	39,32 a	4,80 a	9,66 abc	17,93 A
PMP	38,87 a	2,86 a	9,03 a	16,92 A	39,45 a	6,62 a	8,32 bc	18,13 A
MG	40,73 a	2,92 a	9,13 a	17,59 A	48,02 a	7,83 a	11,51 a	22,45 A
MGMP	41,36 a	2,10 a	9,25 a	17,57 A	43,98 a	6,91 a	10,15 ab	20,35 A
Prosjek	41,18 A	3,01 C	8,90 B		43,07 A	5,68 C	9,13 B	
Minimum	38,87	2,10	8,26		39,32	3,94	7,11	
Maksimum	44,43	4,00	9,29		48,02	7,83	11,51	
LSD <sub>(0,05)</sub>	7,815	2,168	2,069		9,989	5,867	2,755	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Početne koncentracije AL-K<sub>2</sub>O u tlu bile su najveće na lokalitetu Harkanovci, prosječno 36,68 mg kg<sup>-1</sup>, dok su na lokalitetima koncentracije bile znatno niže te su iznosile 13,38 mg kg<sup>-1</sup> na lokalitetu Osječak, odnosno 12,37 mg kg<sup>-1</sup> na lokalitetu Gornja Dubica. Ustanovljena je statistički značajna razlika između lokaliteta Harkanovci i preostala dva lokaliteta.

Koncentracije analizirane na lokalitetu Harkanovci iznosile su od 34,50 do 38,22 mg kg<sup>-1</sup>, dok su se koncentracije na lokalitetu Gornja Dubica kretale u rasponu od 11,46 do 12,98 mg kg<sup>-1</sup>, a na lokalitetu Osječak u rasponu od 12,97 do 14,04 mg kg<sup>-1</sup>. Nisu zabilježene statistički značajne razlike unutar pojedinih pokusa. Nakon prve godine praćenja pokusa, prosječne koncentracije AL-K<sub>2</sub>O iznosile su 33,65 mg kg<sup>-1</sup> na lokalitetu Harkanovci, 13,23 mg kg<sup>-1</sup> na lokalitetu Osječak te 10,96 mg kg<sup>-1</sup> na lokalitetu Gornja Dubica. Utvrđene su značajne razlike između sva tri lokaliteta. Vrijednosti na lokalitetu Harkanovci kretale su se od 31,95 do 35,52 mg kg<sup>-1</sup> te su zabilježene statistički značajne razlike na varijantama preporučene gnojidbe (MG, MGMP) u odnosu na varijante KMP i P. Vrijednosti na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica bile su u rasponu od 12,93 do 13,46 mg kg<sup>-1</sup>, odnosno od 10,76 do 11,45 mg kg<sup>-1</sup>, međutim, nije bilo statistički značajnih razlika između varijanti (Tablica 19.).

Tablica 19. Koncentracija AL-K<sub>2</sub>O u 2016. godini

VARIJANTA	AL-K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	35,95 a	12,97 a	11,99 a	20,30 A	33,55 ab	12,93 a	11,12 a	19,20 A
KMP	37,55 a	13,45 a	11,46 a	20,82 A	31,95 b	13,46 a	10,79 a	18,73 A
P	34,50 a	14,04 a	12,98 a	20,51 A	32,41 b	13,30 a	11,45 a	19,05 A
PMP	35,71 a	13,20 a	12,94 a	20,62 A	33,50 ab	13,37 a	10,79 a	19,22 A
MG	38,16 a	13,62 a	12,74 a	21,51 A	35,02 a	13,01 a	10,83 a	19,62 A
MGMP	38,22 a	13,03 a	12,10 a	21,18 A	35,52 a	13,35 a	10,76 a	19,87 A
Prosjeak	36,68 A	13,38 B	12,37 B		33,65 A	13,23 B	10,96 C	
Minimum	34,50	12,97	11,46		31,95	12,93	10,76	
Maksimum	38,22	14,04	12,98		35,52	13,46	11,45	
LSD <sub>(0,05)</sub>	5,179	1,688	1,528		2,467	0,782	1,690	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Prosječne koncentracije, početkom 2017. godine, iznosile su na lokalitetu Harkanovci 34,96 mg kg<sup>-1</sup>, na lokalitetu Osječak 12,98 mg kg<sup>-1</sup> te na lokalitetu Gornja Dubica 10,52 mg kg<sup>-1</sup> te su utvrđene statistički značajne razlike između svih lokaliteta. Utvrđene koncentracije na lokalitetu Harkanovci iznosile su od 33,42 do 37,04 mg kg<sup>-1</sup>, dok su se koncentracije na lokalitetu Osječak kretale u rasponu od 12,58 do 13,33 mg kg<sup>-1</sup>, a na lokalitetu Gornja Dubica u rasponu od 10,17 do 11,17 mg kg<sup>-1</sup>. Statistički značajne razlike zabilježene su na lokalitetu Harkanovci između varijanti MG i MGMP u odnosu na varijante KMP, P i PMP, dok na preostala dva lokaliteta nisu zabilježene statistički značajne razlike između varijanti unutar pojedinih pokusa. Prosječne vrijednosti, nakon berbe kukuruza u 2017. godini, na pojedinim

lokalitetima iznosile su 30,42 mg kg<sup>-1</sup> u Harkanovcima, 13,08 mg kg<sup>-1</sup> u Osječku te 10,79 mg kg<sup>-1</sup> u Gornjoj Dubici, a ustanovljene su značajne razlike prosječnih vrijednosti između svih lokaliteta. Nadalje, zabilježene su vrijednosti koje su se kretale na lokalitetu Harkanovci u rasponu od 29,61 do 31,76 mg kg<sup>-1</sup>, na lokalitetu Osječak od 12,69 do 13,52 mg kg<sup>-1</sup> te na lokalitetu Gornja Dubica u rasponu od 10,17 do 11,78 mg kg<sup>-1</sup> po varijantama. Nisu zabilježene statistički značajne razlike između varijanti unutar pojedinih pokusa (Tablica 20.).

Tablica 20. Koncentracija AL-K<sub>2</sub>O u 2017. godini

VARIJANTA	AL-K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	35,18 ab	12,91 a	10,73 a	19,61 A	30,86 a	13,06 a	10,52 a	18,14 A
KMP	33,42 b	13,22 a	10,17 a	18,93 A	29,90 a	13,52 a	10,48 a	17,97 A
P	33,67 b	13,33 a	11,17 a	19,39 A	29,61 a	13,29 a	11,78 a	18,23 A
PMP	33,67 b	12,88 a	10,17 a	18,91 A	29,71 a	13,13 a	10,17 a	17,67 A
MG	36,81 a	12,58 a	10,24 a	19,87 A	30,71 a	12,81 a	10,97 a	18,16 A
MGMP	37,04 a	12,95 a	10,67 a	20,22 A	31,76 a	12,69 a	10,80 a	18,41 A
Prosjeak	34,96 A	12,98 B	10,52 C		30,42 A	13,08 B	10,79 C	
Minimum	33,42	12,58	10,17		29,61	12,69	10,17	
Maksimum	37,04	13,33	11,17		31,76	13,52	11,78	
LSD <sub>(0,05)</sub>	2,597	1,092	1,31		3,086	1,585	1,974	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnú oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

### 3.3.4 Hidrolitička kiselost tla

Prosječna vrijednost hidrolitičke kiselosti tla na lokalitetu Harkanovci iznosila je 2,41 mmol 100 g<sup>-1</sup>, na lokalitetu Osječak 2,74 mmol 100 g<sup>-1</sup>, dok je na lokalitetu Gornja Dubica ta vrijednost iznosila 3,74 mmol 100 g<sup>-1</sup>. Vrijednosti hidrolitičke kiselosti na lokalitetu Harkanovci iznosile su od 1,04 do 3,02 mmol 100 g<sup>-1</sup>, dok su se vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale u rasponu od 2,60 do 2,83 mmol 100 g<sup>-1</sup>, a na lokalitetu Gornja Dubica u rasponu od 3,48 do 3,91 mmol 100 g<sup>-1</sup>. Utvrđene su statistički značajne razlike između lokaliteta Harkanovci i Osječak u odnosu na lokalitet Gornja Dubica. Također, statističke značajne razlike na lokalitetu Harkanovci potvrđene su na osnovnim parcelama kontrolne varijante K i varijanti P, MG i MGMP te između varijante KMP i sve četiri gnojidbene varijante (P, PMP, MG, MGMP) (Tablica 21.). Nakon mineralne gnojidbe i primjene mikrobiološkog pripravka te prve godine trajanja pokusa zabilježene su prosječne vrijednosti po lokalitetima koje su iznosile 2,36 mmol 100 g<sup>-1</sup> za Harkanovce, 4,91 mmol 100 g<sup>-1</sup> za Osječak te 4,58 mmol 100 g<sup>-1</sup> za Gornju Dubicu, a ustanovljene su značajne razlike između lokaliteta Osječak i Gornja

Dubica u odnosu na lokalitet Harkanovci. Vrijednosti hidrolitičke kiselosti na pojedinim varijantama kretale su se u rasponu od 0,67 do 3,35 mmol 100 g<sup>-1</sup> na lokalitetu Harkanovci, od 4,75 do 5,14 mmol 100 g<sup>-1</sup> na lokalitetu Osječak te od 4,33 do 4,86 mmol 100 g<sup>-1</sup> na lokalitetu Gornja Dubica. Statistički značajne razlike zabilježene su na lokalitetu Harkanovci između kontrolnih varijanti (K, KMP) i svih ostalih varijanti, dok na preostala dva lokaliteta nisu zabilježene statistički značajne razlike između varijanti unutar pojedinih pokusa (Tablica 21.).

Prosječne vrijednosti hidrolitičke kiselosti, početkom 2017. godine, iznosile su na lokalitetu Harkanovci 2,75 mmol 100 g<sup>-1</sup>, na lokalitetu Osječak 4,58 mmol 100 g<sup>-1</sup> te na lokalitetu Gornja Dubica 4,25 mmol 100 g<sup>-1</sup>. Utvrđene su statistički značajne razlike između lokaliteta Osječak i Gornja Dubica u odnosu na lokalitet Harkanovci. Vrijednosti na lokalitetu Harkanovci iznosile su od 0,91 do 3,88 mmol 100 g<sup>-1</sup>, dok su se vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale u rasponu od 4,27 do 4,84 mmol 100 g<sup>-1</sup>, a na lokalitetu Gornja Dubica u rasponu od 4,17 do 4,36 mmol 100 g<sup>-1</sup>. Statistički značajne razlike zabilježene su na lokalitetu Harkanovci između kontrolnih varijanti (K, KMP) i svih ostalih varijanti, dok na preostala dva lokaliteta nisu zabilježene statistički značajne razlike između varijanti unutar pojedinih pokusa (Tablica 22.).

Tablica 21. Hidrolitička kiselost tla u 2016. godini

VARIJANTA	Hk (mmol 100 g <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	1,75 bc	2,78 a	3,48 a	2,69 AB	0,77 b	4,77 a	4,86 a	3,46 A
KMP	1,04 c	2,75 a	3,63 a	2,47 B	0,67 b	4,78 a	4,73 a	3,39 A
P	3,02 a	2,60 a	3,75 a	3,12 AB	2,98 a	4,98 a	4,33 a	4,10 A
PMP	2,78 ab	2,83 a	3,89 a	3,17 AB	3,20 a	5,02 a	4,33 a	4,18 A
MG	2,90 a	2,66 a	3,91 a	3,16 AB	3,20 a	4,75 a	4,46 a	4,14 A
MGMP	3,00 a	2,82 a	3,79 a	3,20 A	3,35 a	5,14 a	4,75 a	4,41 A
Prosjeak	2,41 B	2,74 B	3,74 A		2,36 B	4,91 A	4,58 A	
Minimum	1,04	2,60	3,48		0,67	4,75	4,33	
Maksimum	3,02	2,83	3,91		3,35	5,14	4,86	
LSD <sub>(0,05)</sub>	1,144	0,496	0,830		1,391	0,630	0,965	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Prosječne vrijednosti, nakon berbe kukuruza u 2017. godini, na pojedinim lokalitetima iznosile su 2,08 mmol 100 g<sup>-1</sup> u Harkanovcima, 3,99 mmol 100 g<sup>-1</sup> u Osječku te 3,26 mmol 100 g<sup>-1</sup> u Gornjoj Dubici, a ustanovljene su značajne razlike prosječnih vrijednosti između svih lokaliteta. Nadalje, zabilježene su vrijednosti koje su se kretale na lokalitetu Harkanovci u rasponu od 0,44 do 3,81 mmol 100 g<sup>-1</sup>, na lokalitetu Osječak od 3,81 do 4,16 mmol 100 g<sup>-1</sup> te



na lokalitetu Gornja Dubica u rasponu od 2,93 do 3,64 mmol 100 g<sup>-1</sup> po varijantama. Utvrđene su statistički značajne razlike na lokalitetu Harkanovci između kontrolnih varijanti (K, KMP) u odnosu na varijante MG i MGMP, dok na preostala dva lokaliteta nisu zabilježene statistički značajne razlike između varijanti unutar pojedinih pokusa (Tablica 22.).

Tablica 22. Hidrolitička kiselost tla u 2017. godini

VARIJANTA	Hk (mmol 100 g <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	0,91 b	4,84 a	4,24 a	3,33 A	0,44 b	3,86 a	3,25 a	2,52 A
KMP	1,54 b	4,77 a	4,33 a	3,55 A	0,60 b	4,00 a	3,41 a	2,67 A
P	3,25 a	4,27 a	4,18 a	3,90 A	2,06 ab	3,81 a	3,33 a	3,52 A
PMP	3,28 a	4,44 a	4,22 a	3,98 A	2,16 ab	4,06 a	2,93 a	3,60 A
MG	3,62 a	4,51 a	4,17 a	4,10 A	3,43 a	4,07 a	3,64 a	3,26 A
MGMP	3,88 a	4,66 a	4,36 a	4,30 A	3,81 a	4,16 a	2,98 a	3,52 A
Prosjek	2,75 B	4,58 A	4,25 A		2,08 C	3,99 A	3,26 B	
Minimum	0,91	4,27	4,17		0,44	3,81	2,93	
Maksimum	3,88	4,84	4,36		3,81	4,16	3,64	
LSD <sub>(0,05)</sub>	1,705	0,795	0,545		1,913	1,060	0,915	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablice sa sadržajem karbonata u tlu po lokalitetima i varijantama te njihova statistička obrada podataka nalaze se u prilogu.

### 3.3.5 Koncentracije Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn i P u tlu i kationski izmjenjivački

#### kapacitet tla

Početne prosječne koncentracije elemenata po lokalitetima kretale su se od 4,03 do 6,11 g kg<sup>-1</sup> za kalcij, od 5,69 do 7,70 g kg<sup>-1</sup> za magnezij, od 4,93 do 7,48 g kg<sup>-1</sup> za kalij, od 0,20 do 0,35 g kg<sup>-1</sup> za natrij te od 0,68 do 1,21 g kg<sup>-1</sup> za fosfor, dok su se prosječne početne koncentracije mikroelemenata po lokalitetima kretale od 14,57 do 23,93 mg kg<sup>-1</sup> za bakar, od 24,43 do 37,62 g kg<sup>-1</sup> za željezo, od 0,33 do 0,58 g kg<sup>-1</sup> za mangan te od 56,41 do 85,86 mg kg<sup>-1</sup> za cink (Tablica 23.). Na osnovi ustanovljenih početnih vrijednosti analiza tla utvrđene su statistički značajne razlike koncentracija Mg, K, Na, Cu, Fe te Zn između sva tri promatrana lokaliteta, za koncentracije Ca i Mn utvrđene su statistički značajne razlike za lokalitete Harkanovci i Gornja Dubica u odnosu na lokalitet Osječak, dok je za koncentraciju P zabilježena statistički značajna razlika između lokaliteta Osječak i Gornja Dubica u odnosu na lokalitet Harkanovci.

Završne prosječne koncentracije elemenata po lokalitetima kretale su se od 4,12 do 6,29 g kg<sup>-1</sup> za kalcij, od 5,51 do 7,43 g kg<sup>-1</sup> za magnezij, od 4,99 do 8,31 g kg<sup>-1</sup> za kalij, od 0,18 do 0,40 g kg<sup>-1</sup> za natrij te od 0,68 do 1,11 g kg<sup>-1</sup> za fosfor, dok su se završne prosječne koncentracije mikroelemenata po lokalitetima kretale od 13,72 do 23,72 mg kg<sup>-1</sup> za bakar, od 23,58 do 35,87 g kg<sup>-1</sup> za željezo, od 0,34 do 0,60 g kg<sup>-1</sup> za mangan te od 53,06 do 86,03 mg kg<sup>-1</sup> za cink. Na osnovi ustanovljenih završnih koncentracija zabilježene su identične statistički značajne razlike između lokaliteta za koncentracije pojedinih elemenata kao i početnom analizom, odnosno, utvrđene su statistički značajne razlike koncentracija Mg, K, Na, Cu, Fe te Zn između sva tri istraživana lokaliteta, za koncentracije Ca i Mn utvrđene su statistički značajne razlike za lokalitete Harkanovci i Gornja Dubica u odnosu na lokalitet Osječak, dok je za koncentraciju P zabilježena statistički značajna razlika između lokaliteta Osječak i Gornja Dubica u odnosu na lokalitet Harkanovci.

Tablice s koncentracijama pojedinih mikro - i makroelemenata po lokalitetima i varijantama te njihova statistička obrada podataka nalaze se u prilogu.

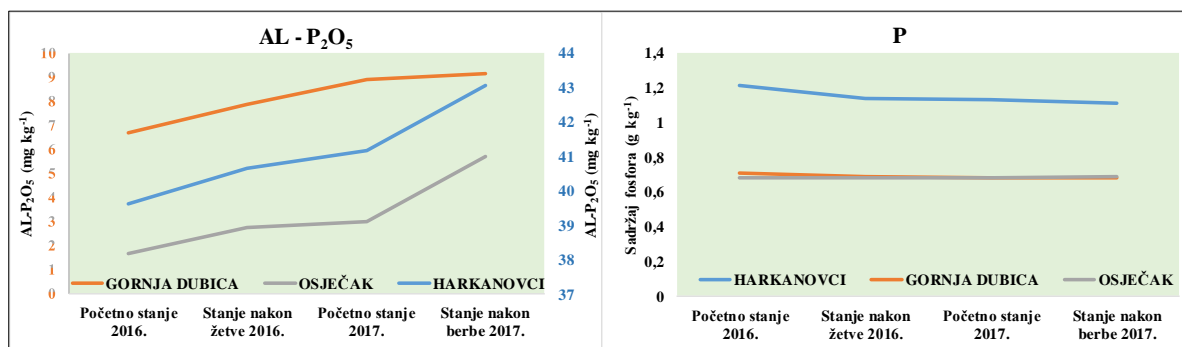
Tablica 23. Koncentracije mikro i makroelemenata u tlu u 2016. i 2017. godini te KIK

Kemijski element	Elementi 2016. / 2017.					
	Početno stanje 2016.			Završno stanje 2017.		
	HA	OK	GD	HA	OK	GD
P (g kg <sup>-1</sup> )	1,21 A	0,68 B	0,71 B	1,11 A	0,69 B	0,68 B
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	5,69 C	7,70 A	6,82 B	5,51 C	7,43 A	6,53 B
K (g kg <sup>-1</sup> )	4,93 C	7,48 A	5,37 B	4,99 C	8,31 A	6,51 B
Na (g kg <sup>-1</sup> )	0,20 C	0,35 A	0,24 B	0,18 C	0,40 A	0,29 B
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	14,57 C	23,93 A	19,27 B	13,72 C	23,72 A	17,19 B
Fe (g kg <sup>-1</sup> )	24,43 C	37,62 A	29,02 B	23,58 C	35,87 A	26,18 B
Mn (g kg <sup>-1</sup> )	0,58 A	0,33 B	0,55 A	0,57 A	0,34 B	0,60 A
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	56,41 C	85,86 A	67,29 B	53,06 C	86,03 A	60,74 B
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	4,17 B	6,11 A	4,03 B	4,20 B	6,29 A	4,12 B
	Kationski izmjenjivački kapacitet tla prije postavljanja pokusa					
	HA		OK		GD	
KIK	9,90		29,01		11,95	

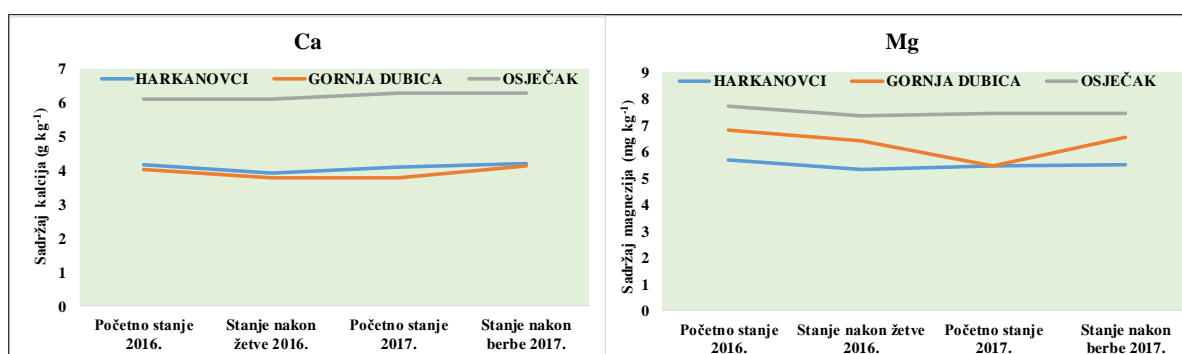
\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnú oznaku ne postoje statistički značajne razlike; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Kroz promatrano razdoblje zabilježen je porast prosječne koncentracije AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na svim lokalitetima (Grafikon 5.). Na lokalitetu Harkanovci početna koncentracija iznosila je 39,62 mg kg<sup>-1</sup>, a završna 43,07 mg kg<sup>-1</sup>, na lokalitetu Osječak početna prosječna koncentracija iznosila je 1,65 mg kg<sup>-1</sup>, a završna 5,68 mg kg<sup>-1</sup>, dok je na lokalitetu Gornja Dubica početna koncentracija iznosila 6,70 mg kg<sup>-1</sup>, a završna 9,13 mg kg<sup>-1</sup> (Tablica 17. i 18.). Najveći porast prosječne koncentracije zabilježen je na lokalitetu Osječak, a iznosio je 4,03 mg kg<sup>-1</sup>.

Sadržaj ukupnog fosfora u tlu bio je najveći na lokalitetu Harkanovci i iznosio je u prosjeku  $1,21 \text{ g kg}^{-1}$  u 2016. godini, odnosno  $1,11 \text{ g kg}^{-1}$  u 2017. godini, prosjeci na ostala dva lokaliteta bili su znatno niži (Tablica 23.) Na lokalitetu Harkanovci zabilježen je blagi pad koncentracije ukupnog fosfora, dok na preostala dva lokaliteta nije došlo do značajne promjene (Grafikon 5.).



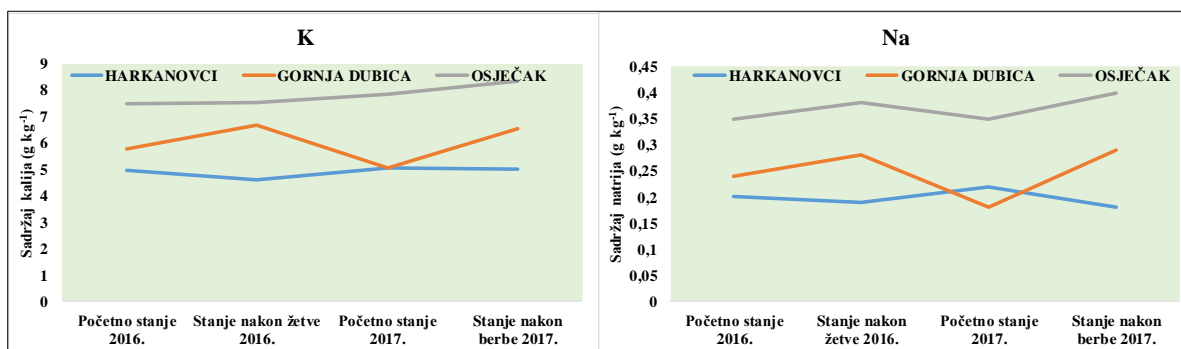
Grafikon 5. Dinamika promjena koncentracije AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> te ukupne koncentracije P u tlu za promatrano razdoblje



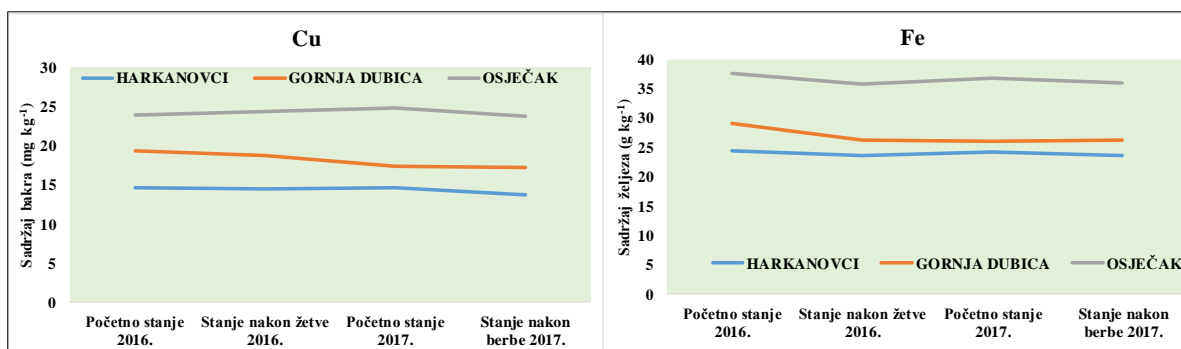
Grafikon 6. Dinamika promjena koncentracije Ca te koncentracije Mg u tlu za promatrano razdoblje

Na lokalitetu Osječak utvrđene su najveće vrijednosti koncentracija Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe i Zn te najmanja vrijednost koncentracije Mn u odnosu na preostala dva lokaliteta kroz promatrano razdoblje (Tablica 23.). Na osnovi prikaza dinamike promjene koncentracija (Grafikoni 6. i 7.) zabilježena su veća odstupanja koncentracije Mg, K te Na za lokalitet Gornja Dubica. Nadalje, na osnovi prikazane dinamike promjene koncentracija kroz promatrano razdoblje nisu ustanovljene značajne razlike pojedinih koncentracija elemenata u tlu na pojedinim lokalitetima između početnog i završnog stanja koncentracija u tlu (Grafikoni 6., 7., 8. i 9.).

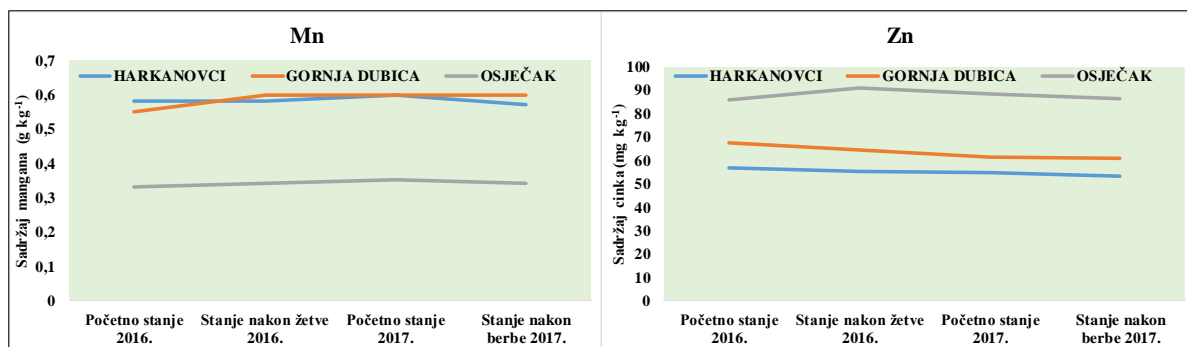
Zabilježen je porast prosječnih koncentracija Na i K na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica. Prosječna vrijednost koncentracije Na povećana je za 13 % na lokalitetu Osječak, dok je povećanje na lokalitetu Gornja Dubica iznosilo 20,8 %. Povećanje koncentracije K iznosilo je 11 % za lokalitet Osječak, a 21 % za lokalitet Gornja Dubica (Tablica 23.). Vrijednost koncentracije Ca na lokalitetima Harkanovci i Gornja Dubica bila je skoro identična te je iznosila oko  $4 \text{ g kg}^{-1}$ , dok je na lokalitetu Osječak bila veća za 50 %, odnosno iznosila je oko  $6 \text{ g kg}^{-1}$ .



Grafikon 7. Dinamika promjena koncentracije K te koncentracije Na u tlu za promatrano razdoblje



Grafikon 8. Dinamika promjena koncentracije Cu te koncentracije Fe u tlu za promatrano razdoblje



Grafikon 9. Dinamika promjena koncentracije Mn te koncentracije Zn u tlu za promatrano razdoblje

Najveće razlike između lokaliteta ustanovljene su na osnovi koncentracija Cu, Fe i Zn. Prosječna koncentracija Cu na lokalitetu Osječak, za promatrano razdoblje 2016. - 2017., iznosila je  $23,8 \text{ mg kg}^{-1}$ , dok je na lokalitetima Harkanovci i Gornja Dubica iznosila  $14,1 \text{ mg kg}^{-1}$ , odnosno  $18,2 \text{ mg kg}^{-1}$ . Također, prosječna koncentracija Fe bila je najveća na lokalitetu Osječak, a iznosila je prosječno  $36,7 \text{ g kg}^{-1}$  za promatrano razdoblje, dok je prosječna vrijednost Fe na lokalitetima Harkanovci te Gornja Dubica prosječno iznosila  $24 \text{ g kg}^{-1}$ , odnosno  $27,6 \text{ g kg}^{-1}$ . Prosječna koncentracija Zn na lokalitetu Osječak iznosila je  $85,9 \text{ mg kg}^{-1}$ , dok je za promatrano razdoblje na lokalitetima Harkanovci i Gornja Dubica prosječno iznosila  $54,7 \text{ mg kg}^{-1}$ , odnosno  $64 \text{ mg kg}^{-1}$  (Tablica 23.).

Vrijednost kationskog izmjenjivačkog kapaciteta (KIK) tla na lokalitetu Harkanovci iznosila je  $9,90 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ , na lokalitetu Osječak vrijednost je iznosila  $29,01 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ , dok je na lokalitetu Gornja Dubica vrijednost KIK-a iznosila  $11,95 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$  (Tablica 23.).

### 3.4 Organski fosfor u tlu

Najveća prosječna količina mikrobiološki fiksiranog fosfora u 2016. godini ustanovljena je na lokalitetu Harkanovci, a iznosila je 78,52 kg ha<sup>-1</sup>, zatim na lokalitetu Gornja Dubica gdje je iznosila 39,52 kg ha<sup>-1</sup>, a najmanja prosječna količina mikrobiološki fiksiranog fosfora ustanovljena je na lokalitetu Osječak gdje je iznosila 23,34 kg ha<sup>-1</sup>. Ustanovljena je statistički značajna razlika između svih lokaliteta. Količina mikrobiološki fiksiranog fosfora na lokalitetu Harkanovci kretala se od 65,81 do 90,56 kg ha<sup>-1</sup> po varijantama, dok je najveća količina (90,56 kg ha<sup>-1</sup>) zabilježena na varijanti MGMP.

Količine na lokalitetu Osječak kretale su se od 16,59 do 29,53 kg ha<sup>-1</sup> po varijantama, a najveća količina (29,53 kg ha<sup>-1</sup>) utvrđena je na varijanti KMP.

Na lokalitetu Gornja Dubica zabilježene količine bile su u rasponu od 28,13 do 49,50 kg ha<sup>-1</sup> po varijantama, a najveća količina (49,50 kg ha<sup>-1</sup>) utvrđena je na varijanti MGMP.

Na osnovi zabilježenih količina mikrobiološki fiksiranog fosfora ustanovljene su na lokalitetu Harkanovci statistički značajne razlike između varijante MGMP u odnosu na varijante K i P, na lokalitetu Osječak između varijante KMP u odnosu na varijante P i MG te između varijante P u odnosu na varijante PMP i MGMP. Na lokalitetu Gornja Dubica zabilježene statistički značajne razlike između varijante K u odnosu na varijante PMP i MGMP (Tablica 24.).

Prosječna količina mikrobiološki fiksiranog fosfora u 2017. godini ustanovljena na lokalitetu Harkanovci iznosila je 88,88 kg ha<sup>-1</sup> što ujedno predstavlja najveću prosječnu količinu svih lokaliteta. Na lokalitetu Osječak količina mikrobiološki fiksiranog fosfora iznosila je 37,08 kg ha<sup>-1</sup>, dok je na lokalitetu Gornja Dubica iznosila 44,34 kg ha<sup>-1</sup>. Utvrđena je statistički značajna razlika između pojedinih lokaliteta.

Količina fiksiranog fosfora na lokalitetu Harkanovci kretala se od 80,72 do 96,75 kg ha<sup>-1</sup> po varijantama, dok je najveća količina (96,75 kg ha<sup>-1</sup>) zabilježena na varijanti PMP.

Količine fosfora na lokalitetu Osječak kretale su se od 31,50 do 39,66 kg ha<sup>-1</sup> po varijantama, a najveća vrijednost (39,66 kg ha<sup>-1</sup>) postignuta je na varijanti MGMP.

Na lokalitetu Gornja Dubica zabilježene količine mikrobiološki fiksiranog fosfora bile su u rasponu 40,22 do 48,94 kg ha<sup>-1</sup> po varijantama, a najveća vrijednost (48,94 kg ha<sup>-1</sup>) utvrđena je na varijanti PMP.

Na osnovi dobivenih vrijednosti na lokalitetu Harkanovci ustanovljene su statistički značajne razlike između varijante K u odnosu na varijante PMP i MGMP, na lokalitetu Gornja Dubica između varijante PMP u odnosu na varijante K i P, dok na lokalitetu Osječak nisu ustanovljene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti (Tablica 24.).

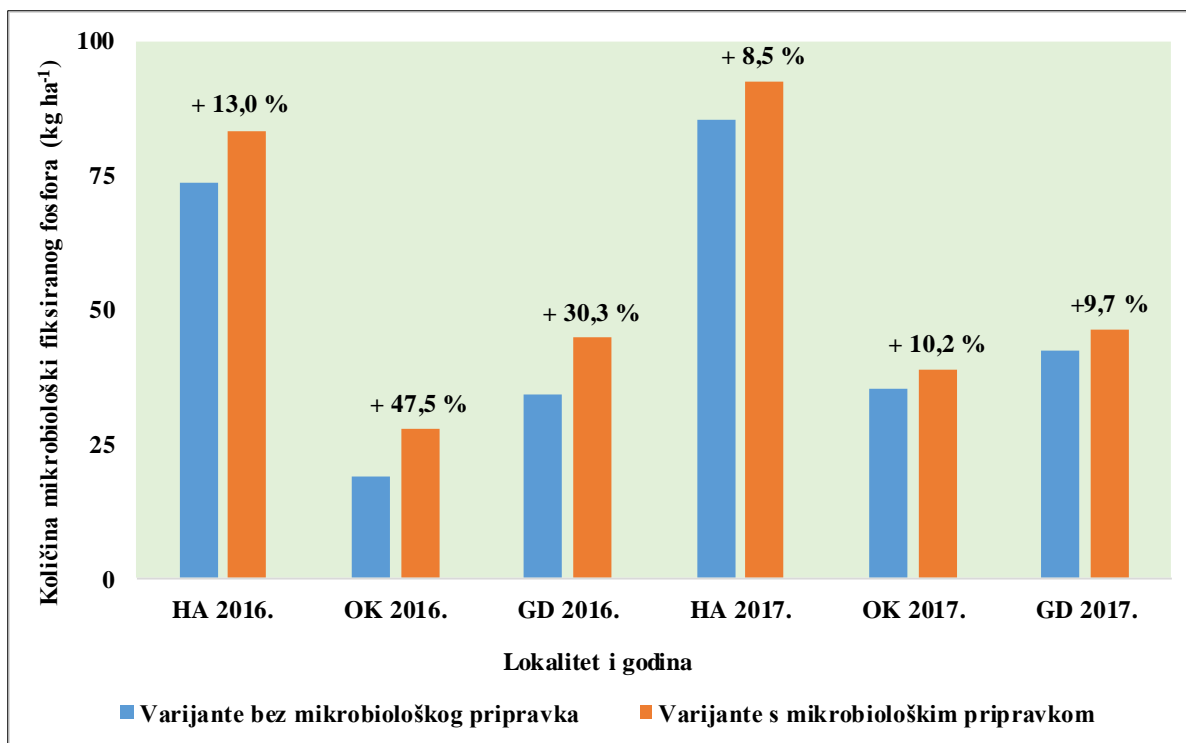
Tablica 24. Količina mikrobiološki fiksiranog fosfora

VARIJANTA	Količina fiksiranog fosfora (kg ha <sup>-1</sup> )							
	2016.				2017.			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	72,28 b	21,09abc	28,13 b	40,50 A	80,72 b	37,41 a	40,22 b	52,78 A
KMP	81,84 ab	29,53 a	38,81 ab	50,06 A	84,38 ab	37,97 a	43,31 ab	55,22 A
P	65,81 b	16,59 c	35,16 ab	39,19 A	86,34 ab	31,50 a	41,06 b	52,97 A
PMP	77,63 ab	27,28 ab	45,84 a	50,25 A	96,75 a	39,09 a	48,94 a	61,59 A
MG	82,97 ab	18,84 bc	39,66 ab	47,16 A	88,59 ab	36,84 a	45,56 ab	57,00 A
MGMP	90,56 a	26,72 ab	49,50 a	55,59 A	96,47 a	39,66 a	46,97 ab	61,03 A
Prosjek	78,52 A	23,34 C	39,52 B		88,88 A	37,08 C	44,34 B	
Minimum	65,81	16,59	28,13		80,72	31,50	40,22	
Maksimum	90,56	29,53	49,50		96,75	39,66	48,94	
LSD <sub>(0,05)</sub>	17,863	9,524	15,243		14,415	10,641	7,674	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Prosječna količina mikrobiološki fiksiranog fosfora u 2016. godini na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka (51,97 kg ha<sup>-1</sup>) bila je veća u odnosu na prosječnu količinu mikrobiološki fiksiranog fosfora zabilježenoj na varijantama bez primjene mikrobiološkog pripravka (42,28 kg ha<sup>-1</sup>). Najveće povećanje od 47,5 % ustanovljeno je na lokalitetu Osječak, dok su povećanja na lokalitetima Harkanovci i Gornja Dubica iznosila 13,0 % i 30,3 % (Grafikon 10.).

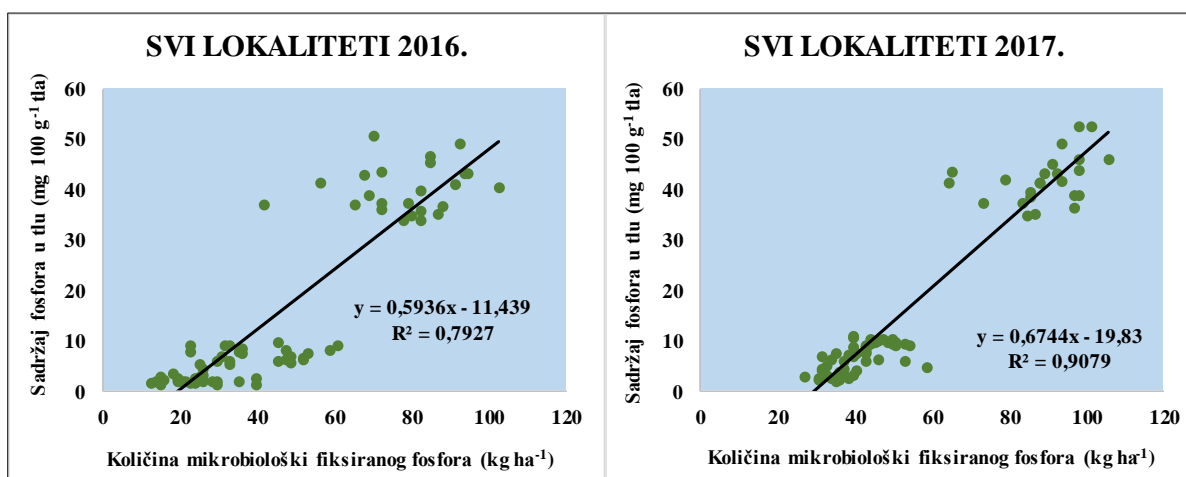
Prosječna količina mikrobiološki fiksiranog fosfora u 2017. godini na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka (59,28 kg ha<sup>-1</sup>) bila je veća u odnosu na prosječnu količinu mikrobiološki fiksiranog fosfora zabilježenu na varijantama bez primjene mikrobiološkog pripravka (54,25 kg ha<sup>-1</sup>). Najveće povećanje od 10,2 % ustanovljeno je na lokalitetu Osječak, dok su povećanja na lokalitetima Harkanovci i Gornja Dubica iznosila 8,5 % i 9,7 % (Grafikon 10.).



Grafikon 10. Prikaz prosječnih količina mikrobiološki fiksiranog fosfora

### 3.4.1 Korelacija sadržaja mineralnog i organskog fosfora u tlu

Na osnovi podataka svih lokaliteta u 2016. godini utvrđena je vrlo jaka pozitivna korelacija ( $r = 0,89$ ) između sadržaja fosfora u tlu (AL-metoda) te količine mikrobiološki fiksiranog fosfora na pojedinim varijantama.



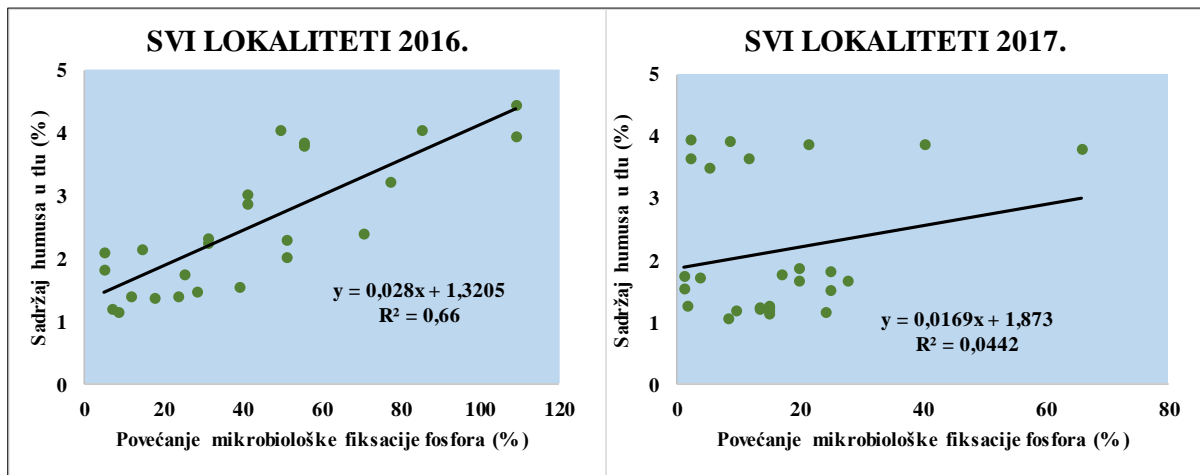
Grafikon 11. Korelacija sadržaja fosfora u tlu (AL-metoda) i količine mikrobiološki fiksiranog fosfora

U 2017. godini također je utvrđena vrlo jaka pozitivna korelacija ( $r = 0,95$ ) između promatranih parametara (Grafikon 11.).



Nadalje, u 2016. godini utvrđena je vrlo jaka pozitivna korelacija ( $r = 0,81$ ) između sadržaja humusa u tlu i povećanja mikrobiološke fiksacije fosfora na varijantama s mikrobiološkim pripravkom u odnosu na kontrolnu varijantu K pojedinog lokaliteta.

Obradom podataka promatranih parametara u 2017. godine također je ustanovljena pozitivna korelacija, međutim, koeficijent korelacije iznosio je  $r = 0,21$  što ukazuje na statistički neznačajnu korelaciju (Grafikon 12.).

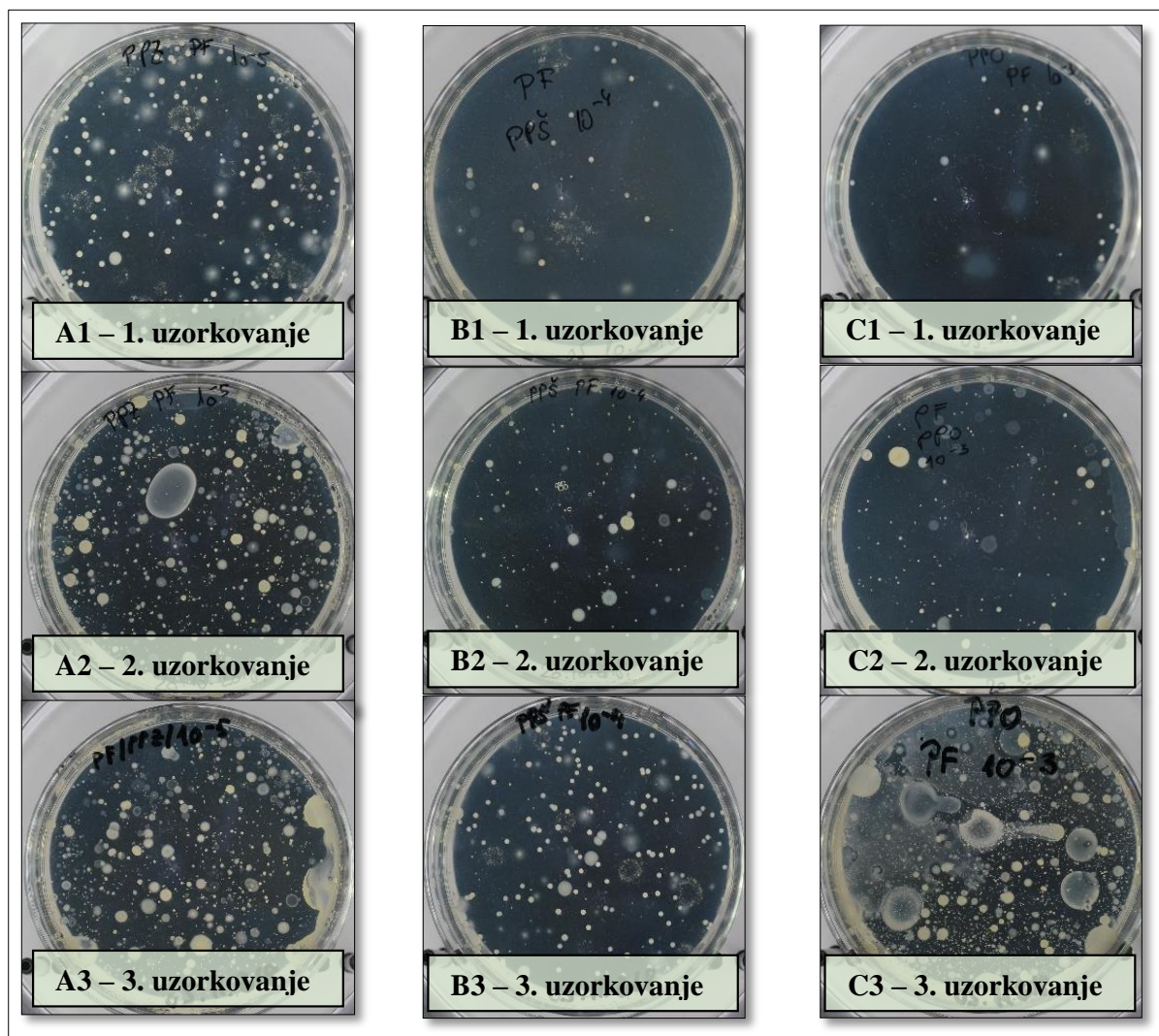


Grafikon 12. Korelacija sadržaja humusa u tlu i povećanja mikrobiološke fiksacije fosfora na varijantama s mikrobiološkim pripravkom u odnosu na kontrolnu varijantu K pojedinog lokaliteta

### 3.5 Mikrobiološka istraživanja

#### 3.5.1 Prisutnost bakterija roda *Pseudomonas* spp. u tlu

Ukupan broj bakterija roda *Pseudomonas* u dodanom mikrobiološkom pripravku iznosio je  $3 \times 10^5$  cfu ml<sup>-1</sup>. Tijekom daljnjeg uzorkovanja došlo je do povećanja broja ovih bakterija u tlu sa svih lokaliteta istraživanja. To dokazuje njihovu mogućnost prilagodbe u tlu, kao i mogućnosti njihove dominacije u rizosferi biljaka, što je rezultat vrlo jakih eksudata koje ove bakterije luče kao proizvod svog metabolizma. (Slika 8.).



Slika 8. Broj bakterija vrste *Pseudomonas* spp. u tlima s pokusnih parcela pri istom decimalnom razrjeđenju i različitom vremenu uzorkovanja (Fotografirao Jurica Jović)

Prilikom prvog uzorkovanja tla, 15 dana nakon apliciranja pripravka u tlo, prosječan broj bakterija *Pseudomonas* spp. na lokalitetu Harkanovci iznosio je  $1 \times 10^8$  cfu g<sup>-1</sup>, na lokalitetu

Osječak  $1,8 \times 10^5$  cfu g<sup>-1</sup>, te na lokalitetu Gornja Dubica  $2,7 \times 10^6$  cfu g<sup>-1</sup> (Slika 8. A1, B1 i C1).

Drugim uzorkovanjem koje je obavljeno 30 dana nakon apliciranja mikrobiološkog pripravka u tlo, na lokalitetu Harkanovci ukupan broj bakterija roda *Pseudomonas* povećao se za 50 %, te je iznosio  $1,5 \times 10^8$  cfu g<sup>-1</sup>. Na lokalitetu Osječak povećanje je iznosilo 122,22 % ( $4 \times 10^5$  cfu g<sup>-1</sup>), dok je povećanje od 85,19 % ostvareno na lokalitetu Gornja Dubica ( $5 \times 10^6$  cfu g<sup>-1</sup>) (Slika 8. A2, B2 i C2). Treće uzorkovanje obavljeno je 45 dana nakon apliciranja mikrobiološkog pripravka u tlo. Na lokalitetu Harkanovci ukupan broj bakterija roda *Pseudomonas* spp. povećao se dva puta te je iznosio  $2 \times 10^8$  cfu g<sup>-1</sup>, a na lokalitetu u Osječku povećanje je iznosilo čak 78 puta ( $1,4 \times 10^7$  cfu g<sup>-1</sup>), dok se na lokalitetu Gornja Dubica broj bakterija *Pseudomonas* spp. povećao 52 puta u odnosu na prvo uzorkovanje ( $1,4 \times 10^8$  cfu g<sup>-1</sup>) (Slika 8. A3, B3 i C3).

### 3.5.2 Otapanje fosfora bakterijama roda *Pseudomonas* spp. u laboratorijskim uvjetima

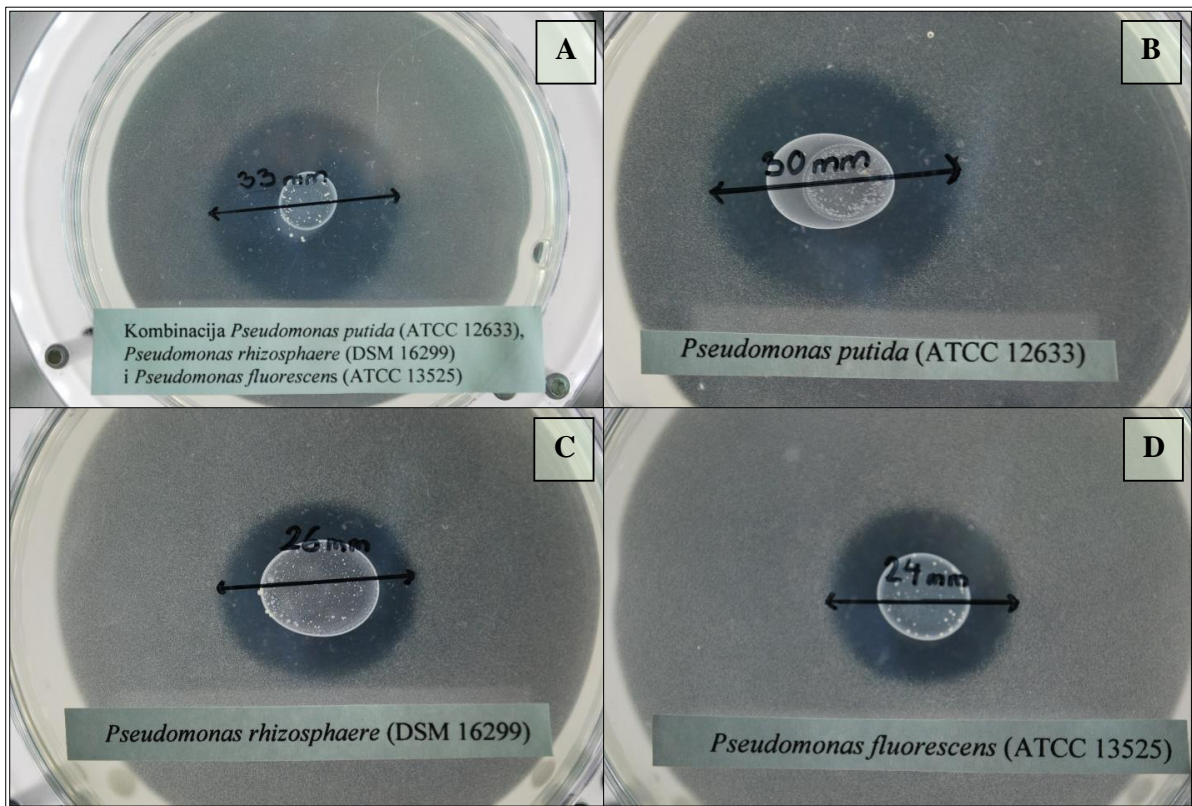
Nakon naciepljivanja pojedinačnih kultura *Pseudomonas fluorescens* Migula, *Pseudomonas rhizosphaerae* Peix, *Pseudomonas putida* Trevisan i kombinacije navedenih kultura u jednakim omjerima te inkubacije koja je trajala 5 dana pri temperaturi od 28 °C, utvrđeni su prosječni promjeri prozirnog dijela podloge. Najširi prosječni prozirni promjer utvrđen je na hranjivoj podlozi na kojoj su naciepljene sve tri vrste roda *Pseudomonas* (33 mm) (Slika 9. A). Na podlogama gdje su korištene pojedinačne čiste kulture *Pseudomonas* spp., najširi prosječni prozirni promjer utvrđen je kod bakterije *Pseudomonas putida* (30 mm), zatim kod bakterije *Pseudomonas rhizosphaerae* (26 mm), dok je prosječni prozirni promjer kod bakterije *Pseudomonas fluorescens* bio najuži te je iznosio 24 mm (Slika 9. B, C i D).

S obzirom da je u laboratorijskim uvjetima utvrđeno da *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas rhizosphaerae* i *Pseudomonas putida* najbolje otapaju fosfor korištene zajedno, pri tretiranju tla u poljskim pokusima upotrijebljene su sve tri vrste.

### 3.5.3 Broj bakterija *Pseudomonas putida* (ATCC 12633), *Pseudomonas rhizosphaerae* (DSM 16299) te *Pseudomonas fluorescens* (ATCC 13525) u tekućem mediju po King-u

Umnažanje čistih kultura bakterija *Pseudomonas fluorescens*, *P. rhizosphaerae* i *P. putida* radi njihovog apliciranja u tlo napravljeno je preciepljivanjem bakterija s čvrstih hranjivih podloga u tekuće hranjive podloge po King-u. Nakon istog vremena inkubacije broj bakterija *Pseudomonas fluorescens* iznosio je  $5 \times 10^7$  cfu ml<sup>-1</sup>, broj bakterija *Pseudomonas*

*rhizosphaerae*  $3 \times 10^9$  cfu ml<sup>-1</sup>, dok je broj bakterijske vrste *Pseudomonas putida*  $6 \times 10^8$  cfu ml<sup>-1</sup> (Slika 10.).



Slika 9. Otapanje fosfora pomoću bakterija vrste *Pseudomonas* spp. (Fotografirao Jurica Jović)

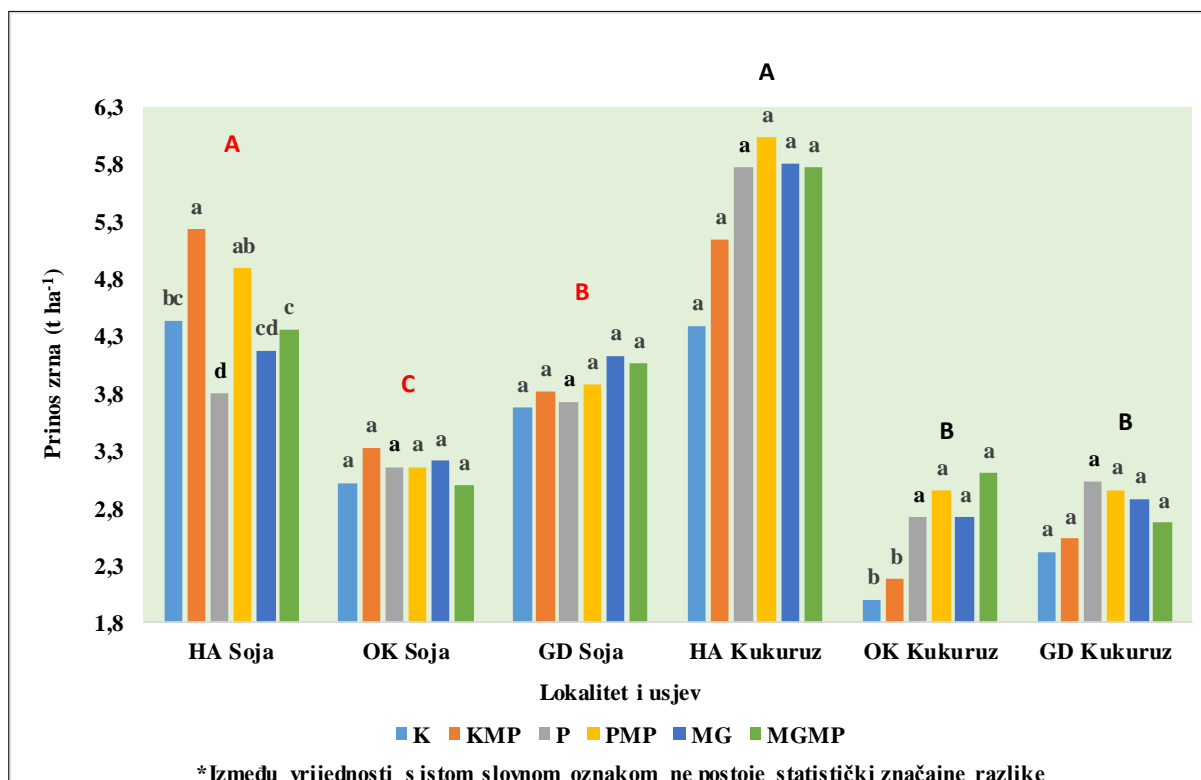


Slika 10. Čiste kulture korištenih *Pseudomonas* spp. (Fotografirao Jurica Jović)

### 3.6 Prinosi i kvaliteta sjemena

#### 3.6.1 *Prinos zrna soje i kukuruza*

Najveći prosječni prinos soje ustanovljen je na lokalitetu Harkanovci i iznosio je 4,48 t ha<sup>-1</sup>, zatim na lokalitetu Gornja Dubica 3,88 t ha<sup>-1</sup>, a najmanji prosječni prinos soje ustanovljen je na lokalitetu Osječak i iznosio je 3,15 t ha<sup>-1</sup>. Između svih lokaliteta ustanovljene su statistički značajne razlike u prinosu (Tablica 25., Grafikon 13.).



Grafikon 13. Prikaz prinosa zrna soje i kukuruza po varijantama i lokalitetima

Prinosi na lokalitetu Harkanovci kretali su se od 3,80 t ha<sup>-1</sup> do 5,23 t ha<sup>-1</sup> po varijantama, a najveći prinos od 5,23 t ha<sup>-1</sup> postignut je na kontrolnoj varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka (KMP). Na osnovi postignutih prinosa na lokalitetu Harkanovci ustanovljene su statistički značajne razlike između varijante KMP i varijanti K, P, MG i MGMP, zatim između varijante PMP i varijanti P, MG i MGMP te između varijante P i varijante MGMP (Tablica 25.).

Prinosi na lokalitetu Osječak kretali su se od 3,00 t ha<sup>-1</sup> do 3,33 t ha<sup>-1</sup> po varijantama, a najveći prinos od 3,33 t ha<sup>-1</sup> postignut je na kontrolnoj varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka (KMP).

Na lokalitetu Gornja Dubica postignuti prinosi bili su u rasponu od 3,68 t ha<sup>-1</sup> do 4,13 t ha<sup>-1</sup> po varijantama, a najveći prinos 4,13 t ha<sup>-1</sup> postignut je na varijanti preporučene mineralne gnojidbe (MG). Na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti (Tablica 25.).

Tablica 25. Prinos zrna soje u 2016. i kukuruza u 2017. godini

VARIJANTA	Prinos (t ha <sup>-1</sup> )							
	Soja				Kukuruz			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	4,43 bc	3,02 a	3,68 a	3,71 A	4,39 a	2,00 b	2,42 a	2,94 A
KMP	5,23 a	3,33 a	3,82 a	4,13 A	5,14 a	2,18 b	2,53 a	3,28 A
P	3,80 d	3,16 a	3,73 a	3,56 A	5,77 a	2,72 a	3,03 a	3,84 A
PMP	4,89 ab	3,16 a	3,88 a	3,98 A	6,03 a	2,95 a	2,96 a	3,98 A
MG	4,17 cd	3,21 a	4,13 a	3,84 A	5,80 a	2,72 a	2,88 a	3,80 A
MGMP	4,36 c	3,00 a	4,06 a	3,81 A	5,77 a	3,10 a	2,67 a	3,85 A
Prosjeak	4,48 A	3,15 C	3,88 B		5,48 A	2,61 B	2,75 B	
Minimum	3,80	3,00	3,68		4,39	2,00	2,42	
Maksimum	5,23	3,33	4,13		6,03	3,10	3,03	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,492	0,681	0,554		1,781	0,506	0,709	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Najveći prosječni prinos kukuruza ustanovljen je na lokalitetu Harkanovci gdje je iznosio 5,48 t ha<sup>-1</sup>, zatim na lokalitetu Gornja Dubica gdje je iznosio 2,75 t ha<sup>-1</sup>, a najmanji prosječni prinos kukuruza ustanovljen je na lokalitetu Osječak gdje je iznosio 2,61 t ha<sup>-1</sup>. Između lokaliteta Harkanovci u odnosu na lokalitete Osječak i Gornja Dubica ustanovljene su statistički značajne razlike (Tablica 25., Grafikon 13.).

Prinosi na lokalitetu Harkanovci kretali su se od 4,39 t ha<sup>-1</sup> do 6,03 t ha<sup>-1</sup> po varijantama, a najveći prinos od 6,03 t ha<sup>-1</sup> postignut je na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP).

Prinosi na lokalitetu Osječak kretali su se od 2,00 t ha<sup>-1</sup> do 3,10 t ha<sup>-1</sup> po varijantama, a najveći prinos od 3,10 t ha<sup>-1</sup> postignut je na varijanti s preporučenom mineralnom gnojidbom uz primjenu mikrobiološkog pripravka (MGMP). Na osnovi postignutih prinosa na lokalitetu Osječak ustanovljene su statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (K, KMP) i ostalih varijanti (P, PMP, MG i MGMP) (Tablica 25.).

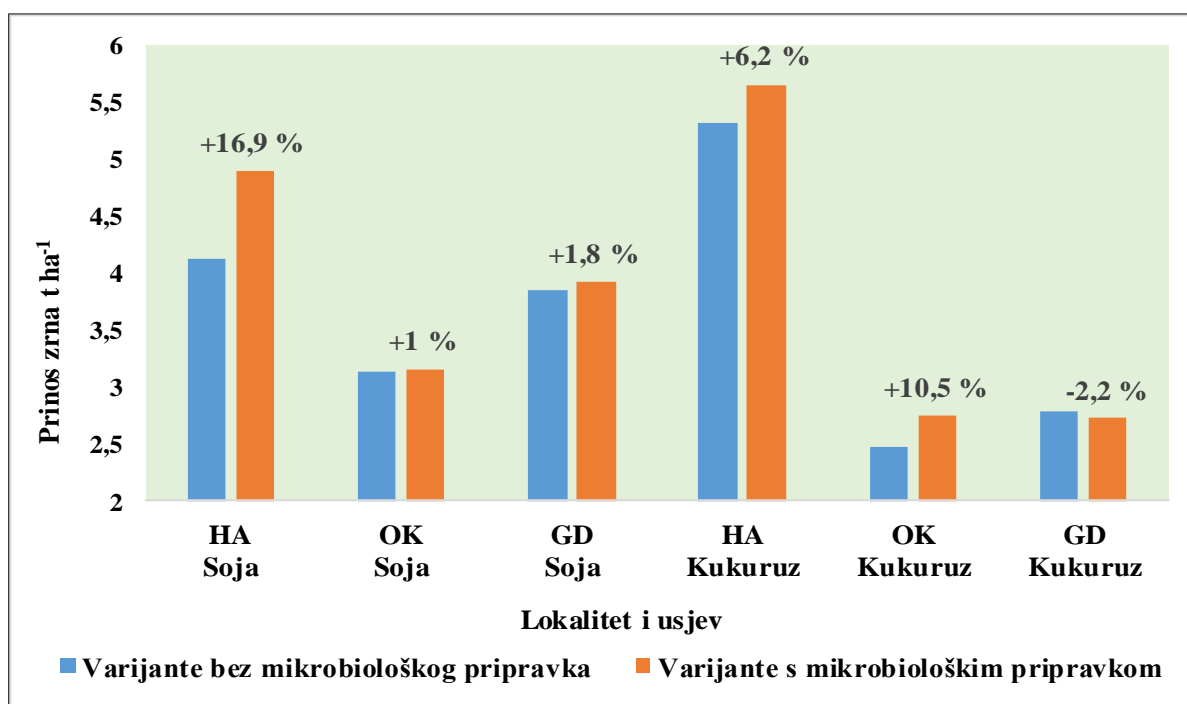
Na lokalitetu Gornja Dubica postignuti prinosi bili su u rasponu od 2,42 t ha<sup>-1</sup> do 3,03 t ha<sup>-1</sup> po varijantama, a najveći prinos od 3,03 t ha<sup>-1</sup> postignut je na varijanti umanjene gnojidbe

fosforom za 50 % (P). Na lokalitetima Harkanovci i Gornja Dubica nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti (Tablica 25.).

Na razini sva tri poljska pokusa, najveći prinos soje postignut je na lokalitetu Harkanovci na kontrolnoj varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka (KMP) te je iznosio  $5,23 \text{ t ha}^{-1}$ , dok je najniži prinos soje postignut na lokalitetu Osječak na varijanti s preporučenom mineralnom gnojdbom uz primjenu mikrobiološkog pripravka (MGMP) te je iznosio  $3,00 \text{ t ha}^{-1}$ . Najveći prinos zrna kukuruza postignut je na lokalitetu Harkanovci na varijanti s umanjenom gnojdbom fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP) te je iznosio  $6,03 \text{ t ha}^{-1}$ , dok je najniži prinos kukuruza postignut na lokalitetu Osječak na kontrolnoj varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka (K) te je iznosio  $2,00 \text{ t ha}^{-1}$  (Tablica 25.).

### 3.6.1.1 Prinosi u odnosu na varijante s i bez mikrobiološkog pripravka

Prosječni prinos zrna soje na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka ( $3,97 \text{ t ha}^{-1}$ ) bio je veći u odnosu na prosječni prinos zrna soje postignut na varijantama bez primjene mikrobiološkog pripravka ( $3,70 \text{ t ha}^{-1}$ ). Najveće povećanje prosječnog prinosa od 16,9 % ustanovljeno je na lokalitetu Harkanovci, dok su povećanja na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica iznosila 1 % i 1,8 % (Grafikon 14.).



Grafikon 14. Usporedba prosječnih prinosa zrna soje i kukuruza na varijantama s mikrobiološkim pripravkom u odnosu na prosječne prinose na varijantama bez mikrobiološkog pripravka

Prosječni prinos zrna kukuruza na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka (3,70 t ha<sup>-1</sup>) bio je veći u odnosu na prosječni prinos zrna kukuruza postignut na varijantama bez primjene mikrobiološkog pripravka (3,53 t ha<sup>-1</sup>). Najveće povećanje prosječnog prinosa od 10,5 % ustanovljeno je na lokalitetu Osječak, povećanje na lokalitetu Harkanovci iznosilo je 6,2 % dok je na lokalitetu zabilježen niži prosječni prinos za 2,2 % (Grafikon 14.).

### 3.6.2 *Masa tisuću zrna (MTZ)*

#### 3.6.2.1 *Masa 1000 zrna soje*

Najveća prosječna masa tisuću zrna soje utvrđena je na lokalitetima Harkanovci i Osječak gdje je iznosila 149,5 g, a najmanja prosječna masa tisuću zrna soje ustanovljena je na lokalitetu Gornja Dubica gdje je iznosila 146,4 g. Nije bilo statistički značajnih razlika u masi 1000 zrna između lokaliteta.

Masa tisuću zrna soje na lokalitetu Harkanovci kretala se od 142,8 g do 154,8 g po varijantama, a najveća masa tisuću zrna (154,8 g) postignuta je na kontrolnoj varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka (K). Na osnovi postignutih masa tisuću zrna na lokalitetu Harkanovci ustanovljene su statistički značajne razlike između varijante preporučene mineralne gnojidbe i kontrolnih varijanti (K, KMP) (Tablica 26.).

Masa tisuću zrna na lokalitetu Osječak kretala se od 146,6 g do 153,2 g po varijantama, a najveća MTZ (153,2 g) postignuta je na kontrolnoj varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka (K).

Na lokalitetu Gornja Dubica postignuta MTZ bila je u rasponu od 140,7 g do 148,7 g po varijantama, a najveća masa tisuću zrna (148,7 g) postignuta je na kontrolnoj varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka. Na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti (Tablica 26.).

Varijanta preporučene mineralne gnojidbe bez primjene mikrobiološkog preparata rezultirala je najmanjom prosječnom masom tisuću zrna na razini sva tri pokusa te se statistički značajno razlikovala od varijanti K, KMP i P (Tablica 26.)

#### 3.6.2.2 *Masa 1000 zrna kukuruza*

Najveća prosječna masa tisuću zrna kukuruza ustanovljena je na lokalitetu Harkanovci gdje je iznosila 311,4 g, zatim na lokalitetu Gornja Dubica gdje je iznosila 217,8 g, a najmanja



prosječna masa tisuću zrna kukuruza ustanovljena je na lokalitetu Osječak gdje je iznosila 203,0 g. Između svih lokaliteta ustanovljene su statistički značajne razlike za masu 1000 zrna kukuruza.

Masa tisuću zrna na lokalitetu Harkanovci kretala se od 299,0 g do 319,5 g po varijantama, dok je najveća MTZ (319,5 g) postignuta na kontrolnoj varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka (K). Na osnovi utvrđenih masa tisuću zrna kukuruza na lokalitetu Harkanovci ustanovljene su statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (KMP, K) u odnosu na varijantu umanjene gnojidbe fosforom za 50 % bez primjene mikrobiološkog preparata (P) (Tablica 26.).

Tablica 26. Masa tisuću zrna soje i kukuruza

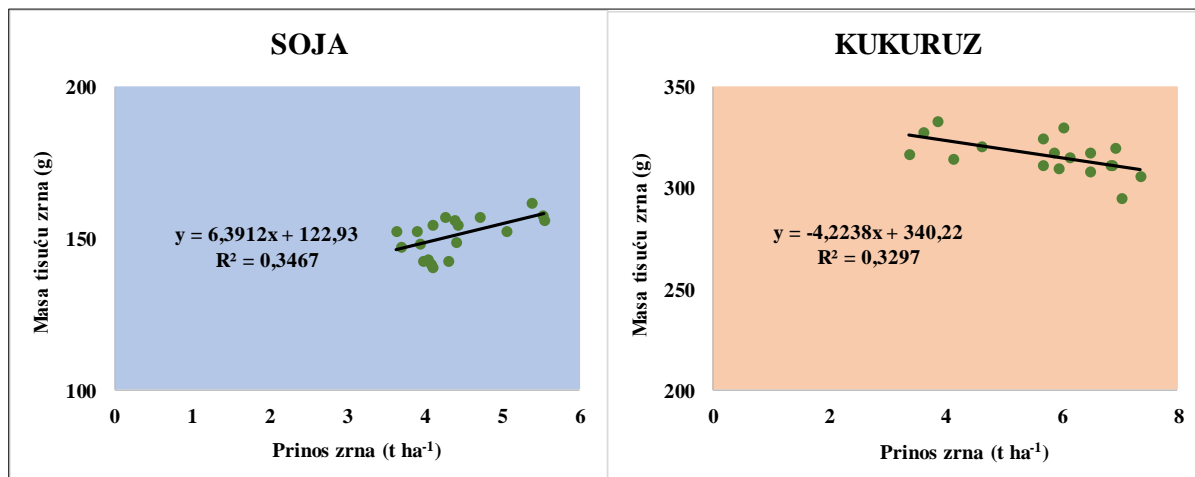
VARIJANTA	MTZ (g)							
	Soja				Kukuruz			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	154,8 a	153,2 a	147,3 a	151,8 A	319,5 a	181,2 c	220,1 a	240,3 A
KMP	151,8 a	149,0 a	148,7 a	149,9 A	317,4 a	192,7 bc	217,9 a	242,6 A
P	148,8 ab	150,8 a	147,5 a	149,0 A	299,0 b	203,5 abc	218,3 a	240,3 A
PMP	148,6 ab	150,6 a	146,3 a	148,5 AB	307,0 ab	218,8 ab	218,0 a	247,9 A
MG	142,8 b	146,7 a	140,7 a	143,4 B	312,7 ab	201,0 abc	210,5 a	241,4 A
MGMP	150,3 ab	146,6 a	148,0 a	148,3 AB	312,6 ab	221,0 a	222,3 a	252,0 A
Prosjek	149,5 A	149,5A	146,4 A		311,4 A	203,0 C	217,8 B	
Minimum	142,8	146,6	140,7		299,0	181,2	210,5	
Maksimum	154,8	153,2	148,7		319,5	221,0	222,3	
LSD <sub>(0,05)</sub>	8,950	9,695	11,279		17,326	27,315	22,313	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

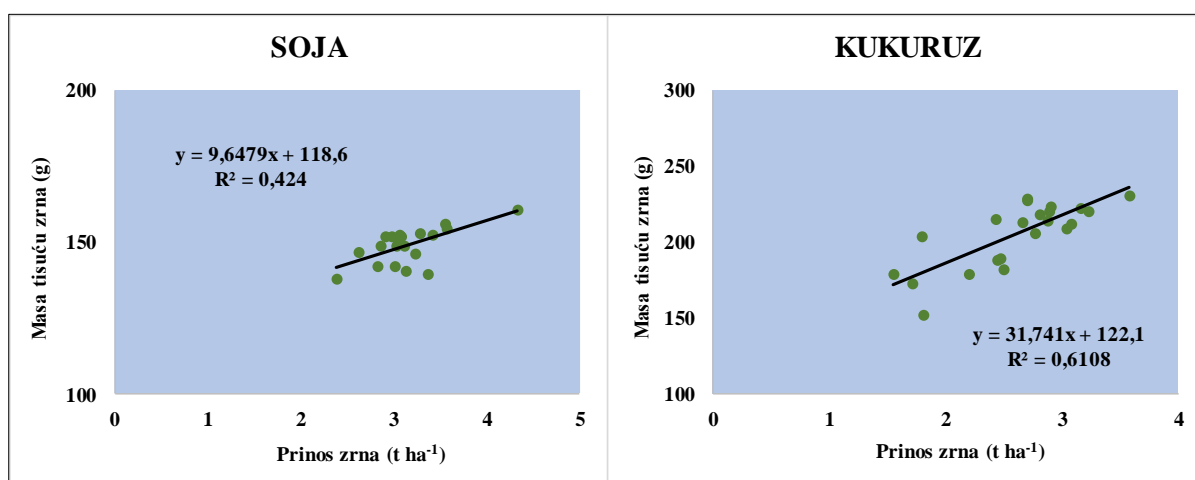
Masa tisuću zrna na lokalitetu Osječak kretala se od 181,2 g do 221,0 g po varijantama, a najveća MTZ (221,0 g) postignuta je na varijanti preporučene mineralne gnojidbe uz primjenu mikrobiološkog pripravka (MGMP). Statistički značajne razlike na lokalitetu Osječak utvrđene su između varijante MGMP i kontrolnih varijanti (K, KMP) te između varijante PMP i varijante K (Tablica 26.).

Na lokalitetu Gornja Dubica postignuta MTZ bila je u rasponu od 210,5 g do 222,3 g po varijantama, a najveća masa tisuću zrna kukuruza (222,3 g) postignuta je na varijanti preporučene mineralne gnojidbe uz primjenu mikrobiološkog pripravka (MGMP). Nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti na lokalitetu Gornja Dubica (Tablica 26.).

Na lokalitetu Harkanovci utvrđena jaka pozitivna korelacija ( $r = 0,59$ ) između prinosa zrna soje te mase tisuća zrna soje, dok je između prinosa zrna kukuruza i mase tisuću zrna kukuruza ustanovljena jaka negativna korelacija ( $r = -0,57$ ) (Grafikon 15.).

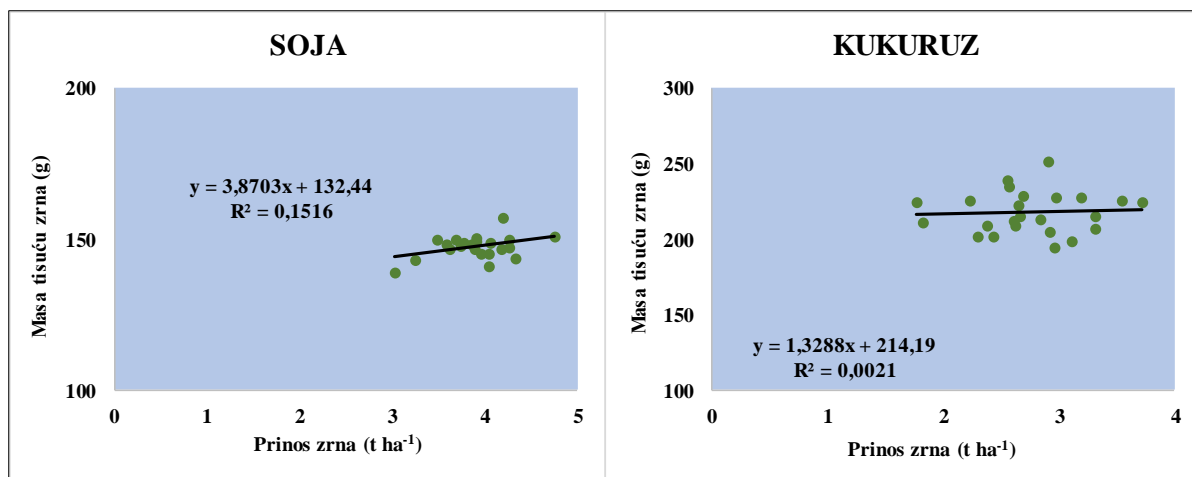


Grafikon 15. Korelacija mase tisuću zrna (g) i prinosa zrna (t ha<sup>-1</sup>) na lokalitetu Harkanovci



Grafikon 16. Korelacija mase tisuću zrna (g) i prinosa zrna (t ha<sup>-1</sup>) na lokalitetu Osječak

Između mase tisuću zrna soje i prinosa zrna na lokalitetu Osječak ustanovljen je korelacijski koeficijent  $r = 0,65$  što ukazuje na jaku pozitivnu korelaciju promatranih parametara. Također, između mase tisuću zrna kukuruza i prinosa zrna na istom lokalitetu utvrđen je koeficijent korelacije  $r = 0,78$  što upućuje na vrlo jaku pozitivnu korelaciju promatranih parametara (Grafikon 16.).



Grafikon 17. Korelacija mase tisuću zrna (g) i prinosa zrna (t ha<sup>-1</sup>) na lokalitetu Gornja Dubica

Na lokalitetu Gornja Dubica ustanovljena je slaba pozitivna korelacija ( $r = 0,39$ ) između mase tisuću zrna soje i prinosa zrna, dok je korelacija između mase tisuću zrna kukuruza i prinosa zrna zanemariva ( $r = 0,05$ ) (Grafikon 17.).

### 3.6.3 Energija klijanja i klijavost soje i kukuruza

#### 3.6.3.1 Energija klijanja soje

Najveća prosječna vrijednost energije klijanja soje ustanovljena je na lokalitetu Gornja Dubica gdje je iznosila 87,8 %, zatim na lokalitetu Harkanovci gdje je iznosila 85,3 %, a najmanja prosječna vrijednost energije klijanja soje ustanovljena je na lokalitetu Osječak gdje je iznosila 83,2 %. Ustanovljena je statistički značajna razlika između lokaliteta Gornja Dubica i lokaliteta Osječak na osnovi vrijednosti energije klijanja soje. Vrijednosti energije klijanja na lokalitetu Harkanovci kretale su se od 79,0 % do 89,3 % po varijantama, a najveća vrijednost (89,3 %) zabilježena je na varijanti preporučene mineralne gnojidbe bez primjene mikrobiološkog pripravka (MG) (Tablica 27.). Na osnovi dobivenih vrijednosti na lokalitetu Harkanovci ustanovljene su statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (K, KMP) i varijanti P, PMP i MG.

Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 82,0 % do 85,0 % po varijantama, dok je najveća vrijednost (85,0 %) postignuta na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % bez primjene mikrobiološkog pripravka (P). Na lokalitetu Gornja Dubica postignute vrijednosti bile su u rasponu od 84,2 % do 89,7 % po varijantama, a najveća vrijednost (89,7 %) utvrđena je na kontrolnoj varijanti (K). Na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti (Tablica 27.).

Tablica 27. Energije klijanja zrna soje i kukuruza

VARIJANTA	Energija klijanja (%)							
	Soja				Kukuruz			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	79,8 b	82,0 a	89,7 a	83,8 AB	82,2 c	87,5 a	86,8 b	85,5 C
KMP	79,0 b	83,5 a	84,2 a	82,2 B	85,0 bc	88,5 a	87,7 b	87,0 BC
P	88,2 a	85,0 a	89,0 a	87,4 A	89,3 a	88,2 a	88,8 ab	88,8 AB
PMP	89,0 a	83,2 a	88,7 a	86,9 AB	90,2 a	88,5 a	92,7 a	90,4 A
MG	89,3 a	83,0 a	86,7 a	86,3 AB	88,2 ab	88,2 a	87,3 b	87,9 ABC
MGMP	86,5 ab	82,5 a	88,7 a	85,8 AB	87,7 ab	87,8 a	89,2 ab	88,2 ABC
Prosjeak	85,3 AB	83,2 B	87,8 A		87,1 A	88,1 A	88,8 A	
Minimum	79,0	82,0	84,2		82,2	87,5	86,8	
Maksimum	89,3	85,0	89,7		90,2	88,5	92,7	
LSD <sub>(0,05)</sub>	7,965	10,367	7,048		3,751	6,231	4,825	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnú oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Varijanta umanjene gnojidbe fosforom rezultirala je najvećom prosječnom vrijednošću energije klijanja soje na razini sva tri pokusa te se statistički značajno razlikovala od kontrolne varijante uz primjenu mikrobiološkog pripravka (KMP). Između pojedinih parova varijanti (K i KMP, P i PMP te MG i MGMP) nisu ustanovljene statistički značajne razlike niti na jednom lokalitetu (Tablica 27.).

### 3.6.3.2 Energija klijanja kukuruza

Najveća prosječna vrijednost energije klijanja kukuruza ustanovljena je na lokalitetu Gornja Dubica gdje je iznosila 88,8 %, zatim na lokalitetu Osječak gdje je iznosila 88,1 %, a najmanja prosječna vrijednost energije klijanja kukuruza ustanovljena je na lokalitetu Harkanovci gdje je iznosila 87,1 %. Nije utvrđena statistički značajna razlika između pojedinih lokaliteta na osnovi vrijednosti energije klijanja (Tablica 27.).

Vrijednosti energije klijanja kukuruza na lokalitetu Harkanovci kretale su se od 82,2 % do 90,2 % po varijantama, a najveća vrijednost (90,2 %) zabilježena je na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP). Na osnovi dobivenih vrijednosti na lokalitetu Harkanovci ustanovljene su statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (K, KMP) i obje varijante umanjene gnojidbe fosforom za 50 % (P, PMP) te između kontrolne varijanti (K) i obje varijante preporučene mineralne gnojidbe (MG i MGMP) (Tablica 27.).

Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 87,5 % do 88,5 % po varijantama, a najveća vrijednost (88,5 %) postignuta je na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP) te na kontrolnoj varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka (KMP).

Na lokalitetu Gornja Dubica postignute vrijednosti bile su u rasponu od 86,8 % do 92,7 % po varijantama, a najveća vrijednost prinos (92,7 %) utvrđena je na varijanti s umanjenom gnojidbom fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP). Na osnovi dobivenih vrijednosti na lokalitetu Gornja Dubica ustanovljene su statistički značajne razlike između varijante umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP) te varijanti K, KMP i MG (Tablica 27.).

Na razini sva tri pokusa utvrđene statistički značajne razlike između varijante umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP) i kontrolnih varijanti K i KMP te između varijante umanjene gnojidbe fosforom za 50 % (P) i kontrolne varijante K. Između dobivenih vrijednosti energije klijanja kukuruza pojedinih parova varijanti (K i KMP, P i PMP te MG i MGMP) nisu ustanovljene statistički značajne razlike niti na jednom lokalitetu (Tablica 27.).

#### 3.6.3.3 *Klijavost soje*

Prosječna vrijednost klijavosti soje ustanovljena na lokalitetu Gornja Dubica iznosila je 93,4 % te predstavlja najveću prosječnu vrijednost svih lokaliteta. Na lokalitetu Harkanovci klijavost je iznosila 92,1 %, dok je prosječna vrijednost klijavosti soje na lokalitetu Osječak gdje iznosila 91,9 %. Nisu ustanovljene statistički značajne razlike između pojedinih lokaliteta (Tablica 28.).

Vrijednosti klijavosti soje na lokalitetu Harkanovci kretale su se od 87,0 % do 95,3 % po varijantama, a najveća vrijednost (95,3 %) zabilježena je na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP). Na osnovi dobivenih vrijednosti na lokalitetu Harkanovci ustanovljene su statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (K, KMP) i varijanti P, PMP i MG te između varijante KMP i varijante MGMP (Tablica 28.).

Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 91,3 % do 92,3 % po varijantama, a najveća vrijednost (92,3 %) postignuta je na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % bez primjene mikrobiološkog pripravka (P) te na varijanti KMP.

Na lokalitetu Gornja Dubica postignute vrijednosti bile su u rasponu od 89,7 % do 95,2 % po varijantama, a najveća vrijednost (95,2 %) utvrđena je na kontrolnoj varijanti (K). Na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti. Između pojedinih parova varijanti (K i KMP, P i PMP te MG i MGMP) nisu ustanovljene statistički značajne razlike niti na jednom lokalitetu (Tablica 28.).

#### 3.6.3.4 Klijavost kukuruza

Najveća prosječna klijavost kukuruza ustanovljena je na lokalitetu Osječak gdje je iznosila 93,8 %, zatim na lokalitetu Gornja Dubica gdje je iznosila 93,6 %, a najmanja prosječna klijavost kukuruza ustanovljena je na lokalitetu Harkanovci gdje je iznosila 92,6 %. Nije utvrđena statistički značajna razlika između pojedinih lokaliteta na osnovi klijavosti (Tablica 28.).

Tablica 28. Klijavost sjemena soje i zrna kukuruza

VARIJANTA	Klijavost (%)							
	Soja				Kukuruz			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	87,8 bc	91,8 a	95,2 a	91,6 A	89,5 c	94,3 a	92,5 a	92,1 B
KMP	87,0 c	92,3 a	92,8 a	90,7 A	91,3 bc	94,5 a	93,7 a	93,2 B
P	94,2 a	92,3 a	93,3 a	93,3 A	93,3 ab	93,3 a	92,4 a	93,0 B
PMP	95,3 a	91,8 a	95,0 a	94,0 A	95,2 a	94,7 a	96,0 a	95,3 A
MG	94,8 a	92,0 a	89,7 a	92,2 A	93,8 ab	93,2 a	93,0 a	93,3 AB
MGMP	93,7 ab	91,3 a	94,2 a	93,1 A	92,7 ab	92,5 a	93,3 a	92,8 B
Prosjek	92,1 A	91,9 A	93,4 A		92,6 A	93,8 A	93,5 A	
Minimum	87,0	91,3	89,7		89,5	92,5	92,4	
Maksimum	95,3	92,3	95,2		95,2	94,7	96,0	
LSD <sub>(0,05)</sub>	5,842	6,314	5,879		3,046	4,363	3,719	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Klijavost na lokalitetu Harkanovci kretala se od 89,5 % do 95,2 % po varijantama, a najveća vrijednost (95,2 %) zabilježena je na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP). Na osnovi dobivenih vrijednosti na lokalitetu Harkanovci ustanovljene su statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (K, KMP)

i varijante PMP te između kontrolne varijante (K) i preostale tri varijante gnojidbe P, MG i MGMP (Tablica 28.).

Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 92,5 % do 94,7 % po varijantama, s tim da je najveća vrijednost (94,7 %) postignuta na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP).

Na lokalitetu Gornja Dubica postignute vrijednosti bile su u rasponu od 92,4 % do 96,0 % po varijantama, a najveća vrijednost (96,0 %) utvrđena je na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP). Na osnovi dobivenih vrijednosti na lokalitetu Gornja Dubica i Osječak nisu ustanovljene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti (Tablica 28.).

Također, između dobivenih vrijednosti klijavosti kukuruza pojedinih parova varijanti (K i KMP, P i PMP te MG i MGMP) nisu ustanovljene statistički značajne razlike niti na jednom lokalitetu. Na razini sva tri pokusa utvrđene su statistički značajne razlike između varijante umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP) i kontrolnih varijanti (K, KMP) te gnojidbenih varijanti (P i MGMP) (Tablica 28.).

### 3.6.4 Sadržaj ulja, bjelančevina i škroba u zrnu

#### *3.6.4.1 Sadržaj ulja u zrnu soje*

Najveći prosječni sadržaj ulja u zrnu soje ustanovljen je na lokalitetu Gornja Dubica gdje je iznosio 21,78 %, zatim na lokalitetu Harkanovci gdje je iznosio 21,05 %, a najmanji prosječni sadržaj ulja ustanovljen je na lokalitetu Osječak gdje je iznosio 20,49 %. Između svih lokaliteta ustanovljena je statistički značajna razlika kod sadržaja ulja u zrnu soje.

Sadržaj ulja na lokalitetu Harkanovci kretao se od 20,80 % do 21,20 % po varijantama. Najveća vrijednost (21,20 %) zabilježena je na kontrolnoj varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka (KMP). Na osnovi dobivenih vrijednosti na lokalitetu Harkanovci ustanovljene su statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (K, KMP) i varijante umanjene gnojidbe fosforom za 50 % (P) (Tablica 29.).

Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 20,13 % do 20,70 % po varijantama, a najveća vrijednost (20,70 %) postignuta je na varijanti preporučene mineralne gnojidbe uz primjenu

mikrobiološkog pripravka (MGMP). Zabilježene su statistički značajne razlike između kontrolne varijante K te varijanti KMP, MG i MGMP na lokalitetu Osječak (Tablica 29.).

Na lokalitetu Gornja Dubica postignute vrijednosti bile su u rasponu od 21,70 % do 21,80 % po varijantama, a najveća vrijednost (21,80 %) utvrđena je na varijantama KMP, P, MG te MGMP. Na lokalitetu Gornja Dubica nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti (Tablica 29.).

Tablica 29. Sadržaj ulja i bjelančevina u zrnu soje

VARIJANTA	Soja							
	Sadržaj ulja (%) u zrnu				Sadržaj bjelančevina (%) u zrnu			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	21,18 a	20,13 b	21,70 a	21,00 A	39,95 a	40,73 a	38,65 a	39,78 A
KMP	21,20 a	20,53 a	21,80 a	21,18 A	39,88 ab	40,50 a	38,73 a	39,70 A
P	20,80 b	20,50 ab	21,80 a	21,03 A	39,53 bc	40,55 a	38,70 a	39,59 A
PMP	21,10 ab	20,48 ab	21,75 a	21,11 A	39,63 abc	40,40 a	38,58 a	39,53 A
MG	20,90 ab	20,63 a	21,80 a	21,11 A	39,50 c	40,20 a	38,60 a	39,43 A
MGMP	21,13 ab	20,70 a	21,80 a	21,21 A	39,68 abc	40,23 a	38,58 a	39,49 A
Prosjek	21,05 B	20,49 C	21,78 A		39,69 B	40,43 A	38,64 C	
Minimum	20,80	20,13	21,70		39,50	40,20	38,58	
Maksimum	21,20	20,70	21,80		39,95	40,73	38,73	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,339	0,385	0,627		0,371	0,580	1,079	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

#### 3.6.4.2 Sadržaj bjelančevina u zrnu soje

Prosječni sadržaj bjelančevina u zrnu soje ustanovljen na lokalitetu Osječak iznosio je 40,43 % što ujedno predstavlja i najveću prosječnu vrijednost svih lokaliteta. Na lokalitetu Harkanovci sadržaj bjelančevina iznosio je 39,69 %, dok je prosječni sadržaj bjelančevina u zrnu soje na lokalitetu Gornja Dubica iznosio 38,64 %. Između svih lokaliteta utvrđena je statistički značajna razlika za sadržaj bjelančevina u zrnu soje.

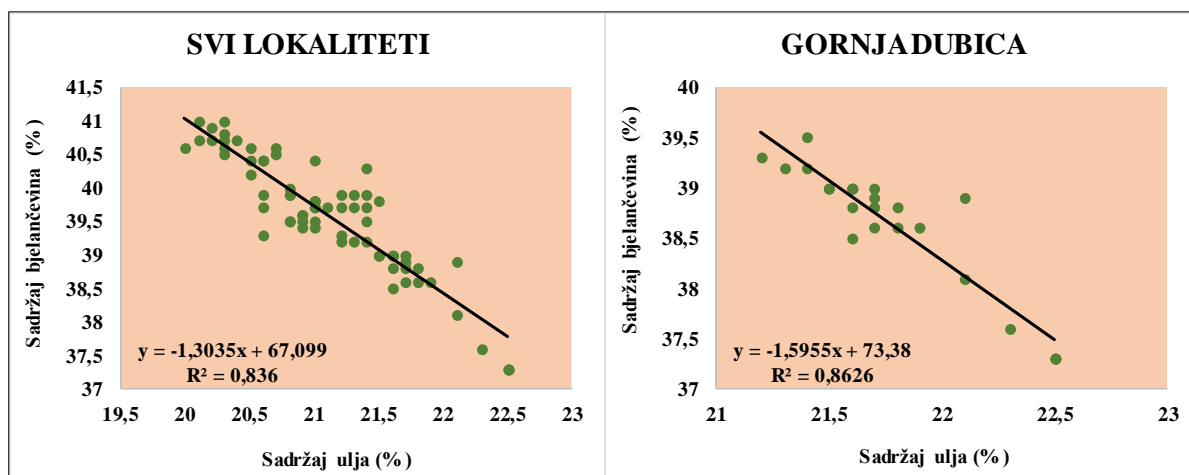
Sadržaj bjelančevina na lokalitetu Harkanovci kretao se od 39,50 % do 39,95 % po varijantama. Najveća vrijednost (39,95 %) zabilježena je na kontrolnoj varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka (K). Na osnovi dobivenih vrijednosti na lokalitetu Harkanovci ustanovljene su statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (K, KMP) i varijante preporučene mineralne gnojidbe (MG) te između kontrolne varijante K i varijante umanjene gnojidbe fosforom za 50 % (Tablica 29.).



Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 40,20 % do 40,73 % po varijantama, a najveća vrijednost (40,73 %) postignuta je na kontrolnoj varijanti K.

Na lokalitetu Gornja Dubica postignute vrijednosti bile su u rasponu od 38,58 % do 38,73 % po varijantama, a najveća vrijednost (38,73 %) utvrđena je na kontrolnoj varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka. Na lokalitetu Osječak i Gornja Dubica nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti (Tablica 29.).

Na osnovi podataka svih lokaliteta utvrđena je vrlo jaka negativna korelacija ( $r = -0,91$ ) između sadržaja ulja te sadržaja bjelančevina u znu soje. Radi veće statističke preciznosti dodatno su prikazani podaci s lokaliteta Gornja Dubica gdje je utvrđen najveći koeficijent korelacije  $r = -0,93$  sva tri promatrana lokaliteta, a koji označava vrlo jaku negativnu korelaciju sadržaja ulja i bjelančevina u znu soje (Grafikon 18.).



Grafikon 18. Korelacija sadržaja bjelančevina (%) i sadržaja ulja (%) u znu soje

### 3.6.4.3 Sadržaj ulja u znu kukuruza

Najveći prosječni sadržaj ulja u znu kukuruza ustanovljen je na lokalitetu Harkanovci gdje je iznosio 5,05 %, zatim na lokalitetu Osječak gdje je iznosio 4,82 %, a najmanji prosječni sadržaj ulja ustanovljen je na lokalitetu Gornja Dubica gdje je iznosio 4,73 %. Između svih lokaliteta ustanovljena je statistički značajna razlika u sadržaju ulja u znu kukuruza.

Sadržaj ulja na lokalitetu Harkanovci kretao se od 4,99 % do 5,15 % po varijantama, dok je najveća vrijednost (5,15 %) zabilježena na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP) (Tablica 30.).

Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 4,75 % do 4,89 % po varijantama, a najveća vrijednost (4,89 %) postignuta je također na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP) (Tablica 30.).

Na lokalitetu Gornja Dubica postignute vrijednosti bile su u rasponu od 4,61 % do 4,80 % po varijantama, a najveća vrijednost (4,80 %) utvrđena je na varijanti PMP. Na osnovi dobivenih vrijednosti na lokalitetu Gornja Dubica ustanovljene su statistički značajne razlike između varijante PMP i varijante MG, dok na lokalitetima Harkanovci i Osječak nisu zabilježene statistički značajne razlike (Tablica 30.).

Tablica 30. Sadržaj ulja i bjelančevina u zrnu kukuruza

VARIJANTA	Kukuruz							
	Sadržaj ulja (%) u zrnu				Sadržaj bjelančevina (%) u zrnu			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	5,05 a	4,84 a	4,69 ab	4,86 A	8,44 bc	7,59 ab	8,43 bc	8,15 A
KMP	5,00 a	4,79 a	4,73 ab	4,84 A	8,20 c	7,99 a	8,31 c	8,17 A
P	4,99 a	4,75 a	4,76 ab	4,83 A	9,01 ab	7,55 ab	9,49 a	8,68 A
PMP	5,15 a	4,89 a	4,80 a	4,95 A	8,89 abc	6,90 b	9,21 ab	8,33 A
MG	4,99 a	4,85 a	4,61 b	4,82 A	9,15 ab	7,25 ab	9,69 a	8,70 A
MGMP	5,14 a	4,79 a	4,76 ab	4,90 A	9,28 a	7,50 ab	9,64 a	8,80 A
Prosjeak	5,05 A	4,82 B	4,73 C		8,83 A	7,46 B	9,13 A	
Minimum	4,99	4,75	4,61		8,20	6,90	8,31	
Maksimum	5,15	4,89	4,80		9,28	7,99	9,69	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,281	0,172	0,159		0,736	0,971	0,869	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

#### 3.6.4.4 Sadržaj bjelančevina u zrnu kukuruza

Prosječni sadržaj bjelančevina u zrnu kukuruza ustanovljen na lokalitetu Gornja Dubica iznosio je 9,13 % što ujedno predstavlja i najveću prosječnu vrijednost svih lokaliteta. Na lokalitetu Harkanovci sadržaj bjelančevina iznosio je 8,83 %, dok je prosječni sadržaj bjelančevina u zrnu kukuruza na lokalitetu Osječak iznosio 7,46 %. Utvrđena je statistički značajna razlika između lokaliteta Harkanovci i Gornja Dubica u odnosu na lokalitet Osječak (Tablica 30.).

Sadržaj bjelančevina na lokalitetu Harkanovci kretao se od 8,20 % do 9,28 % po varijantama, a najveća vrijednost (9,28 %) zabilježena je na varijanti MGMP. Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 6,90 % do 7,99 % po varijantama te je najveća vrijednost (7,99 %) postignuta na varijanti KMP, dok su utvrđene vrijednosti na lokalitetu Gornja Dubica bile u

rasponu od 8,31 % do 9,69 % po varijantama, a najveća vrijednost (9,69 %) utvrđena je na varijanti MG (Tablica 30.).

Na osnovi dobivenih vrijednosti na lokalitetu Harkanovci ustanovljene su statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (K, KMP) i varijante preporučene mineralne gnojidbe uz primjenu mikrobiološkog pripravka (MGMP) te između varijante KMP i varijanti P i MG.

Na lokalitetu Osječak utvrđene su statistički značajne razlike između varijanti KMP i PMP, dok su na lokalitetu Gornja Dubica ustanovljene statistički značajne razlike između varijanti P, MG i MGMP u odnosu na varijante K i KMP te između varijante KMP i varijante PMP (Tablica 30.).

#### 3.6.4.5 Sadržaj škroba u zrnu kukuruza

Najveći prosječni sadržaj škroba u zrnu kukuruza ustanovljen je na lokalitetu Osječak gdje je iznosio 70,88 %, zatim na lokalitetu Gornja Dubica gdje je iznosio 69,04 %, a najmanji prosječni sadržaj škroba ustanovljen je na lokalitetu Harkanovci gdje je iznosio 68,39 %. Između svih lokaliteta ustanovljena je statistički značajna razlika kod sadržaja škroba u zrnu kukuruza.

Sadržaj škroba na lokalitetu Harkanovci kretao se od 67,71 % do 68,83 % po varijantama, a najveća vrijednost (68,83 %) zabilježena je na varijanti K.

Tablica 31. Sadržaj škroba u zrnu kukuruza

VARIJANTA	Kukuruz			
	Sadržaj škroba (%) u zrnu			
	HA	OK	GD	Prosjek
K	68,83 a	70,99 a	69,38 a	69,73 A
KMP	68,56 a	70,85 a	69,59 a	69,67 A
P	68,51 a	70,68 a	68,64 b	69,28 A
PMP	68,33 ab	71,06 a	69,14 ab	69,51 A
MG	68,39 ab	70,94 a	68,95 ab	69,43 A
MGMP	67,71 b	70,75 a	68,54 b	69,00 A
Prosjek	68,39 C	70,88 A	69,04 B	
Minimum	67,71	70,68	68,54	
Maksimum	68,83	71,06	69,59	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,791	0,947	0,704	

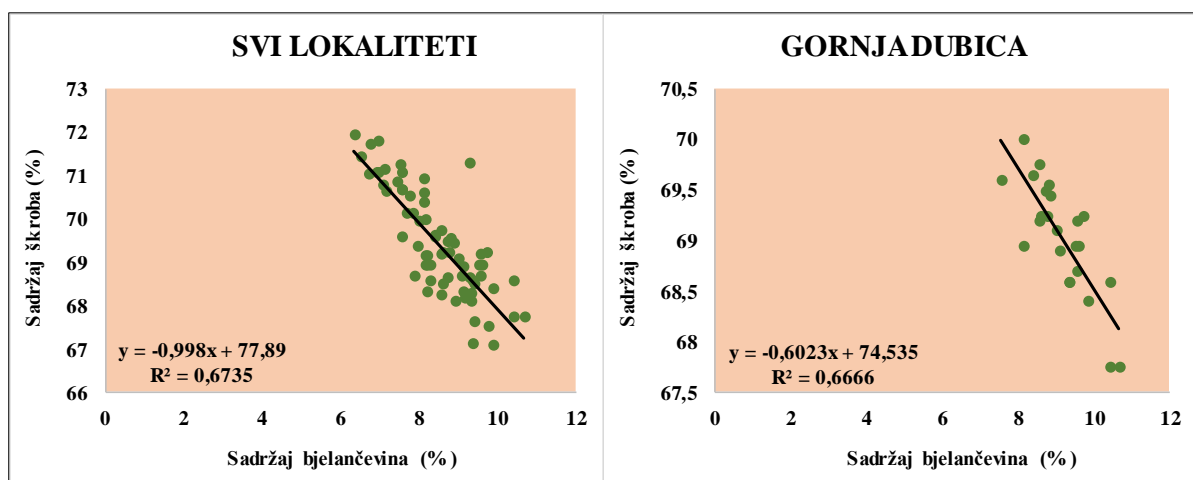
\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnú oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 70,68 % do 71,06 % po varijantama, a najveća vrijednost (71,06 %) postignuta je na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP) (Tablica 31.).

Na lokalitetu Gornja Dubica postignute vrijednosti bile su u rasponu od 68,54 % do 69,59 % po varijantama, a najveća vrijednost (69,59 %) utvrđena je na varijanti KMP (Tablica 31.).

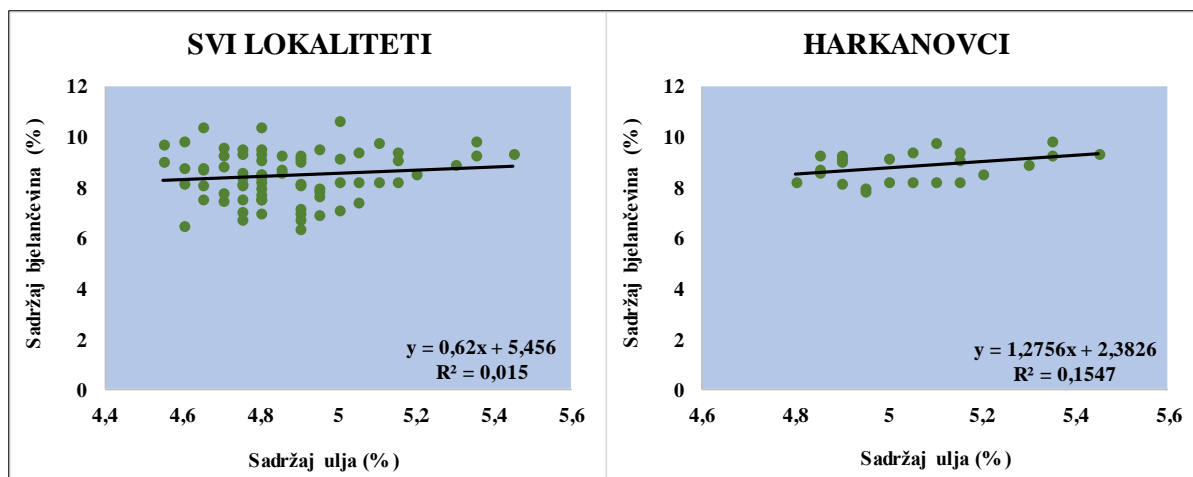
Na osnovi dobivenih vrijednosti ustanovljene su, na lokalitetu Harkanovci, statistički značajne razlike između varijante MGMP i varijanti K, KMP i P, na lokalitetu Gornja Dubica između kontrolnih varijanti (K, KMP) u odnosu na varijante P i MGMP, dok na lokalitetu Osječak nisu zabilježene statistički značajne razlike između pojedinih varijanti (Tablica 31.).

Statističkom obradom podataka sa svih lokaliteta utvrđena je vrlo jaka negativna korelacija ( $r = -0,82$ ) između sadržaja škroba te sadržaja bjelančevina u zrnu kukuruza. Dodatno su prikazani podaci s lokaliteta Gornja Dubica gdje je utvrđen najveći koeficijent korelacije  $r = -0,82$  sva tri promatrana lokaliteta, a koji označava vrlo jaku negativnu korelaciju sadržaja škroba i bjelančevina u zrnu kukuruza (Grafikon 19.).



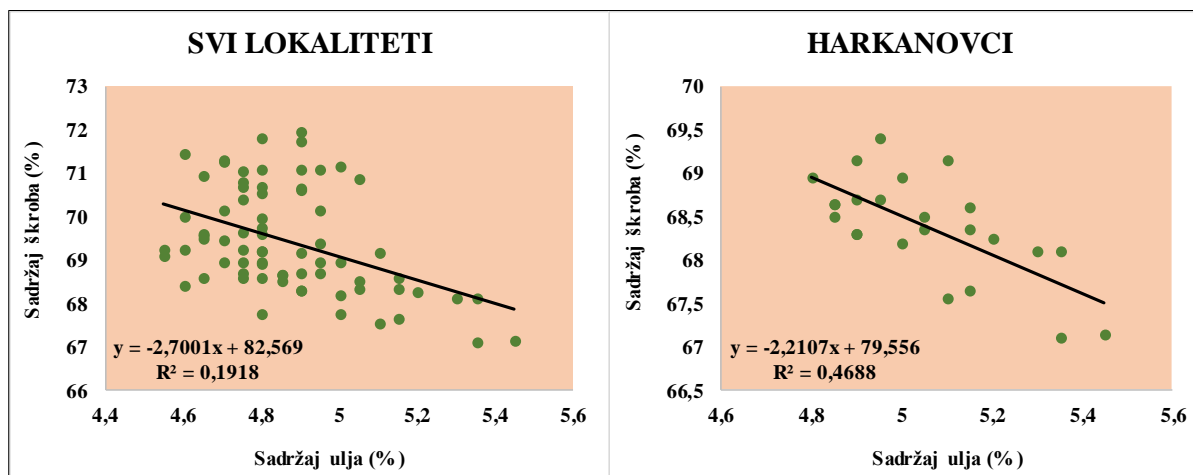
Grafikon 19. Korelacija sadržaja škroba (%) i sadržaja bjelančevina (%) u zrnu kukuruza

Na osnovi podataka svih lokaliteta nije utvrđena jaka korelacija ( $r = 0,12$ ) između sadržaja ulja te sadržaja bjelančevina u zrnu kukuruza, a dodatno su prikazani podaci s lokaliteta Harkanovci gdje je utvrđen najveći koeficijent korelacije  $r = 0,39$  sva tri promatrana lokaliteta. Nije utvrđena značajna korelacija, međutim, dobivena korelacija sadržaja ulja i bjelančevina u zrnu kukuruza je pozitivna što se znatno razlikuje od korelacije dobivene za sadržaj ulja i bjelančevina u zrnu soje koja je negativna (Grafikon 18. i 20.).



Grafikon 20. Korelacija sadržaja bjelančevina (%) i sadržaja ulja (%) u zrnju kukuruza

Nadalje, statističkom obradom podataka sa svih lokaliteta utvrđena je jaka negativna korelacija ( $r = -0,44$ ) između sadržaja škroba te sadržaja ulja u zrnju kukuruza. Radi veće statističke preciznosti dodatno su prikazani podaci s lokaliteta Harkanovci gdje je utvrđen najveći koeficijent korelacije  $r = -0,68$  sva tri promatrana lokaliteta, a koji označava vrlo jaku negativnu korelaciju sadržaja škroba i ulja u zrnju kukuruza (Grafikon 21.).

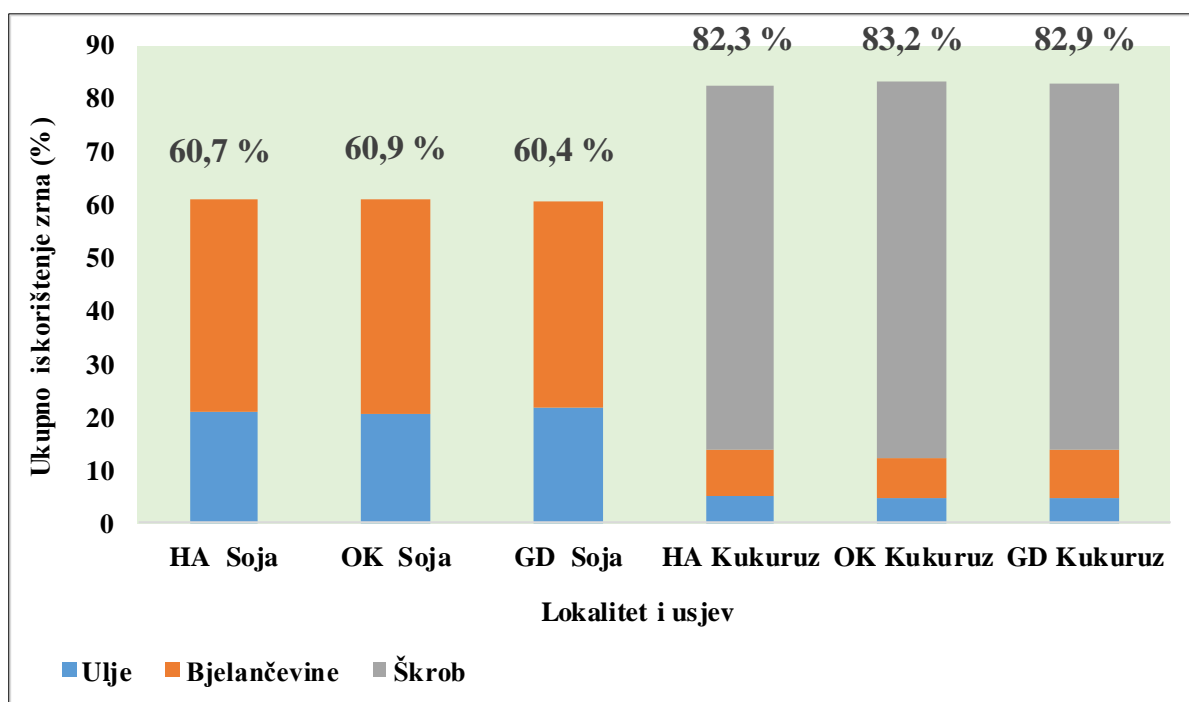


Grafikon 21. Korelacija sadržaja škroba (%) i sadržaja ulja (%) u zrnju kukuruza

Na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka postignuto je 73,3 % najvećih prosječnih vrijednosti sadržaja ulja, bjelančevina i škroba na svim lokalitetima, dok je taj postotak za varijante bez primijene mikrobiološkog pripravka iznosio svega 26,7 % (Tablica 29., 30. i 31.).

## 3.6.4.6 Ukupno iskorištenje zrna soje i kukuruza

Najveće ukupno iskorištenje zrna soje (sadržaj ulja (%) + sadržaj bjelančevina (%)) utvrđeno je na lokalitetu Osječak s ostvarenom vrijednošću od 60,9 %. Vrijednosti ukupnog iskorištenja na lokalitetima Harkanovci i Gornja Dubica iznosile su 60,7 %, odnosno 60,4 % (Grafikon 21.). Također, najveće ukupno iskorištenje zrna kukuruza (sadržaj ulja (%) + sadržaj bjelančevina (%) + sadržaj škroba (%)) utvrđeno je na lokalitetu Osječak s ostvarenom vrijednošću od 83,2 %, dok su vrijednosti na lokalitetima Harkanovci i Gornja Dubica iznosile 82,3 %, odnosno 82,9 % (Grafikon 22.).



Grafikon 22. Prikaz ukupnog iskorištenja zrna soje i kukuruza po lokalitetima

### 3.7 Koncentracija elemenata u zrnu soje i kukuruza te korelacija između pojedinih makro i mikroelemenata

#### 3.7.1 *Koncentracija makro i mikroelemenata u zrnu soje i kukuruza*

##### 3.7.1.1 *Koncentracija makro i mikroelemenata elemenata u zrnu soje*

Prosječne koncentracije elemenata u zrnu soje po lokalitetima kretale su se od 1,62 do 1,82 g kg<sup>-1</sup> za kalcij, od 2,13 do 2,39 g kg<sup>-1</sup> za magnezij, od 16,74 do 18,74 g kg<sup>-1</sup> za kalij, od 128,4 do 352,9 mg kg<sup>-1</sup> za natrij te od 6,66 do 7,39 g kg<sup>-1</sup> za fosfor, dok su se prosječne koncentracije mikroelemenata po lokalitetima kretale od 12,05 do 16,21 mg kg<sup>-1</sup> za bakar, od 59,47 do 61,78 mg kg<sup>-1</sup> za željezo, od 17,31 do 26,37 mg kg<sup>-1</sup> za mangan te od 36,68 do 49,61 mg kg<sup>-1</sup> za cink (Tablica 32.).

Na osnovi ustanovljenih vrijednosti utvrđene su statistički značajne razlike koncentracija P, Cu, Mn te Zn između sva tri promatrana lokaliteta, za koncentracije K i Na utvrđene su statistički značajne razlike za lokalitete Harkanovci i Gornja Dubica u odnosu na lokalitet Osječak, a za koncentraciju Ca zabilježena statistički značajna razlika između lokaliteta Osječak i Gornja Dubica u odnosu na lokalitet Harkanovci te za koncentraciju Mg između lokaliteta Harkanovci i Osječak u odnosu na lokalitet Gornja Dubica, dok za koncentraciju Fe nije ustanovljena statistički značajna razlika između lokaliteta (Tablica 32.).

Tablica 32. Sadržaj elemenata u zrnu soje i kukuruza

Kemijski element	Uzgajana kultura					
	SOJA			KUKURUZ		
	HA	OK	GD	HA	OK	GD
P (g kg <sup>-1</sup> )	7,39 A	6,66 C	7,11 B	2,79 C	2,99 B	3,49 A
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	1,62 B	1,78 A	1,82 A	0,035 C	0,165 A	0,096 B
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	2,13 B	2,15 B	2,39 A	0,89 B	1,20 A	1,23 B
K (g kg <sup>-1</sup> )	18,74 A	16,74 B	18,41 A	4,19 AB	4,02 B	4,21 A
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	300,5 A	128,4 B	352,9 A	350,7 A	124,9 B	345,3 A
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	12,05 C	16,21 A	14,61 B	1,30 C	2,30 B	3,00 A
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	61,78 A	59,47 A	60,71 A	13,13 C	16,34 B	20,20 A
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	26,37 A	17,31 C	22,83 B	5,08 B	4,73 B	6,70 A
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	36,68 C	49,61 A	42,48 B	17,93 B	23,08 A	24,30 A

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

### 3.7.1.2 *Koncentracija makro i mikroelemenata elemenata u zrnu kukuruza*

Prosječne koncentracije elemenata u zrnu kukuruza po lokalitetima kretale su se od 35,1 do 164,7 mg kg<sup>-1</sup> za kalcij, od 0,89 do 1,23 g kg<sup>-1</sup> za magnezij, od 4,02 do 4,21 g kg<sup>-1</sup> za kalij, od 124,9 do 350,7 mg kg<sup>-1</sup> za natrij te od 2,79 do 3,49 g kg<sup>-1</sup> za fosfor, dok su se prosječne koncentracije mikroelemenata po lokalitetima kretale od 1,30 do 3,00 mg kg<sup>-1</sup> za bakar, od 13,13 do 20,20 mg kg<sup>-1</sup> za željezo, od 4,73 do 6,70 mg kg<sup>-1</sup> za mangan te od 17,93 do 24,30 mg kg<sup>-1</sup> za cink (Tablica 32.).

Na osnovi ustanovljenih vrijednosti utvrđene su statistički značajne razlike koncentracija Ca, Cu, Fe te P između sva tri promatrana lokaliteta, za koncentracije Mg i Na utvrđene su statistički značajne razlike za lokalitete Harkanovci i Gornja Dubica u odnosu na lokalitet Osječak, a za koncentraciju Zn zabilježena statistički značajna razlika između lokaliteta Osječak i Gornja Dubica u odnosu na lokalitet Harkanovci te za koncentraciju Mn između lokaliteta Harkanovci i Osječak u odnosu na lokalitet Gornja Dubica, dok je za koncentraciju K ustanovljena statistički značajna razlika između lokaliteta Osječak i Gornja Dubica (Tablica 32.).

### 3.7.2 *Korelacija između pojedinih makro i mikroelemenata u zrnu soje i kukuruza*

#### 3.7.2.1 *Korelacije između makro i mikro elemenata u zrnu soje*

Na lokalitetu Harkanovci u zrnu uzetog s varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka ustanovljene su vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata Fe i Ca ( $r = 0,92$ ), zatim između elemenata Cu i Ca ( $r = 0,85$ ) te između elemenata Mn i Zn ( $r = 0,84$ ), dok su u zrnu s varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka utvrđene vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata Mg i K ( $r = 0,86$ ), Mg i Fe ( $r = 0,94$ ), zatim između elemenata Ca i Fe ( $r = 0,92$ ), Ca i Cu ( $r = 0,95$ ) te između elemenata Cu i Fe ( $r = 0,87$ ) (Tablica 33.).

Na lokalitetu Osječak u zrnu s varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka ustanovljena je vrlo jaka pozitivna korelacija ( $p < 0,001$ ) između elemenata Fe i Mg ( $r = 0,88$ ), dok je na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka utvrđena vrlo jaka pozitivna korelacija ( $p < 0,001$ ) između elemenata Mg i K ( $r = 0,93$ ) (Tablica 34.).



Tablica 33. Korelacija između kemijskih elemenata u zrnu soje na lokalitetu Harkanovci

	Varijante bez primjene mikrobiološkog pripravka (n=12)							
	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Na
P	-0,11	-0,23	-0,36	-0,26	-0,36	-0,03	0,07	-0,39
K		0,70*	0,80**	0,18	0,62*	0,73**	0,27	0,35
Ca			0,80**	-0,28	<b>0,92***</b>	<b>0,85***</b>	-0,23	0,76**
Mg				0,13	0,60*	0,50	-0,17	0,48
Mn					-0,35	-0,23	<b>0,84***</b>	-0,56
Fe						0,76**	-0,35	0,82**
Cu							-0,2	0,51
Zn								-0,62*
	Varijante uz primjenu mikrobiološkog pripravka (n=12)							
P	-0,24	-0,31	-0,29	0,32	-0,41	-0,22	0,02	-0,54
K		0,43	<b>0,86***</b>	0,22	0,34	0,42	0,05	0,11
Ca			0,76**	-0,41	<b>0,92***</b>	<b>0,95***</b>	-0,69*	0,76**
Mg				0,59*	<b>0,86***</b>	0,38	0,71**	0,20
Mn					-0,55	-0,37	0,57	-0,38
Fe						<b>0,87***</b>	-0,60*	0,73**
Cu							-0,62*	0,59*
Zn								-0,60*

\*,\*\*,\*\*\* Utvrđena statistička značajnost pri  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ; odnosno  $p < 0,001$

Tablica 34. Korelacija između kemijskih elemenata u zrnu soje na lokalitetu Osječak

	Varijante bez primjene mikrobiološkog pripravka (n=12)							
	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Na
P	0,29	0,23	0,07	0,07	-0,62*	0,08	-0,30	-0,15
K		-0,13	0,62*	0,22	-0,43	0,32	0,19	-0,11
Ca			0,24	0,35	0,18	0,30	0,53	-0,18
Mg				0,66*	<b>0,88***</b>	0,53	0,81**	0,36
Mn					-0,03	0,69*	0,58*	-0,78**
Fe						0,02	0,24	-0,02
Cu							0,70*	-0,43
Zn								-0,19
	Varijante uz primjenu mikrobiološkog pripravka (n=12)							
P	0,07	-0,63*	0,15	-0,20	-0,54	-0,39	-0,61*	-0,10
K		0,14	<b>0,93***</b>	0,61*	0,08	0,02	0,13	-0,40
Ca			-0,09	0,75**	0,80**	0,15	0,56	0,23
Mg				0,75**	0,74**	0,68*	0,79**	0,15
Mn					0,59*	-0,24	0,22	0,02
Fe						0,04	0,33	0,04
Cu							0,74**	-0,12
Zn								0,04

\*,\*\*,\*\*\* Utvrđena statistička značajnost pri  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ; odnosno  $p < 0,001$

Na lokalitetu Gornja Dubica u zrnu s varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka ustanovljene su vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata K i Zn ( $r = 0,88$ ) te između elemenata Mn i Zn ( $r = 0,84$ ), dok su na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka utvrđene vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata K i P ( $r = 0,89$ ), Mg i P ( $r = 0,86$ ), Mg i K ( $r = 0,94$ ), zatim između elemenata Mn i K ( $r = 0,91$ ), Mn i Mg ( $r = 0,86$ ) te između elemenata Zn i K ( $r = 0,91$ ), Zn i Mg ( $r = 0,87$ ), Zn i Mn ( $r = 0,84$ ) te Zn i Cu ( $r = 0,91$ ) (Tablica 35.).

Tablica 35. Korelacija između kemijskih elemenata u zrnu soje na lokalitetu Gornja Dubica

	Varijante bez primjene mikrobiološkog pripravka (n=12)							
	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Na
P	-0,09	-0,32	0,15	0,17	-0,15	0,49	0,12	0,23
K		0,73**	0,79**	0,70*	0,65*	0,56	<b>0,88***</b>	0,45
Ca			0,71**	0,76**	0,64*	0,24	0,82**	0,66*
Mg				0,48	0,35	-0,12	0,70*	-0,74**
Mn					0,80**	0,44	<b>0,84***</b>	0,70*
Fe						0,14	0,67*	0,51
Cu							0,61*	0,18
Zn								0,71*
	Varijante uz primjenu mikrobiološkog pripravka (n=12)							
P	<b>0,89***</b>	0,50	<b>0,86***</b>	0,79**	0,53	0,73**	0,78**	0,52
K		0,67*	<b>0,94***</b>	<b>0,91***</b>	0,65*	0,82**	<b>0,91***</b>	0,36
Ca			0,70*	0,68*	0,57	0,55	0,76**	0,22
Mg				<b>0,86***</b>	0,47	0,36	<b>0,87***</b>	-0,24
Mn					0,61*	0,81**	<b>0,84***</b>	0,08
Fe						0,36	0,59*	0,16
Cu							<b>0,91***</b>	0,16
Zn								0,27

\*,\*\*,\*\*\* Utvrđena statistička značajnost pri  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ; odnosno  $p < 0,001$

### 3.7.2.2 Korelacije između makro i mikro elemenata u zrnu kukuruza

Na lokalitetu Harkanovci u zrnu kukuruza s varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka ustanovljene su vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata Fe i P ( $r = 0,86$ ), dok su u zrnu s varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka utvrđene vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata Mg i Fe ( $r = 0,86$ ) te između elemenata Zn i Fe ( $r = 0,91$ ) (Tablica 36.).

Na lokalitetu Osječak u zrnu kukuruza s varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka ustanovljene su vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata Mg i P ( $r = 0,94$ ), Mn i K ( $r = 0,88$ ), zatim između elemenata Fe i Mg ( $r = 0,88$ ) te između elemenata Zn i K ( $r = 0,87$ ), Zn i Mn ( $r = 0,86$ ) te Zn i Fe ( $r = 0,85$ ). U zrnu kukuruza s varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka utvrđene vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata K i P ( $r = 0,86$ ), Mg i P ( $r = 0,94$ ), Mg i K ( $r = 0,84$ ), zatim između elemenata Mn i P ( $r = 0,85$ ), Mn i K ( $r = 0,85$ ), Cu i Fe ( $r = 0,84$ ) te između elemenata Zn i K ( $r = 0,89$ ), Zn i Mn ( $r = 0,87$ ) (Tablica 37.).

Na lokalitetu Gornja Dubica u zrnu kukuruza s varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka ustanovljene su vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata Mg i P ( $r = 0,92$ ), Mg i K ( $r = 0,83$ ) te između elemenata P i K ( $r = 0,92$ ). U zrnu kukuruza s varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka utvrđene vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata K i P ( $r = 0,90$ ), Mg i P ( $r = 0,96$ ), Mg i K ( $r = 0,90$ ), zatim između elemenata

Mn i K ( $r = 0,87$ ), Mn i Mg ( $r = 0,86$ ) te između elemenata Zn i P ( $r = 0,87$ ), Zn i K ( $r = 0,94$ ), Zn i Mn ( $r = 0,85$ ) te Zn i Mg ( $r = 0,87$ ) (Tablica 38.).

Tablica 36. Korelacija između kemijskih elemenata u zrnu kukuruza na lokalitetu Harkanovci

	Varijante bez primjene mikrobiološkog pripravka (n=12)							
	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Na
P	0,61*	0,61*	0,71**	0,02	<b>0,86***</b>	0,49	0,10	0,62*
K		0,60*	0,54	-0,40	0,67*	0,49	-0,43	0,61*
Ca			0,35	-0,2	0,70*	0,57	0,16	0,53
Mg				0,13	0,60*	0,50	-0,17	0,47
Mn					0,27	0,12	0,58*	-0,40
Fe						0,51	0,16	0,47
Cu							0,04	0,29
Zn								-0,15
	Varijante uz primjenu mikrobiološkog pripravka (n=12)							
	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Na
P	0,64*	0,76**	0,72**	0,39	0,72**	0,42	0,72**	0,49
K		0,62*	0,71**	0,47	0,65*	0,17	0,45	0,29
Ca			0,75**	0,28	0,74**	0,64*	0,62*	0,22
Mg				0,59*	<b>0,86***</b>	0,38	0,71**	0,20
Mn					0,75**	0,59*	0,78**	-0,10
Fe						0,66*	<b>0,91***</b>	0,26
Cu							0,73**	-0,14
Zn								0,10

\*, \*\*, \*\*\* Utvrđena statistička značajnost pri  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ; odnosno  $p < 0,001$

Tablica 37. Korelacija između kemijskih elemenata u zrnu kukuruza na lokalitetu Osječak

	Varijante bez primjene mikrobiološkog pripravka (n=12)							
	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Na
P	0,82**	-0,30	<b>0,94***</b>	0,71**	0,78**	0,34	0,82**	0,25
K		-0,52	0,75**	<b>0,88***</b>	0,66*	0,21	<b>0,87***</b>	-0,01
Ca			-0,19	-0,65*	-0,17	-0,01	-0,56	0,17
Mg				0,66*	<b>0,88***</b>	0,53	0,81**	0,36
Mn					0,63*	0,47	<b>0,86***</b>	-0,20
Fe						0,60	<b>0,85***</b>	0,38
Cu							0,35	0,19
Zn								0,09
	Varijante uz primjenu mikrobiološkog pripravka (n=12)							
	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Na
P	<b>0,86***</b>	0,30	<b>0,94***</b>	<b>0,85***</b>	0,62*	0,53	0,81**	0,17
K		0,39	<b>0,84***</b>	<b>0,85***</b>	0,70*	0,51	<b>0,89***</b>	0,46
Ca			0,51	0,12	0,44	0,42	0,28	0,37
Mg				0,75**	0,74**	0,68*	0,79**	0,15
Mn					0,48	0,29	<b>0,87***</b>	0,23
Fe						<b>0,84***</b>	0,70*	0,24
Cu							0,38	0,09
Zn								0,43

\*, \*\*, \*\*\* Utvrđena statistička značajnost pri  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ; odnosno  $p < 0,001$

Tablica 38. Korelacija između kemijskih elemenata u zrnu kukuruza na lokalitetu Gornja Dubica

	Varijante bez primjene mikrobiološkog pripravka (n=12)							
	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Na
P	<b>0,92***</b>	0,07	<b>0,92***</b>	0,48	0,58*	0,02	0,82**	-0,55
K		0,06	<b>0,83***</b>	0,54	0,54	-0,15	0,79**	-0,44
Ca			0,27	-0,48	-0,67*	-0,54	-0,40	-0,67*
Mg				0,48	0,35	-0,12	0,70	-0,74**
Mn					0,58*	0,30	0,71**	-0,09
Fe						0,42	0,80**	0,22
Cu							0,19	0,40
Zn								-0,20
	Varijante uz primjenu mikrobiološkog pripravka (n=12)							
P	<b>0,90***</b>	0,57	<b>0,96***</b>	0,79**	0,49	0,35	<b>0,87***</b>	-0,20
K		0,41	<b>0,90***</b>	<b>0,87***</b>	0,36	0,37	<b>0,94***</b>	-0,31
Ca			0,55	0,35	0,14	0,50	0,29	-0,32
Mg				<b>0,86***</b>	0,47	0,36	<b>0,87***</b>	-0,24
Mn					0,33	0,44	<b>0,85***</b>	-0,22
Fe						0,12	0,41	-0,34
Cu							0,20	-0,18
Zn								-0,30

\*,\*\*,\*\*\* Utvrđena statistička značajnost pri  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ; odnosno  $p < 0,001$

Tablice s koncentracijama pojedinih mikro i makroelemenata u zrnu soje i kukuruza po lokalitetima i varijantama te njihova statistička obrada podataka nalaze se u prilogu.

### 3.7.3 Sadržaj dušika u zrnu soje i kukuruza

#### 3.7.3.1 Sadržaj dušika u zrnu soje

Najveći prosječni sadržaj dušika u zrnu soje ustanovljen je na lokalitetu Gornja Dubica gdje je iznosio 6,37 %, zatim na lokalitetu Harkanovci gdje je iznosio 6,17 %, a najmanji prosječni sadržaj dušika ustanovljen je na lokalitetu Osječak gdje je iznosio 6,05 %. Ustanovljena je statistički značajna razlika između lokaliteta Gornja Dubica i Osječak (Tablica 39.).

Sadržaj dušika na lokalitetu Harkanovci kretao se od 6,03 % do 6,31 % po varijantama, a najveća vrijednost (6,31 %) zabilježena je na varijanti KMP (Tablica 39.).

Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 5,64 % do 6,79 % po varijantama. Najveća vrijednost (6,79 %) postignuta je na varijanti preporučene gnojidbe uz primjenu mikrobiološkog pripravka (MGMP), dok su na lokalitetu Gornja Dubica postignute vrijednosti

bile u rasponu od 5,82 % do 6,72 % po varijantama, a najveća vrijednost (6,72 %) utvrđena je na kontrolnoj varijanti (K) (Tablica 39.).

Na osnovi dobivenih vrijednosti su na lokalitetu Harkanovci ustanovljene statistički značajne razlike između varijante KMP i varijante PMP, na lokalitetu Osječak između varijante MGMP i svih ostalih varijanti te između varijante K u odnosu na varijante PMP i MG, dok su na lokalitetu Gornja Dubica zabilježene statistički značajne razlike između varijanti preporučene gnojidbe (MG, MGMP) u odnosu na sve ostale varijante (K, KMP, P, PMP). Na razini sva tri pokusa utvrđene su statistički značajne razlike između kontrolnih varijanti (K, KMP) u odnosu na varijante PMP i MGMP te između varijante MGMP u odnosu na varijante P i MG (Tablica 39.).

Tablica 39. Sadržaj dušika u zrnu soje i kukuruza

VARIJANTA	N (%)							
	Soja 2016.				Kukuruz 2017.			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	6,11 ab	6,25 b	6,72 a	6,36 A	0,80 bc	0,65 c	0,84 ab	0,77 C
KMP	6,31 a	6,07 bc	6,69 a	6,36 A	0,88 abc	0,97 ab	0,90 ab	0,92 BC
P	6,16 ab	5,84 bc	6,67 a	6,23 AB	0,73 c	0,87 abc	1,09 a	0,90 BC
PMP	6,03 b	5,71 c	6,41 a	6,05 BC	0,92 ab	1,00 ab	1,15 a	1,02 AB
MG	6,15 ab	5,64 c	5,82 b	5,87 C	0,89 abc	0,74 bc	0,66 b	0,77 C
MGMP	6,25 ab	6,79 a	5,93 b	6,32 AB	1,03 a	1,07 a	1,14 a	1,08 A
Prosjeak	6,17 AB	6,05 B	6,37 A		0,88 A	0,88 A	0,96 A	
Minimum	6,03	5,64	5,82		0,73	0,65	0,66	
Maksimum	6,31	6,79	6,72		1,03	1,07	1,15	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,243	0,495	0,331		0,188	0,273	0,341	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

### 3.7.3.2 Sadržaj dušika u zrnu kukuruza

Prosječni sadržaj dušika u zrnu kukuruza ustanovljen na lokalitetu Gornja Dubica iznosio je 0,96 % što ujedno predstavlja i najveću prosječnu vrijednost svih lokaliteta. Na lokalitetima Harkanovci i Osječak sadržaj dušika iznosio je 0,88 %. Nije utvrđena statistički značajna razlika između pojedinih lokaliteta.

Sadržaj dušika na lokalitetu Harkanovci kretao se od 0,73 % do 1,03 % po varijantama, a najveća vrijednost (1,03 %) zabilježena je na varijanti MGMP.

Vrijednosti na lokalitetu Osječak kretale su se od 0,65 % do 1,07 % po varijantama. Najveća vrijednost (1,07 %) postignuta je također na varijanti MGMP, dok su vrijednosti na lokalitetu Gornja Dubica bile u rasponu 0,66 % do 1,15 % po varijantama, a najveća vrijednost (1,15 %) utvrđena je na varijanti PMP (Tablica 39.).

Na osnovi dobivenih vrijednosti na lokalitetu Harkanovci ustanovljene su statistički značajne razlike između varijante MGMP u odnosu na varijante K i P te između varijante P i varijante PMP. Na lokalitetu Osječak utvrđene su statistički značajne razlike između varijante MGMP u odnosu na varijante K i MG te između varijante K u odnosu na varijante KMP i PMP, dok su na lokalitetu Gornja Dubica ustanovljene statistički značajne razlike između varijante MG u odnosu na varijante P, PMP i MGMP. Na razini sva tri pokusa utvrđene su statistički značajne razlike između varijante MG u odnosu na varijante K, KMP, P i MG te između varijante PMP u odnosu na varijante K i MG (Tablica 39.).

### 3.8 Rezultati ekonomske analize

Utvrđivanjem ukupnih prihoda te ukupnih troškova uzgoja soje u 2016. godini, izračunata je dobit pojedinih varijanti. Ukupni prihodi izračunati su na osnovi prosječnih prinosa soje po varijantama svih lokaliteta, uz prosječni iznos poticaja (1.597,00 kn) obje države te prosječnu otkupnu cijenu (2,53 kn) obje države. Ukupne troškove čine prosječne cijene mineralnih gnojiva, mikrobiološkog pripravka te ostalih troškova kojima pripadaju prosječne cijene sjemena, zaštitnih sredstava, mehanizacije itd.

Najmanja dobit (6.301,22 kn ha<sup>-1</sup>) ostvarena je na varijanti preporučene mineralne gnojidbe uz primjenu mikrobiološkog pripravka (MGMP), dok je najveća dobit (8.119,82 kn ha<sup>-1</sup>) ostvarena na kontrolnoj varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka (KMP) (Tablica 40.).

Tablica 40. Ekonomska isplativost pojedinih varijanti na osnovi prosječnog prinosa soje ostvarenog na sva tri lokaliteta

SOJA	VARIJANTA					
	K	KMP	P	PMP	MG	MGMP
Prinos, kg ha <sup>-1</sup>	3710	4130	3560	3980	3840	3810
Cijena, 1 kg	2,53 kn	2,53 kn	2,53 kn	2,53 kn	2,53 kn	2,53 kn
Poticaj	1.597,00 kn	1.597,00 kn	1.597,00 kn	1.597,00 kn	1.597,00 kn	1.597,00 kn
<b>UKUPNI PRIHODI</b>	<b>10.983,30 kn</b>	<b>12.045,90 kn</b>	<b>10.603,80 kn</b>	<b>11.666,40 kn</b>	<b>11.312,20 kn</b>	<b>11.236,30 kn</b>
Mineralna gnojiva	635,45 kn	635,45 kn	1.345,05 kn	1.345,05 kn	1.644,45 kn	1.644,45 kn
Mikrobiološki pripravak	0,00 kn	400,00 kn	0,00 kn	400,00 kn	0,00 kn	400,00 kn
Ostali troškovi (sjeme, zaštita, mehanizacija)	2.890,63 kn	2.890,63 kn	2.890,63 kn	2.890,63 kn	2.890,63 kn	2.890,63 kn
<b>UKUPNI TROŠKOVI</b>	<b>3.526,08 kn</b>	<b>3.926,08 kn</b>	<b>4.235,68 kn</b>	<b>4.635,68 kn</b>	<b>4.535,08 kn</b>	<b>4.935,08 kn</b>
<b>DOBIT</b>	<b>7.457,22 kn</b>	<b>8.119,82 kn</b>	<b>6.368,12 kn</b>	<b>7.030,72 kn</b>	<b>6.777,12 kn</b>	<b>6.301,22 kn</b>

K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka

Udio troška mineralnih gnojiva i mikrobiološkog pripravka na varijanti MGMP činio je 41,4 % ukupnih troškova, dok je na varijanti (KMP), s utvrđenom najvećom dobiti, taj udio bio znatno manji te iznosio 26,4 % (Tablica 40.).

Utvrđivanjem ukupnih prihoda te ukupnih troškova uzgoja kukuruza u 2017. godini, izračunata je dobit pojedinih varijanti. Ukupni prihodi izračunati su na osnovi prosječnih prinosa kukuruza po varijantama svih lokaliteta, uz prosječni iznos poticaja (1.135,00 kn) obje države te prosječnu otkupnu cijenu (0,98 kn) obje države. Ukupne troškove čine prosječne cijene

mineralnih gnojiva, mikrobiološkog pripravka te ostalih troškova kojima pripadaju prosječne cijene sjemena, zaštitnih sredstava, mehanizacije itd.

Dobit je ostvarena na ukupno četiri varijante, dok je gubitak zabilježen na dvije. Najveća dobit (312,87 kn ha<sup>-1</sup>) zabilježena je na varijanti mineralne gnojidbe fosforom umanjene za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu (P), dok je najmanja dobit (50,07 kn ha<sup>-1</sup>) ostvarena na varijanti mineralne gnojidbe fosforom umanjene za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP). Gubitak je ostvaren na varijantama preporučene mineralne gnojidbe (MG) te preporučene mineralne gnojidbe uz primjenu mikrobiološkog pripravka (MGMP), a iznosio je 25,763 kn ha<sup>-1</sup>, odnosno 376,73 kn ha<sup>-1</sup> (Tablica 2.). Udio troška mineralnih gnojiva i mikrobiološkog pripravka na varijanti MGMP činio je 38,7 % ukupnih troškova, dok je na varijanti (P), s utvrđenom najvećom dobiti, taj udio bio manji za 9,4 % te iznosio 29,3 % (Tablica 41.).

Najmanja dobit u 2016. godini te najveći gubitak u 2017. godini ostvareni su na varijanti preporučene mineralne gnojidbe uz primjenu mikrobiološkog pripravka (Tablica 40. i 41.).

Tablica 41. Ekonomska isplativost pojedinih varijanti na osnovi prosječnog prinosa kukuruza ostvarenog na sva tri lokaliteta

KUKURUZ	VARIJANTA					
	K	KMP	P	PMP	MG	MGMP
Prinos, kg ha <sup>-1</sup>	2940	3280	3840	3980	3800	3850
Cijena, 1 kg	0,98 kn	0,98 kn	0,98 kn	0,98 kn	0,98 kn	0,98 kn
Poticaj	1.135,00 kn	1.135,00 kn	1.135,00 kn	1.135,00 kn	1.135,00 kn	1.135,00 kn
<b>UKUPNI PRIHODI</b>	<b>4.016,20 kn</b>	<b>4.349,40 kn</b>	<b>4.898,20 kn</b>	<b>5.035,40 kn</b>	<b>4.859,00 kn</b>	<b>4.908,00 kn</b>
Mineralna gnojiva	635,45 kn	635,45 kn	1.345,05 kn	1.345,05 kn	1.644,45 kn	1.644,45 kn
Mikrobiološki pripravak	0,00 kn	400,00 kn	0,00 kn	400,00 kn	0,00 kn	400,00 kn
Ostali troškovi (sjeme, zaštita, mehanizacija)	3.240,28 kn	3.240,28 kn	3.240,28 kn	3.240,28 kn	3.240,28 kn	3.240,28 kn
<b>UKUPNI TROŠKOVI</b>	<b>3.875,73 kn</b>	<b>4.275,73 kn</b>	<b>4.585,33 kn</b>	<b>4.985,33 kn</b>	<b>4.884,73 kn</b>	<b>5.284,73 kn</b>
<b>PROFIT</b>	<b>140,47 kn</b>	<b>73,67 kn</b>	<b>312,87 kn</b>	<b>50,07 kn</b>	<b>-25,73 kn</b>	<b>-376,73 kn</b>

K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka



## 4. RASPRAVA

### 4.1 Vremenske prilike tijekom vegetacije proljetnih kultura za promatrano razdoblje

Među svim postojećim čimbenicima koji utječu na rast i razvoj biljke te na poljoprivrednu proizvodnju u cijelosti, najznačajnije mjesto zauzimaju vremenske prilike koje je vrlo teško kontrolirati.

#### 4.1.1 *Vremenske prilike tijekom uzgoja soje u 2016. godini*

Najvažniji čimbenici za proizvodnju soje su temperatura zraka, fotoperiodizam te opskrba vodom (EMBRAPA, 2008.). Grafičkim prikazom vremenskih prilika promatranih meteoroloških postaja vidljivo je kako su iznadprosječne količine oborina u mjesecu srpnju znatno ublažile nedostatak oborina tijekom tri ljetna mjeseca te spriječile pojavu dugotrajne suše (Grafikon 2.). Podaci zabilježeni na promatranim meteorološkim postajama Osijek i Gradačac označavaju 2016. godinu kao povoljnu za uzgoj proljetnih kultura. Ukupna količina oborina u lipanju, srpanju i kolovozu iznosila je 282,4 mm za područje Osijeka, a za područje Gradačca 241,7 mm. Vratarić i Sudarić (2000.) navode kako je, prema ispitivanjima više autora, bitno da u lipnju, srpnju i kolovozu količina oborina bude 150 – 170 mm.

#### 4.1.2 *Vremenske prilike tijekom uzgoja kukuruza u 2017. godini*

Grafičkim prikazom vremenskih prilika promatranih meteoroloških postaja, Osijek i Gradačac, vidljivo je kako su iznadprosječne srednje temperature zraka uz nedostatak oborina doveli do pojave dugotrajne suše na oba promatrana područja (Grafikon 3.). Podaci zabilježeni na promatranim meteorološkim postajama Osijek i Gradačac označavaju 2017. godinu kao nepovoljnu za uzgoj proljetnih kultura, posebice na području Gradačca, dok je prosječna količina oborina u mjesecu srpnju na području Osijeka ublažila pojavu dugotrajne suše na tom području. Prosječna količina oborina za tri ljetna mjeseca iznosila je svega 66 % od višegodišnjeg prosjeka za postaju Osijek, odnosno 44 % višegodišnjeg prosjeka za postaju Gradačac, dok je prosječna temperatura zraka bila je, u odnosu na višegodišnji prosjek, viša za 4,0 °C u Gradačcu, odnosno za 2,9 °C u Osijeku. Kovačević i Josipović (2005.) navode kako nedostatak oborina uz povišene temperature zraka za vrijeme ljetnog razdoblja u Istočnoj Hrvatskoj dovodi do znatno nižih prinosa zrna kukuruza. Također, Rastija i sur. (2013.) navode kako je proizvodnja kukuruza u obje države (Republika Hrvatska te Bosna i Hercegovina) okarakterizirana velikim oscilacijama prinosa tijekom godina. Smanjeni prinosi kukuruza često

se pripisuju stresu uzrokovanom sušom i visokim temperaturama zraka tijekom vegetacije, osobito u srpnju i kolovozu.

## 4.2 Pedološka istraživanja

Nakon otvaranja profila na lokalitetima Harkanovci, Osječak i Gornja Dubica, opisana su ekto i endomorfološka svojstva tla (JDPZ, 1967.) za pripadajuću lokaciju. Zatim su determinirani horizonti te opisani dubinom, bojom, teksturom, strukturom te prisustvom kalcijeva karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ) i pedodinamskih novotvorenina ( $\text{R}_2\text{O}_3$ ). Prema Škoriću (1973.) na lokalitetu u Harkanovcima utvrđen je lesivirano pseudoglejni tip tla, u Osječku močvarno glejni amfiglejni tip tla, dok je u Gornjoj Dubici utvrđen pseudoglejni tip tla na zaravni.

### 4.2.1 *Lesivirano pseudoglejno tlo*

Lesivirana tla zauzimaju 500 – 600 milijuna hektara površine širom svijeta, što čini 3,7 do 4,9 % kopnene površine koja nije zahvaćena ledom (FAO, 2014.). Pripada klasi eluvijalno-iluvijalnih tala koju karakterizira građa profila s A-E-B-C horizontima koji su utvrđeni i na istraživanom profilu uz činjenicu da je uslijed antropogenog utjecaja obradom došlo do miješanja humusno akumulativnog i eluvijalnog horizonta što je rezultiralo determinacijom antropogenog P horizonta. Za ovo je tlo karakteristično ispiranje (lesivaža) čestica gline iz eluvijalnog (E) horizonta i njihovo akumuliranje u iluvijalnom (Bt) horizontu što je utvrđeno i teksturnom analizom koja ukazuje na povećan sadržaj gline u iluvijalnom horizontu uslijed djelovanja descendentnog kretanja oborinske vode (Škorić, 1977.).

### 4.2.2 *Močvarno glejno amfiglejno tlo*

Močvarno glejna tla zauzimaju 150 – 200 milijuna hektara površine širom svijeta, što čini 1,1 do 1,5 % cjelokupne kopnene površine koja nije zahvaćena ledom (FAO, 2014.). Karakteristika ovog tipa tla je humusno akumulativni horizont sa znakovima hidromorfizma i dubinom manjom od 50 cm te jasno diferencirani G<sub>so</sub> i Gr podhorizonti (Škorić, 1977.). Djelovanja suvišne vode odnosno način vlaženja ovih tala su od presudnog značaja za podjelu močvarno glejnog tla na podtipove (Rastija, 2014.). Zbog svoje topografski uvjetovane pozicije, močvarno glejno amfiglejno tlo karakterizira povremeno prekomjerno vlaženje stagnirajućom vodom koja se nakon obilnijih oborina sporije procjeđuje uslijed težeg mehaničkog sastava i lošije vertikalne vodopropusnosti oraničnog i podoraničnog horizonta te prekomjerno vlaženje plitkom podzemnom vodom, što je rezultiralo građom sklopa profila A-Gr-G<sub>so</sub> (Škorić, 1977.).

### 4.2.3 *Pseudoglejno tlo na zaravni*

Pseudoglejna tla zauzimaju oko 720 milijuna hektara površine širom svijeta, što čini oko 5,3 % kopnene površine koja nije zahvaćena ledom (FAO, 2014.). Za pseudoglejni tip tla značajno je da se stagnirajuća oborinska voda zadržava duže vrijeme u profilu tla što se manifestira znacima pseudooglejavanja i karakteristične mramorizacije profila (Škorić, 1977.), što je utvrđeno dijagnosticiranjem karakterističnog iluvijalnog pseudoglejnog (Btg) horizonta na istraživanom tlu. Istovremenim odvijanjem redukcijskih i oksidacijskih procesa dolazi do izražene diferencijacije profila u boji te migracije čestica gline što uvjetuje i teksturnu diferencijaciju unutar samog profila (Antić i sur., 1982.).

## 4.3 **Kemijska istraživanja tla**

### 4.3.1 *Kemijska svojstva tla*

Kemijskim analizama tla utvrđeno je kako su sva tri tipa tla kisele reakcije. Najviše vrijednosti reakcije ispitivanog kiselog tla utvrđene su mjerenjem pH vrijednosti u suspenziji tla i vode, a najniže u suspenziji tla i kalijevog klorida. Tlo u Harkanovcima bilo je bogato pristupačnim  $P_2O_5$  i  $K_2O$ , dok su tla u Osječku i Gornjoj Dubici bila siromašna pristupačnim  $P_2O_5$  i  $K_2O$ . Dobiveni rezultati u skladu su s činjenicom koju navode brojni autori da su kisela reakcija tla te disbalans hranjivih elemenata, uglavnom niska razina biljci pristupačnog fosfora kao i nepovoljna fizikalna svojstva tla, često ograničavajući faktori plodnosti tala u BiH (Okiljević i sur., 1997., Resulović i Ćustović, 2002.). Kovačević i Jović (2015.) navode kako nedovoljne količine biljkama pristupačnog fosfora ograničavaju prinose na mnogim tlima Bosne i Hercegovine (BiH) i Republike Hrvatske (RH). Sadržaj humusa u tlu bio je najveći na lokalitetu Osječak, zatim Gornja Dubica, a najmanji na lokalitetu Harkanovci. Pristupačnost elemenata ( $P_2O_5$  i  $K_2O$ ) u tlu te sadržaj humusa ukazuju na intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju na lokalitetu Harkanovci. Uslijed primjene mikrobiološkog pripravka i različite mineralne gnojidbe nije došlo do značajnih promjena kemijskih svojstava tla na pojedinim lokalitetima kao što su pH ( $H_2O$ ), pH (KCl), AL –  $K_2O$ , sadržaj humusa, hidrolitička kiselost te sadržaj karbonata u tlu. Međutim, utvrđena je promjena koncentracije biljci pristupačnog fosfora (AL –  $P_2O_5$ ) kroz promatrano razdoblje na svim lokalitetima. Povećanje na lokalitetu Harkanovci iznosilo je 8,7 %, na lokalitetu Osječak 250,6 % te na lokalitetu Gornja Dubica 36,3 %. Ovakvi rezultati u skladu s istraživanjima Popović i sur. (2010.) koji navode kako je na tlu kisele reakcije s niskim sadržajem biljci pristupačnog fosfora i kalija, nakon primjene

većih količina fosfora i kalija te postupka kalcizacije tla, ustanovljeno povećanje biljci pristupačnog fosfora s 9,40 na 21,43 mg 100 g<sup>-1</sup> tla, odnosno, ustanovljeno je povećanje od 128 %. Prema nekim autorima primjena većih količina fosfora i kalija predstavlja rješenje za poboljšanje iskorištenja svojstava tla (Kovačević i sur., 2006., Lončarić i sur., 2005., Banaj i sur., 2006., Rastija i sur., 2006.). Nadalje, u 2016. godini utvrđeno je prosječno povećanje lakopristupačnog fosfora od 3,6 % na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka u odnosu na varijante bez primjene mikrobiološkog pripravka. Ostvarene vrijednosti u skladu su s očekivanim rezultatima povećanja pristupačnog fosfora primjenom mikrobiološkog pripravka. Oteino i sur. (2015.) navode da upotreba bakterijskih pripravaka koji potiču rast biljaka, kao biofertilizatora, daje obećavajuću alternativu kemijskim gnojivima te da je sposobnost zemljišnih mikroorganizama da pretvaraju nepristupačne oblike fosfora u biljci pristupačne oblike od velikog značaja obzirom da bakterije potiču rast i razvoj biljke i utječu na povećanje prinosa. Nadalje, Fankem i sur. (2008.) u svom istraživanju zaključuju kako je primjena 3 fosfor - topiva soja bakterije *Pseudomonas fluorescens* povećala pristupačnost topivih fosfata kod uzgajanih biljaka te da je inokulacija općenito pokazala pozitivan učinak na rast i prinos kukuruza. Međutim, u 2017. godini učinak mikrobiološkog pripravka na povećanje koncentracije P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nije utvrđen, što je najvjerojatnije posljedica iznadprosječnih temperatura zraka i nedostatka oborina u ljetnom razdoblju 2017. godine. Maksimalna temperatura zraka zabilježena na postaji Gradačac 04. kolovoza 2017. godine iznosila je 40,2 °C. Dobiveni rezultati u skladu su s rezultatima istraživanja drugih autora gdje White i sur. (1997.) navode da je 20 – 25 °C optimalna temperatura za maksimalno otapanje fosfora pomoću mikroorganizama, dok Kang i sur., (2002.) i Varsha (2002.) navode da optimalna temperatura iznosi 28 °C.

#### 4.3.2 Koncentracije Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn i P u tlu

Kroz promatrano razdoblje nisu ustanovljene promjene koncentracija Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn i P uslijed primjene mikrobiološkog pripravka i različite gnojidbe u tlima na pojedinim lokalitetima. Također, nisu ustanovljene značajne promjene veličine kationskog izmjenjivačkog kapaciteta tla na pojedinim lokalitetima. Sadržaj pojedinih elemenata u tlu kretao se od 0,4 do 0,63 % Ca, od 0,55 do 0,77 % Mg te od 0,49 do 0,83 % K, a P od 0,07 do 0,12 %. Zabilježene prosječne koncentracije elemenata u tlu odgovaraju rasponu vrijednosti koje navode Vukadinović i Lončarić (1998.), a koje iznose: od 0,2 do 2 % Ca, od 0,1 do 1 % Mg, od 0,2 do 3 % K te od 0,02 do 0,15 P. Utvrđene prosječne vrijednosti koncentracija

elemenata Cu, Fe, Mn i Zn u skladu su vrijednostima koje navode brojni autori u svojim istraživanjima (Vukadinović i Lončarić, 1998., Lončarić i sur., 2008., Romić i Romić, 2003., Karalić i sur., 2016.), dok su prosječne koncentracije natrija niže od koncentracije koju navode Havlin i sur. (2005.).

#### 4.4 Organski fosfor u tlu

Utvrđeno je povećanje količine mikrobiološki fiksiranog fosfora na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka u odnosu na količinu mikrobiološki fiksiranog fosfora na varijantama bez primijene mikrobiološkog pripravka. Najveće povećanje u 2016. godini od 47,5 % ustanovljeno je na lokalitetu Osječak, dok su povećanja na lokalitetima u Harkanovci i Gornja Dubica iznosila 13,0 % i 30,3 %. Također, najveće povećanje u 2017. godini od 10,2 % ustanovljeno je na pokusu u Osječku, dok su povećanja na pokusima u Harkanovcima i Gornjoj Dubici iznosila 8,5 % i 9,7 %. Povećanja mikrobiološki fiksiranog fosfora bila su u pozitivnoj korelaciji ( $r = 0,81$ ) sa sadržajem humusa u tlu (%). Nadalje, utvrđena je i vrlo jaka pozitivna korelacija ( $r = 0,89$ ) između sadržaja fosfora u tlu (AL-metoda) i količine mikrobiološki fiksiranog fosfora. Dobiveni rezultati podudaraju se s početnom hipotezom da mikrobiološki pripravak može poboljšati pristupačnost i usvajanje fosfora u tlu te da može aktivirati organski fosfor u tlu i na taj način povećati pristupačnost ukupnog potencijalnog fosfora, posebice na tlima s većim sadržajem organske tvari. Tako Popović i sur. (2015.) navode kako procese mineralizacije organskog fosfora predvode mikroorganizmi tla i korijenov sustav biljke te da velikog utjecaja na same procese imaju vlažnost tla, temperatura, fizikalna i kemijska svojstva tla, zatim pH vrijednost i oksidoredukcijski potencijal (Eh). Također navode kako je količina organskog fosfora u tlu usko povezana sa sadržajem organske tvari u tlu.

#### 4.5 Mikrobiološka istraživanja

##### 4.5.1 Otapanja fosfora pomoću bakterija roda *Pseudomonas* spp. u laboratorijskim uvjetima

Nakon naciepljivanja pojedinačnih kultura *Pseudomonas fluorescens* Migula, *Pseudomonas rhizosphaerae* Peix, *Pseudomonas putida* Trevisan i kombinacije navedenih kultura u jednakim omjerima, te inkubacije, utvrđeni su prosječni promjeri prozirnog dijela podloge koji upućuju na otapanje fosfata. Najširi prosječni prozirni promjer utvrđen je na hranjivoj podlozi na kojoj su naciepljene sve tri vrste roda *Pseudomonas* (33 mm). Na podlogama gdje su korištene pojedinačne čiste kulture *Pseudomonas* spp., najširi prosječni prozirni promjer

utvrđen je kod bakterije *Pseudomonas putida* (30 mm), zatim kod bakterije *Pseudomonas rhizosphaera* (26 mm), dok je prosječni prozirni promjer kod bakterije *Pseudomonas fluorescens* bio najuži te je iznosio 24 mm. Dobiveni rezultati odgovaraju navodima brojnih autora (Fliessbach i sur., 2009. Kumar i Singh, 2001., Rodriguez i Fraga, 1999., Troxler i sur., 1997.) da bakterije roda *Pseudomonas*, uz neke vrste roda *Bacillus* i *Rhizobium*, svojim eksudatima koji su proizvodi njihovog metabolizma otapaju netopive oblike fosfora u tlu i prevode ih u biljkama pristupačne oblike. Autori također, navode da je *Pseudomonas* spp. prisutan u svim tlima, a njihov broj zavisi o klimatskim uvjetima i svojstvima tla (Deubelet i sur., 2000., Di Simone i sur., 1998., Fliessbach i sur., 2009., Kumar i Singh, 2001., Rodriguez i Fraga, 1999., Troxler i sur., 1997., Viveganandan i Jauhri, 2000.). Nadalje, kako benefitarne bakterije roda *Pseudomonas* imaju mogućnost prevođenja nepristupačnih oblika fosfora u biljkama pristupačni oblik, veliki broj autora ga smatra biofertilizatorom (Peix i sur., 2003., Rodriguez i Fraga, 1999., Viveganandan i Jauhri, 2000.). Naime, tretiranjem tla vrstama roda *Pseudomonas* možemo reducirati gnojidbu fosforom, jer zahvaljujućim navedenim mikroorganizmima biljka ih koristi iz prirodnih resursa, odnosno tla. Autori su istraživanjem utvrdili da postoje dva mehanizma kojim bakterije roda *Pseudomonas* otapaju biljkama nepristupačni fosfor, a to je izlučivanjem protona asimilacijom amonijaka te sintezom organskih kiselina (Park i sur., 2008., Park i sur., 2009., Vasisilev i sur., 2006.).

Nadalje, osim što otapaju netopive fosfate, mikroorganizmi proizvode supstance i enzime koji pospješuju rast biljaka, kao što su indoloctena kiselina, siderofori, vodikov cijanid te enzime pektinazu, lipazu i proteazu (Geetha i sur., 2012.). Također, proučavanjem fluorescentnih vrsta roda *Pseudomonas* u rezultatima svojih istraživanja autori su utvrdili njihovo mikrobicidno djelovanje na fitopatogene mikroorganizme (Couillerot i sur., 2009., Hass i Defago, 2005., Mascher i sur., 2002., Park i Son, 2006.), te njihovo insekticidno djelovanje (Péchy-Tarr, 2008. Ruffner i sur., 2012.). Autori u svojim istraživanjima ističu i veliku ulogu bakterija *Pseudomonas* spp. u razgradnji različitih tvari koje onečišćuju okoliš, odnosno bioremedijaciju onečišćenih tala (Cycoń i sur., 2009.). Bisht i sur. (2015.) te Setti i sur. (1995.) u rezultatima svojih istraživanja navode da bakterije roda *Pseudomonas* aktivno učestvuju u bioremedijaciji policikličkih aromatskih ugljikovodika i dibenzotiofena. Nadalje, Habineza i sur. (2017.) navode da je unošenjem *Pseudomonas* spp. došlo do biodegradacije trinitrotoluena (TNT) u kontaminiranim tlima. Da vrste roda *Pseudomonas* svojim izuzetno jakim izlučevinama mogu degradirati stiren i etilbenzen u rezultatima istraživanja iznose autori Park i sur. (2005.) kao i Utkin i sur. (1991.).

#### 4.5.2 Prisutnost bakterija roda *Pseudomonas* spp. u tlu

U provedenom istraživanju utvrđeno je povećanje broja bakterija roda *Pseudomonas* u tlu na svim lokalitetima. Za vrijeme trajanja analize, broj bakterija roda *Pseudomonas* u tlu s lokaliteta Harkanovci povećao se 2 puta, u tlu s lokaliteta Osječak 78 puta, a u tlu s lokaliteta Gornja Dubica broj bakterija se povećao 52 puta u odnosu na prvotno ustanovljen broj. Povećanjem broja bakterija roda *Pseudomonas* u tlu s pojedinih pokusnih lokaliteta utvrđeno je da su se bakterije roda *Pseudomonas* adaptirale u tlu, razvile kolonije te je došlo do značajnog povećanja njihovog broja u tlu svih lokaliteta. Bashan i sur. (2014.) navode kako je osnovni dio u praćenju utjecaja biofertilizatora kao EM tehnologije (efektivni mikroorganizmi) njihova upotreba na različitim tipovima tala u različitim agroekološkim uvjetima. Inokulirani mikroorganizmi moraju biti u stanju preživjeti u tlu i množiti se, te moraju biti kompatibilni s ostalom primijenjenom agrotehnikom, primarno (reduciranom) kemijskom zaštitom i gnojidbom.

### 4.6 Prinosi i kvaliteta sjemena

#### 4.6.1 Prinos zrna soje i kukuruza

Prema navodima FAO organizacije za vegetacijsku godinu 2016., prosječni prinos soje za Republiku Hrvatsku iznosio je 3,1 t ha<sup>-1</sup> te za Bosnu i Hercegovinu 2,66 t ha<sup>-1</sup>, dok je prosječni prinos kukuruza u 2017. godini za Republiku Hrvatsku iznosio 6,31 t ha<sup>-1</sup>, a za Bosnu i Hercegovinu 3,65 t ha<sup>-1</sup>.

Prosječni prinosi zrna soje na pojedinim lokalitetima u 2016. godini iznosili su 4,48 t ha<sup>-1</sup> u Harkanovcima, zatim 3,88 t ha<sup>-1</sup> u Gornjoj Dubici te 3,15 t ha<sup>-1</sup> u Osječku čime su ostvareni iznadprosječni prinosi soje. Postignuti prinosi ukazuju na povoljne vremenske uvjete za uzgoj soje tijekom 2016. godine. Najveći prinosi soje na lokalitetima Harkanovci i Osječak ostvareni su na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka, a iznosili su 5,23 t ha<sup>-1</sup>, odnosno 3,33 t ha<sup>-1</sup> što ujedno čini povećanje od 16,7 % (HA), odnosno 5,7 % (OK) u odnosu na prosječni prinos soje cjelokupnog pokusa. Na lokalitetu Gornja Dubica najveći prinos soje ostvaren je na varijanti preporučene gnojidbe (4,13 t ha<sup>-1</sup>), dok je na kontrolnoj varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka (KMP) ostvareno povećanje prinosa soje od 3,8 % u odnosu na kontrolnu varijantu bez primjene mikrobiološkog pripravka (K). Slično navode Kristek i sur. (2017.) koji su u istraživanjima dvije sorte soje, Ika i Vita, primjenom mikrobiološkog pripravka povećali prinos za 14,1 % (Ika), odnosno 26 % (Vita) u odnosu na kontrolnu

varijantu. Također, Paulitz i sur. (1992.) navode kako su tretiranjem sjemena bakterijom *Pseudomonas putida* ostvarili povećanje prinosa graška za 19,38 % te soje za 16,43 %. Nadalje, Afzal i sur. (2010.) navode kako su na varijanti mineralne gnojidbe fosforom uz inokulaciju sjemena soje s bakterijama vrste *Bradyrhizobium* i *Pseudomonas* povećali prinos soje za 38 % na pokusu u posudama, dok je povećanje prinosa u poljskim uvjetima iznosilo 12 % u odnosu na varijantu gdje je samo primijenjena mineralna gnojidba fosforom. Prosječni prinosi zrna kukuruza na pojedinim lokalitetima u 2017. godini iznosili su 5,48 t ha<sup>-1</sup> u Harkanovcima, zatim 2,75 t ha<sup>-1</sup> u Gornjoj Dubici te 2,61 t ha<sup>-1</sup> u Osječku što ukazuje na nepovoljne vremenske uvjete za uzgoj kukuruza tijekom 2017. godine, posebice na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica. Tako Majdančić i sur. (2015.) navode kako su utvrđene značajne oscilacije prinosa kukuruza na području Federacija BiH (FBiH) i Tuzlanski kanton (TC) u razdoblju od 2000. do 2014. godine. Prosječni prinosi zrna kukuruza u FBiH iznosili su 3,99 t ha<sup>-1</sup> uz oscilacije po godinama od 2,18 do 4,92 t ha<sup>-1</sup>. U tri nepovoljne godine ostvareni prinos bio je ispod 3,0 t ha<sup>-1</sup>, dok je u tri povoljne godine bio iznad 4,5 t ha<sup>-1</sup>. Najveći prinosi kukuruza na lokalitetima Harkanovci i Osječak ostvareni su na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka, a iznosili su 6,03 t ha<sup>-1</sup>, odnosno 3,10 t ha<sup>-1</sup> što ujedno čini povećanje od 10 % (HA), odnosno 18,8 % (OK) u odnosu na prosječni prinos kukuruza cjelokupnog pokusa. Na lokalitetu Gornja Dubica najveći prinos kukuruza ostvaren je na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % (P), a iznosio je 3,03 t ha<sup>-1</sup>, dok je na kontrolnoj varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka (KMP) ostvareno povećanje prinosa kukuruza od 4,5 % u odnosu na kontrolnu varijantu bez primjene mikrobiološkog pripravka (K). Viruel i sur. (2014.) su, istražujući učinak inokulacije sjemena kukuruza bakterijom *Pseudomonas tolaasii* IEXb u poljskim uvjetima, ostvarili povećanje prinosa zrna kukuruza za čak 44 % u odnosu na varijantu bez inokulacije sjemena. Nadalje, brojni autori u svojim istraživanjima navode kako su primjenom mikrobioloških pripravaka potaknuli rast i razvoj biljke te ostvarili povećanje prinosa zrna (Iwaishi, 2001., Afzal i sur., 2005., Afzal i Bano, 2008., Son i sur., 2006.). Učinak mikrobiološkog pripravka ustanovljen je između kontrolnih varijanti (K i KMP) te varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 % (P i PMP) gdje je prosječni prinos soje na varijanti KMP bio veći za 11,3 % u odnosu na varijantu K te za 11,8 % na varijanti PMP u odnosu na varijantu P. Također, prosječni prinos kukuruza na varijanti KMP bio je veći za 11,6 % u odnosu na varijantu K, dok je prosječni prinos na varijanti PMP bio veći za 3,6 % u odnosu na varijantu P. Zabilježeni rezultati u skladu su s hipotezom o zamjeni dijela mineralnih gnojiva pomoću mikrobiološkog pripravka. Učinak mikrobiološkog pripravka na varijantama preporučene gnojidbe (MG i MGMP) bio je minimalan ili je izostao. Slično su ustanovili Viruel



i sur. (2014.) navodeći u svom istraživanju kako je učinak inokulacije sjemena kukuruza bakterijom vrste *Pseudomonas* općenito bio značajni na varijantama bez primjene fosfornog gnojiva u odnosu na varijante gdje je primijenjeno fosforno gnojivo.

#### 4.6.2 *Masa tisuću zrna*

Prosječna masa tisuću zrna soje iznosila je na lokalitetima u Harkanovcima i Osječku 149,5 g, dok je masa tisuću zrna na lokalitetu u Gornjoj Dubici bila neznatno manja te je iznosila 146,4 g. Dobivene vrijednosti podudaraju se s navodima Vratarić i Sudarić (2000.) koje navode kako se kod većine sorata soje u komercijalnoj proizvodnji masa tisuću zrna kreće od 150 do 200 grama. Također, na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka utvrđeno je zanemarivo povećanje mase tisuću zrna od 0,5 % u odnosu na varijante bez primijene mikrobiološkog pripravka što ukazuje na povoljne vremenske uvjete u 2016. godini. Nasuprot tome, masa tisuću zrna kukuruza iznosila je na lokalitetu u Harkanovcima 311,4 g, dok je na lokalitetima u Osječku i Gornjoj Dubici bila znatno manja te je iznosila 203,0 g, odnosno 217,8 g. Brouwer (1972.) navodi kako se prosječna masa tisuću zrna kukuruza (zuban) kreće od 270 do 450 grama, dok Pažur (2015.) u svom istraživanju navodi kako je ostvarena masa tisuću zrna kukuruza Bc 532 iznosila 400,16 g. Na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka utvrđeno je prosječno povećanje mase tisuću zrna od 2,8 % u odnosu na varijante bez primijene mikrobiološkog pripravka. Najizraženije povećanje utvrđeno na lokalitetu Osječak, a iznosilo je 8 %. Niže vrijednosti mase tisuću zrna kukuruza, posebice na lokalitetima Osječak i Gornja Dubica rezultat su izuzetno nepovoljnih vremenskih prilika za uzgoj kukuruza na tom području u 2017. godini. Dodatno, presijavanjem pokusa na ovim lokalitetima utjecali smo i na pojedine ključne faze rasta i razvoja biljke kukuruza u kojima kukuruz ne podnosi visoke temperature i nedostatak oborina. Tako je u fazama intenzivnog porasta, cvatnje i oplodnje potrebna dovoljna količina vlage uz optimalnu temperaturu zraka od 18 °C do 20 °C, odnosno od 22 °C do 23 °C u fazama formiranja, nalijevanja i sazrijevanja zrna (Kovačević i Rastija, 2014.). Shaw (1988.) navodi kako su temperature iznad 26 °C kritične za postizanje visokih prinosa te da stres uzrokovan sušom i visokim temperaturama zraka te nedostatak vlage u ljetnim mjesecima negativno utječu na cvatnju, oplodnju i rani razvoj zrna kukuruza. Nadalje, Gholami i sur. (2009.), ustanovili su da inokulacija sjemena kukuruza bakterijama roda *Pseudomonas* znatno utječe na povećanje mase zrna.

#### 4.6.3 Klijavost zrna soje i kukuruza

Prosječna klijavost zrna soje uzgajane na pokusima iznosila je 92,5 %, a što je približno vrijednosti koju navode Guberac i sur. (2000.) u svom istraživanju za klijavost soje (95,75 %). Nadalje, prosječna klijavost zrna kukuruza uzgajanog na pokusima iznosila je 93,3 %. Na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka utvrđeno je prosječno povećanje klijavosti od 0,2 % za zrno soje te 1,1 % za zrno kukuruza u odnosu na varijante bez primjene mikrobiološkog pripravka. Dobiveni rezultati podudaraju se s početnom hipotezom kako smanjenje fosfornih mineralnih gnojiva uz upotrebu mikrobiološkog pripravka neće narušiti klijavost sjemena kao najznačajnijeg pokazatelja kvalitete sjemena. Štoviše, najveće prosječne vrijednosti klijavosti sjemena soje i kukuruza ostvarene su sa zrnom dobivenog na varijanti umanjene gnojidbe fosforom za 50 %, a iznosile su 94,0 % za soju, odnosno 95,3 % za kukuruz. Tako Gholami i sur. (2009.) navode kako je inokulacija sjemena kukuruza bakterijama roda *Pseudomonas* znatno povećala klijavost sjemena te da je povećanje ovisilo o rodu i vrsti bakterije. Najmanji postotak klijavosti soje ustanovljen je na lokalitetu Osječak gdje je utvrđen najveći postotak bjelančevina u zrnu soje, a što se podudara s navodima LeVan i sur. (2008.) kako povećanje sadržaja bjelančevina u zrnu soje dovodi do smanjenja postotka klijavosti neovisno o sadržaju vlage zrna.

#### 4.6.4 Sadržaj ulja, bjelančevina i škroba u zrnu soje i kukuruza

Prosječni sadržaj ulja u zrnu soje kretao je se od 20,49 do 21,78 %, dok je prosječni sadržaj bjelančevina bio između 38,64 i 40,43 % što je u skladu s rezultatima istraživanja Vratarić i Sudarić (2000.). Na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka utvrđeno je prosječno povećanje sadržaja ulja u zrnu soje od 0,6 % u odnosu na varijante bez primijene mikrobiološkog pripravka. Nadalje, utvrđena je jaka negativna korelacija ( $r = -0,93$ ) između sadržaja ulja i sadržaja bjelančevina u zrnu soje što je u skladu s dobivenim rezultatima brojnih autora (Hymowitz i sur., 1972., Filho i sur., 2001., Haghi i sur., 2012.).

Prosječni sadržaj ulja u zrnu kukuruza iznosio je 4,87 %, prosječni sadržaj bjelančevina 8,47 %, dok je prosječni sadržaj škroba iznosio 69,44 %. Navedene vrijednosti podudaraju se vrijednostima koje navode Cortez i Wild–Altamirano (1972.), a koje iznose za sadržaj ulja od 2,2 do 5,7 %, za sadržaj bjelančevine od 5,2 do 13,7 % te za sadržaj ugljikohidrata od 66 do 75,9 %. Također, Suryadi i sur. (2017.) utvrdili su sadržaj ulja u zrnu kukuruza u rasponu od 2,48 do 4,8 %, a sadržaj bjelančevina u rasponu od 6,99 do 10,83 %, dok Zilic i sur., (2011.)

navode sadržaj škroba u zrnu kukuruza u vrijednostima od 54,59 do 69,92 %. Statističkom analizom utvrđene su negativne korelacije između sadržaja škroba i sadržaja bjelančevina ( $r = -0,82$ ) te između sadržaja ulja i sadržaja škroba ( $r = -0,68$ ), dok je korelacija sadržaja bjelančevina i sadržaja ulja pozitivna ( $r = 0,39$ ). Dobiveni rezultati podudaraju se s navodima Pepo (2013.), Sonderlund i Owens (2007.) te Singh i sur., (2005.) koji su utvrdili negativne korelacije između sadržaja škroba i sadržaja bjelančevina u zrnu kukuruza ( $r = -0,83$ ;  $r = -0,63$ ;  $r = -0,87$ ). Također, Sonderlund i Owens (2007.) te Singh i sur., (2005.) utvrdili su negativnu korelaciju između sadržaja ulja i sadržaja škroba ( $r = -0,44$ ;  $r = -0,32$ ). Pozitivnu korelaciju ( $r = 0,13$ ) između sadržaja ulja i sadržaja bjelančevina u zrnu kukuruza potvrđuju navodi Singh i sur. (2005.). Između varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka te varijanti bez primijene mikrobiološkog pripravka nije bilo značajnih razlika u sadržaju ulja, bjelančevina i škroba, dok su ustanovljene razlike između pojedinih lokaliteta što ukazuje na činjenicu da su ova svojstva ponajviše uvjetovana genetikom te okolišnim faktorima kao što su tip i svojstva tla te vremenske prilike. Tako Sudarić i Vratarić (2000.) navode da su kvantitativna svojstva soje uvjetovana genetičkim razlikama između sorata i utjecajem okoliša, ponajprije temperaturom zraka te količinom i rasporedom oborina.

#### 4.6.5 Koncentracija makro i mikroelemenata u zrnu soje i kukuruza

Prosječna koncentracija fosfora u zrnu soje iznosila je  $6,66 \text{ g kg}^{-1}$  na lokalitetu Osječak,  $7,11 \text{ g kg}^{-1}$  na lokalitetu Gornja Dubica te  $7,39 \text{ g kg}^{-1}$  na lokalitetu Harkanovci. Nadalje, prosječna koncentracija magnezija iznosila je  $2,13 \text{ g kg}^{-1}$  u Harkanovcima,  $2,15 \text{ g kg}^{-1}$  u Osječku te  $2,39 \text{ g kg}^{-1}$  u Gornjoj Dubici. Utvrđene vrijednosti slične su vrijednostima koje su ustanovili Etiosa i sur. (2017.) u svom istraživanju, a koje iznose  $695,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ P}$  te  $258,24 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ Mg}$ . Prosječna koncentracija željeza u zrnu soje sva tri lokaliteta iznosila je  $6,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , kalcija  $174 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , bakra  $1,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  te mangana  $2,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ . Navedene prosječne vrijednosti niže su od prosječnih vrijednosti koje navode Ibrahim i sur., (2008.), a koje iznose  $8,32 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ Fe}$ ,  $278,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ Ca}$ ,  $2,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ Cu}$  te  $3,09 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ Mn}$ . Nasuprot tome, utvrđena prosječna koncentracija kalija, natrija i cinka u zrnu soje sva tri lokaliteta iznosila je  $17,96 \text{ g kg}^{-1} \text{ K}$ ,  $26,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ Na}$  te  $4,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ Zn}$ , a što predstavlja veće prosječne vrijednosti od onih što su utvrdili Ibrahim i sur. (2008.) te Etiosa i sur. (2017.) za navedene elemente. Također, sve utvrđene vrijednosti koncentracija, osim koncentracije bakra i natrija, podudaraju se s vrijednostima koncentracija elemenata u zrnu soje koje navode Kleese i sur. (1968.), zatim Parker i sur. (1981.) te Raboy i sur. (1984.).

Prosječne koncentracije makroelemenata u zrnu kukuruza sva tri lokaliteta iznosile su 3,09 g kg<sup>-1</sup> P, 0,39 g kg<sup>-1</sup> Ca, 1,11 g kg<sup>-1</sup> Mg te 4,14 g kg<sup>-1</sup> K. Prosječna koncentracija natrija sva tri lokaliteta iznosila je 273,6 mg kg<sup>-1</sup>, dok je prosječna koncentracija mikroelemenata iznosila 2,2 mg kg<sup>-1</sup> Cu, 16,56 mg kg<sup>-1</sup> Fe, 5,5 mg kg<sup>-1</sup> Mn te 21,77 mg kg<sup>-1</sup> Zn. Utvrđene prosječne koncentracije pojedinih elemenata slične su utvrđenim prosječnim koncentracijama elemenata u zrnu kukuruza koje navode brojni autori (Bressani i sur., 1989., Musa Özcan, 2006., Codling i sur., 2007., Batal i sur., 2010., Ndukwe i sur., 2015., Zhirkova i sur., 2016., Abebe i Chandravanshi, 2017.).

Iako su soja u 2016. godini i kukuruz u 2017. godini uzgajane na istim parcelama, gdje je koncentracija pojedinih elemenata u tlu za vrijeme istraživanja ostala nepromijenjena, vidljive su značajne razlike koncentracija pojedinih elemenata u zrnu soje u odnosu na koncentracije pojedinih elemenata u zrnu kukuruza. Navedeno ukazuje na činjenicu da različite biljke, pa čak i različite sorte unutar jedne vrste, različito usvajaju hraniva iz tla što je rezultat različite potrebe pojedine biljne vrste za hranivima te različite građe korijenovog sustava koji pogoduje ili ne pogoduje usvajanju određenog hraniva (Kovačević i Rastija, 2014.).

Prosječni sadržaj dušika u zrnu soje iznosio je 6,05 % na lokalitetu Osječak, 6,37 % na lokalitetu Gornja Dubica te 6,17 % na lokalitetu Harkanovci, dok je prosječni sadržaj dušika u zrnu kukuruza iznosio 0,88 % u zrnu s pokusa u Harkanovcima i Osječku te 0,96 % u zrnu s pokusa u Gornjoj Dubici. Navedene vrijednosti sadržaja dušika u zrnu soje i kukuruza približno odgovaraju vrijednostima koje navode Kastori (1983.), Derby i sur. (2005.) te Pažur (2015.), a koje iznose 6,5 do 7,0 % sadržaja dušika u zrnu soje, odnosno od 1,03 do 1,37 % sadržaja dušika u zrnu kukuruza. Salvagiotti i sur. (2008.) u svom istraživanju navode raspon sadržaja dušika u zrnu soje od 3,84 do 8,08 %. Primjena mikrobiološkog pripravka utjecala je na povećanje sadržaja dušika u zrnu kukuruza na svim lokalitetima, dok je učinak mikrobiološkog pripravka na sadržaj dušika u zrnu soje izostao.

#### 4.6.6 Korelacija između pojedinih makro i mikroelemenata u zrnu soje i kukuruza

U zrnu soje s varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka u Harkanovcima utvrđene su vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata Ca i Fe, Ca i Cu te između Mn i Mg, dok su u zrnu s varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka, utvrđene vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata K i Mg, Ca i Fe, Mg i Fe, Ca i Cu te Fe i Cu. U zrnu soje, uzgajane na varijantama bez primjene mikrobiološkog pripravka, s pokusa u

Osječku utvrđena je vrlo jaka pozitivna korelacija između elemenata Mg i Fe, dok je u zrnu soje, uzgajane na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka, utvrđena vrlo jaka pozitivna korelacija između elemenata K i Mg. Nadalje, u zrnu soje s varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka u Gornjoj Dubici utvrđene su vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata K i Zn te Mn i Zn, dok su u zrnu s varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka, utvrđene vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata K i Mg, P i K, P i Mg, K i Mn, Mg i Mn, K i Zn, Mg i Zn, Mn i Zn te Cu i Zn. U zrnu soje s varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka povećan je broj vrlo jakih pozitivnih korelacija između pojedinih elemenata u odnosu na varijante bez primjene mikrobiološkog pripravka što znači da je mikrobiološki pripravak pozitivno utjecao na pokretljivost i usvajanje pojedinih elemenata u zrnu soje. Navedeno potvrđuje činjenica da je u zrnu soje sa svih lokaliteta, a koja je uzgajana na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka, utvrđena vrlo jaka pozitivna korelacija ( $p < 0,001$ ) između elemenata K i Mg, koji su međusobni antagonisti. Pozitivnu korelaciju ( $p < 0,01$ ) između kalija i magnezija također su utvrdili Su i sur. (2014.).

U zrnu kukuruza s varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka u Harkanovcima, utvrđena je vrlo jaka pozitivna korelacija ( $p < 0,001$ ) između elemenata P i Fe, dok su u zrnu kukuruza s varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka utvrđene vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata Mg i Fe te Fe i Zn. U zrnu soje, s varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka u Osječku, utvrđene su vrlo jake pozitivne korelacije između elemenata P i Mg, K i Mn, Mg i Fe, K i Zn, Mn i Zn te Fe i Zn, dok su u zrnu s varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka utvrđene vrlo jake pozitivne korelacije između elemenata P i K, P i Mg, P i Mn, K i Mn, K i Mg Fe i Cu, K i Zn te između Mn i Zn. Nadalje, u zrnu kukuruza s varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka u Gornjoj Dubici utvrđene su vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata P i K, P i Mg te K i Mg, dok su u zrnu s varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka, utvrđene vrlo jake pozitivne korelacije ( $p < 0,001$ ) između elemenata P i K, P i Mg, P i Zn, K i Mg, K i Mn, Mg i Mn, K i Zn, Mg i Zn te između Mn i Zn. Broj vrlo jakih pozitivnih korelacija između elemenata veći je u zrnu s varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka u odnosu korelacije u zrnu s varijanti bez primjene mikrobiološkog pripravka što ukazuje na veću pokretljivost pojedinih elemenata uslijed primjene mikrobiološkog pripravka. Također, na lokalitetima s manjim koncentracijama lakopristupačnog fosfora, Gornja Dubica i Osječak, utvrđena je povećana korelacija fosfora s drugim elementima na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka.

Navedeno ukazuje na povećanu pokretljivost i pristupačnost fosfora uslijed primjene mikrobiološkog pripravka, a što je u skladu s početnom hipotezom o poboljšanju pristupačnosti i usvajanje fosfora. Najvjerojatnije je fosfor, čije je usvajanje u biljku kukuruza otežano zbog specifičnosti građe korijenovog sustava te niske koncentracije lakopristupačnog fosfora, posebice na lokalitetima Gornja Dubica i Osječak, usvajanje pomoću drugih elemenata kao što je magneziji. Tako Kiss (1989.a) navodi kako povećana opskrbljenost magnezijem ima pozitivan učinak na usvajanje aniona ( $\text{NO}_3^-$  i  $\text{PO}_4^{3-}$ ) u biljku. Također, Lityinski (1973.) navodi kako je primjena magnezija povećala usvajanje fosfora oko 2 puta te povećala protok fosfora u zrno. Navedeno se podudara s činjenicom da je koncentracija magnezija u tlu na lokalitetima Gornja Dubica i Osječak veća u odnosu na koncentraciju magnezija u tlu u Harkanovcima, također, koncentracija magnezija u zrnu kukuruza veća je u zrnu s lokaliteta Osječak i Gornja Dubica nego koncentracija magnezija u zrnu kukuruza s lokaliteta Harkanovci. Povećanu pokretljivost i pristupačnost fosfora potvrđuje i vrlo jaka pozitivna korelacija između fosfora i cinka, koji su međusobni antagonisti.

#### **4.7 Ekonomska analiza**

Prosječna dobit u 2016. godini po varijantama kretala je se od 6.301,22 kn ha<sup>-1</sup> do 8.119,82 kn ha<sup>-1</sup>, a najveća dobit ostvarena je na kontrolnoj varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka. U 2017. godini ostvarena je dobit na četiri varijante, a najveća je ostvarena na varijanti umanjene gnojidbe fosforom i iznosila je 312, 87 kn ha<sup>-1</sup>, dok su na varijantama preporučene gnojidbe zabilježeni gubitci. Visoki prihodi u 2016. godini rezultat su iznadprosječnih prinosa te visoke otkupne cijene soje, dok su prihodi u 2017. godini rezultat nižih prinosa i niže otkupne cijene kukuruza.

## 5. ZAKLJUČCI

Korišteni mikrobiološki pripravak poboljšao je pristupačnost i usvajanje fosfora na svim promatranim lokalitetima, gdje je uslijed gnojidbe fosforom i primjene mikrobiološkog pripravka došlo do povećanja koncentracije biljci pristupačne frakcije fosfora u tlu.

Povećanje pristupačnog fosfora u tlu dovelo je do povećanja usvajanja fosfora što se odrazilo na povećanje koncentracije fosfora u zrnu soje i kukuruza.

Utvrđene koncentracije makro i mikroelemenata u zrnu imale su pozitivnu korelaciju posebice na varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka.

Primjenom mikrobiološkog pripravka dio mineralnih gnojiva je zamijenjen te je povećana pristupačnost fosfora u tlima slabe opskrbljenosti. Tako su na kontrolnoj varijanti uz primjenu mikrobiološkog pripravka na lokalitetima Harkanovci i Osječak ostvareni najveći prinosi soje bez narušavanja kvalitete ploda. Također, smanjenje mineralne gnojidbe pri uzgoju kukuruza nije rezultirao značajnim razlikama prinosa i kvalitete zrna.

Primjena mikrobiološkog pripravka aktivirala je zalihe organskog fosfora u tlu te tako povećala pristupačnost ukupnog potencijalnog fosfora u tlu, posebice na tlima s većim sadržajem organske tvari kao što je u Osječku i Gornjoj Dubici. Povećanje količine mikrobiološki fiksiranog fosfora na tlima s većim sadržajem organske tvari bilo je veće nego na tlu s manjim sadržajem organske tvari. Ipak, mikrobiološka fiksacija fosfora intenzivnija je na tlima s većom koncentracijom lakopristupačnog fosfora.

Dobiveni podatci primjene mikrobiološkog pripravka i aplicirane mineralne gnojidbe na tlima sličnih pH vrijednosti, različite pristupačnosti fosfora i različitog sadržaja organske tvari u tlu mogu poslužiti kao podloga za kreiranje modela mineralizacije organskog fosfora te time doprinijeti preciznijem bilanciranju fosfora u tlu. Također, primjenom mikrobiološkog pripravka te reduciranom gnojidbom smanjuje se udio troška mineralnih gnojiva u ukupnim troškovima što rezultira povećanjem prihoda te smanjenjem ekonomskog opterećenja ratarske proizvodnje.

Smanjena upotreba mineralnih gnojiva kao i primjena mikrobiološkog pripravka nisu narušili klijavost sjemena kao najznačajnijeg pokazatelja kvalitete sjemena. Nadalje, provedena gnojidba i korišteni mikrobiološki pripravak nisu negativno utjecali na ostale parametre

kvalitete. Na varijantama uz primjenu mikrobiološkog pripravka zabilježeno je povećanje mase tisuću zrna soje i kukuruza te povećanje sadržaja ulja u zrnu soje.

Između pojedinih varijanti unutar jednog pokusa, u ovom istraživanju, nisu zabilježene statistički značajne razlike glede svih promatranih parametara, veće statistički značajne razlike zabilježene su između pojedinih lokaliteta, što je posljedica različitih tipova tala, različitih kemijskih i fizikalnih svojstava. Također, utjecaj vremenskih prilika bio je nepovoljniji u 2017. godini, posebice na lokalitetima u Bosni i Hercegovini gdje su ostvareni izrazito niski prinosi zrna kukuruza.

Korišteni mikrobiološki pripravak opravdano možemo smatrati jednom vrstom biofertilizatora. Međutim, njegovo bi djelovanje, posebice na tlima niže pH vrijednosti i slabe opskrbljenosti pristupačnim fosforom, bilo znatno izraženije, kad bi prethodno bile provedene meliorativne agrotehničke mjere kalcizacije, gnojidbe fosforom te organske gnojidbe.

Potrebna su dodatna i dugotrajnija istraživanja, na više različitih tipova tla, različitih kemijskih i fizikalnih svojstava kako bi što preciznije utvrdili utjecaj mikrobiološkog pripravka na kvalitativne i kvantitativne parametre određene biljke te na svojstva tla.

Isto tako, na parcelama na kojima se primjenjuje mikrobiološki pripravak, bilo bi uputno uzorkovati tlo tijekom vegetacije kako bi se dobio što bolji uvid u učinkovitost pripravka na povećanje pristupačnosti fosfora u tlu.



## 6. LITERATURA

Abebe, A., Chandravanshi, B.S. (2017.): Levels of essential and non-essential metals in the raw seeds and processed food (roasted seeds and bread) of maize/corn (*Zea mays* L.) cultivated in selected areas of Ethiopia. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*. 31(2): 185–199.

Afzal, A., Ashraf, A., Saeed, A., Asad Farooq, M. (2005.): Effect of phosphate solubilizing microorganisms on phosphorus uptake, yield and yield traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) in rainfed area. *International Journal of Agriculture and Biology*. 7 (2): 207-209.

Afzal, A., Bano, A. (2008.): Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*. 10: 85-88.

Afzal A., Bano A., Fatima M. (2010.): Higher soybean yield by inoculation with N-fixing and P-solubilizing bacteria. *Agronomy for Sustainable Development*. 30(2): 487–495.

Al-Jaloud, A.A., Hussain, G., Bashour, I. (1998.): Analytical methods: Evaluation and status of phosphorus fractionation in calcareous soils of Saudi Arabia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 33: 15-18.

Alori, E., Fawole, O., Afolayan, A. (2012.): Characterization of arbuscular mycorrhizal spores isolated from Southern Guinea Savanna of Nigeria. *Journal of Agricultural Science*. 4 : 13–19.

Alori, E.T., Glick, B.R., Babalola, O.O. (2017.): Microbial Phosphorus Solubilization and Its Potential for Use in Sustainable Agriculture. *Frontiers in Microbiology*. 8: 971.

Andersen, J.B., Koch, B., Nielsen, T.H., Sørensen, D., Hansen, M., Nybroe, O., Christophersen, C., Sørensen, J., Molin, S., Giskov, M. (2003.): Surface motility in *Pseudomonas* sp. DSS73 is required for efficient biological containment of the root – pathogenic microfungi *Rhizoctonia solani* and *Pythium ultimum*. *Microbiology*. 149: 37-46.

Antić, M., Jović, N., Avdalović, V. (1982.): *Pedologija*. Novi dani. Beograd.

Azziz, G., Bajsa, N., Haghjou, T., Taulé, C., Valverde, A., Igual, J. (2012): Abundance, diversity and prospecting of culturable phosphate solubilizing bacteria on soils under crop–pasture rotations in a no-tillage regime in Uruguay. *Applied Soil Ecology*. 61: 320–326.

- Babalola, O.O., Glick, B.R. (2012.a): Indigenous African agriculture and plant associated microbes: current practice and future transgenic prospects. *Scientific Research and Essays*. 7: 2431–2439.
- Babalola, O.O., Glick, B.R. (2012.b): The use of microbial inoculants in African agriculture: current practice and future prospects. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 10: 540–549.
- Banaj, D., Kovačević, V., Šimić, D., Šeput, M., Stojić, B. (2006.): Phosphorus impacts on yield and nutritional status of maize. *Cereal Research Communications*. 34(1): 393-396.
- Banik, S., Dey, B.K. (1982.): Available phosphate content of an alluvial soil is influenced by inoculation of some isolated phosphate-solubilizing microorganisms. *Plant and Soil*. 69: 353–64.
- Bashan, Y., de-Bashan, L.E., Prabhu, S.R., Hernandez, J-P. (2014.): Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and Soil*. 378: 1-33.
- Batal, A.B., Dale, N.M., Saha, U.K. (2010.): Mineral composition of corn and soybean meal. *Journal of Applied Poultry Research*. 19: 361-364.
- Bergmann, W. (1992.): *Nutritional Disorders of Plants – Development, Visual and Analytical Diagnosis*. Gustav Fischer Verlag Jena - Stuttgart – New York.
- BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. (2013.): *Phosphat – Mineralischer Rohstoff und unverzichtbarer Nährstoff für die Ernährungssicherheit weltweit*. Im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). BGR, Hannover, DE.
- Bhattacharyya, P.N., Jha, D.K. (2012.): Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 28: 1327–1350.
- Bielecki, R.L. (1973.): Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. *Annual Review of Plant Physiology*. 24: 225–252.

- Bisht, S., Pandey, P., Bhargava, B., Sharma, S., Kumar, V., Sharma, K.D. (2015.): Bioremediation of polyaromatic hydrocarbons (PAHs) using rhizosphere technology. *Brazilian Journal of Microbiology*. 46(1): 7–21.
- Blume, H.P., Brümmer, G.W. Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K., Wilke, B.M. (2010.): Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde; 16. Aufl. 2010, XIV, 570 S., Springer Spektrum.
- Bressani, R., Breuner, M., Ortiz, M.A. (1989.): Contenido fibra ácido- y neutron-detergente y de minerales menores en maíz y su tortilla. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 39: 382-391.
- Brouwer, W. (1972.): Handbuch des speziellen Pflanzenbaues 1. Paul Parey in Berlin und Hamburg. Verlag fuer Landwirtschaft, Veterinarmedizin, Gartenbau und Forstwesen. Berlin.
- Cassán, F., Perrig, D., Sgroy, V., Masciarelli, O., Penna, C., Luna, V. (2009.): *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). *European journal of soil biology*. 45: 28-35.
- Chan, K.Y., Dorahy, C., Wells, T., Fahey, D., Donovan, N., Saleh, F., Barchia, I. (2008.): Use of garden organic compost in vegetable production under contrasting soil P status. *Australian journal of Agriculture Research*. 59(4): 374-382.
- Codling, E.E., Mulchi, C.L., Chaney, R.L. (2007.): Grain Yield and Mineral Element Composition of Maize Grown on High Phosphorus Soils Amended with Water Treatment Residual. *Journal of Plant Nutrition*. 30: 225–240.
- Cortez, A., Wild-Altamirano, C. (1972.): Contributions to the lime treated corn flour technology. Nutritional Improvement of Maize. Editors Bressani, R., Braham, J.E., Behar, M. INCAP Pub. 4: 99-106.
- Couillerot, O., Prigent-Combaret, C., Caballero-Mellado, J., Moënne-Loccoz, Y. (2009.): *Pseudomonas fluorescens* and closely-related fluorescent pseudomonads as biocontrol agents of soil-borne phytopathogens. *Letters in Applied Microbiology*. 48: 505–512.

Cycoń, M., Wójcik, M., Piotrowska-Seget, Z. (2009.): Biodegradation of the organophosphorus insecticide diazinon by *Serratia* spp. and *Pseudomonas* spp. and their use in bioremediation of contaminated soil. *Chemosphere*. 76: 494–501.

Daniels, M., Daniel, T., Carman, D., Morgan, R., Langston, J., VanDevender, K. (1998.): Soil Phosphorus Levels: Concerns and Recommendations. Agriculture and Natural Resources. University of Arkansas Division of Agriculture, Little Rock, AR.

David, P., Raj, R.S., Linda, R., Rhema, S.B. (2014.): Molecular characterization of phosphate solubilizing bacteria (PSB) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) from pristine soils. *International Journal of Innovative Science, Engineering Technology*. 1: 317–324.

Derby, N.E., Steele, D.D., Terpstra, J., Knighton, R.E., Casey, F.X.M. (2005.): Interactions of nitrogen, weather, soil, and irrigation on corn yield. *Agronomy Journal*. 97: 1342–1351.

Deubelet, A., Gransee, A., Merbach, W. (2000.): Transformation of organic rhizodepositions by rhizosphere bacteria and its influence on the availability of tertiary calcium phosphate. *Journal of Plant Nutrition Soil Science*. 163: 387–392.

Di Simine, C.D., Sayer, J.A., Gadd, G.M. (1998.): Solubilization of zinc phosphate by a strain of *Pseudomonas fluorescens* isolated from a forest soil. *Biology and Fertility of Soils*. 28: 87–94.

Egner, H., Riehm, H., Domingo, W.R. (1960.): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden II. Chemische extraktionsmethoden zu Phosphor- und Kaliumbestimmung. *K. Landw. Hogsk. Annlr.* 26: 199- 215.

EMBRAPA (2008.): Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil, 2008. Londrina. 280.

Etiosa, R.O., Chiks, N.B., Benedicta, A. (2017.): Mineral and Proximate Composition of Soya Bean. *Asian Journal of Physical and Chemical Sciences*. 4(3): 1- 6.

Fankem, H., Ngo Nkot, L., Deubel, A., Quinn, J., Mehrbach, W., Etoa, F.X., Nwaga, D. (2008.): Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of

*Pseudomonas fluorescens* isolated from acid soils of Cameroon. African Journal of Microbiology Research. 2: 171-178.

FAO. (2014.): World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, World Soil Resources Reports No 106, FAO, Rome.

FAOSTAT, FAO Statistic Division (2018.); <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, [10.12.2018.]

Fasim, F., Ahmed, N., Parsons, R., Gadd, G.M. (2002.): Solubilization of zinc salts by bacterium isolated by the air environment of tannery. FEMS Microbiology Letters. 213: 1–6.

Filho, M.M., Destro, D., Miranda, L.A., Spinosa, W.A., Carrão-Panizzi, M.C., Montalván, R. (2001.): Relationships among oil content, protein content and seed size in soybeans. Brazilian Archives of Biology Technology. 44:23-32.

Fliessbach, A., Winkler, M., Lutz, M.P., Oberholzer, H.R., Mader, P. (2009.): Soil amendment with *Pseudomonas fluorescens* CHA0: lasting effects on soil biological properties in soils low in microbial biomass and activity. Microbial Ecology. 57: 611–623.

Garcia, C., Fernandez, T., Costa, F., Cerranti, B., Masciandaro, G. (1993.): Kinetics of phosphatase activity in organic wastes. Soil Biology and Biochemistry. 25: 561–565.

Garrett, S.D. (1981.): Soil fungi and soil fertility – An introduction to soil mycology. 2nd ed. Pergamon international library, Oxford.

Geetha, M., Saranraj, P., Mahalakshmi, S., Reetha, D. (2012.): Screening of pectinase producing bacteria and fungi for its pectinolytic activity using fruit wastes. International Journal of Biochemistry and Biotechnology Sciences. 1: 30-42.

Gholami, A., Shahsavani, S., Nezarat, S. (2009.): The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Germination, Seedling Growth and Yield of Maize. International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering. 3(1): 9-14.

Ghorbani, R., Koocheki, A., Jahan, M., Asadi, G.A. (2008.): Impact of organic amendments and compost extracts on tomato production and storability in agroecological systems. Agronomy for Sustainable Development. 28(2): 307-311.

- Goldstein, A.H. (1986.): Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. *American Journal of Alternative Agriculture*. 1(2): 51–57.
- Goldstein, A.H. (1994.): Involvement of the quinoprotein glucose dehydrogenase in the solubilization of exogenous mineral phosphates by Gram negative bacteria. In: Torriani-Gorni A, Yagil E, Silver S (eds) *Phosphate in microorganisms: cellular and molecular biology*. ASM Press, Washington, 197–203.
- Goldstein, A.H., Rogers, R.D., Mead, G. (1993.): Mining by microbe. *Bio/Technology*. 11: 1250–1254.
- Gorai, M., Neffati, M. (2007.): Germination responses of *Reaumuria vermiculata* to salinity and temperature. *Annals of Applied Biology*. 151: 53-59.
- 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. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*. 3(18): 151-156.
- Gwosdz, W., Röhling, S., Lorenz, W. (2006.): Bewertungskriterien für Industriemineralien, Steine und Erden, *Geologisches Jahrbuch* 12/2006. Hannover, 2006. 23 – 40.
- Haas, D., Defago, G. (2005.): Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nature Reviews Microbiology*. 3: 307-319.
- Habineza, A., Zhai, J., Mai, T., Mmereki, D., Ntakirutimana, T. (2017.): Biodegradation of 2, 4, 6-trinitrotoluene (TNT) in contaminated soil and microbial remediation options for treatment. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 61(3): 171-187.
- Halder, A.K., Chakrabarty, P.K. (1993.): Solubilization of inorganic phosphate by *Rhizobium*. *Folia Microbiologica*. 38: 325–30.
- Haghi, Y., Boroomandan, P., Moradin, M., Hassankhali, M., Farhadi, P., Farsaei, F., Dabiri, S. (2012.): Correlation and path analysis for yield, oil and protein content of Soybean (*Glycine max* L.) genotypes under different levels of nitrogen starter and plant density. *Biharean Biologist*. 6: 32-37.

- Halder, A.K., Mishra, A.K., Bhattacharyya, P., Chakrabartty, P.K. (1990.): Solubilization of rock phosphate by Rhizobium and Bradyrhizobium. *Journal of General and Applied Microbiology*. 36: 81–92.
- Harley, J.L. (1969.): *The Biology of Mycorrhiza*, 2nd ed., Leonard Hill, London.
- Harrington, J.F. (1960.): Germination of seeds from carrot, lettuce, and pepper plants grown under severe nutrient deficiencies. *Hilgardia*. 30:219-235.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., Nelson, W.L. (2005): *Soil Fertility and Fertilizers: an introduction to nutrient management* (seventh edition). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Hayat, R., Safdar Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I. (2010.): Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion A review. *Annals of Microbiology*. 60: 579–598.
- Heckrath, G., Brookes, P.C., Poulton, P.R., Goulding, K.W.T. (1995.): Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk Experiment. *Journal of Environmental Quality*. 24: 904-910.
- Hesketh, N., Brookes, P.C. (2000.): Development of an indicator for risk of phosphorus leaching. *Journal of Environmental Quality*. 29: 105-110.
- Higa, T., Parr, J.F. (1994.): *Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment*. Vol. 1, International Nature Farming Research Center, Atami, Japan.
- Higa, T., Wididana, G.N. (1991.b): Changes In the soil microflora Induced by effective microorganisms. In J.F. Parr, S.B. Hornick, and C.E. Whitman (ed.) *Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming*. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA. 153-162.
- Hinsinger, P. (2001.): Bio-availability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root induced chemical changes: A review. *Plant and Soil*. 237: 173-195.
- Hooker, A.L. (1955.): Additional seed factors affecting stands of corn in cold soils. *Agronomy Journal*. 47: 582-585.

Hymowitz, T., Collins, F. I., Panczner, J., Walker, W.M. (1972.): Relationship Between the Content of Oil, Protein, and Sugar in Soybean Seed<sup>1</sup>. *Agronomy Journal*. 64: 613–616.

Ibrahim, K.A., Elsheikh, E.A., Babiker, E.E. (2008.): Minerals composition of soybean (*Glycine max* L.) seeds as influenced by Bradyrhizobium inoculation and chicken manure or sulphur fertilization. *Pakistan Journal of Nutrition*. 7: 793-800.

IFA – International Fertilizer Institute. (2018.): <https://www.fertilizer.org/> [ 09.08.2018.].

Illmer, P., Schinner, F. (1992.): Solubilization of inorganic phosphates by microorganisms isolated from forest soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 24: 389–395.

ISTA (2017.): International Rules for Seed Testing. The International Seed Testing Association (ISTA). Bassersdorf, Switzerland.

ISTA Germination Committee. (2006.): Ronnie Don (ed): Handbook on Seedling Evaluation, 3rd Edition, International Seed Testing Association, Switzerland.

Istina, I.N., Widiastuti, H., Joy, B., Antralina, M. (2015.): Phosphatesolubilizing microbe from Saprists peat soil and their potency to enhance oil palm growth and P uptake. *Procedia Food Science*. 3: 426–435.

Iwaishi, S. (2001.): Effect of organic fertilizer and effective microorganisms on growth, yield and quality of paddy-rice varieties. *Journal of Crop Production*. 3(1): 269-273.

Jahan, M., Mahallati, M.N., Amiri, M.B., Ehyayi, H.R. (2013.): Radiation absorption and use efficiency of sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input cropping system. *Industrial Crops and Products*. 43: 606–611.

JDPZ (1967.): Metodika terenskog ispitivanja zemljišta i izrade pedoloških karata. Priručnik. Beograd.

Johri, J.K., Surange, S., Nautiyal, C.S. (1999.): Occurrence of salt, pH and temperature tolerant phosphate solubilizing bacteria in alkaline soils. *Current Microbiology*. 39: 89–93.

Jovičić, D., Nikolić, Z., Petrović, D., Ignjatov, M., Taški-Ajduković, K., Tatić, M. (2011.): Uticaj abiotičkih faktora na klijanje i klijavost semena. Zbornik referata sa 45. Savetovanja agronoma Srbije. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. 163-170.



- Kadar, I., Ragalyi, P., Lončarić Z., Kovačević, V. (2010.): Residual effect of superphosphate on a calcareous chernozem soil. Proceedings of 45th Croatian and 5th International Symposium of Agriculture, Opatija 15-19 February 2010. (Maric S. and Lončarić Z. Editors), Faculty of Agriculture in Osijek. 766-770.
- Khan, M.S., Zaidi, A, Wani, P. (2007.): Role of phosphate solubilizing microorganisms in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 27: 29-43.
- Kang, S.C., Ha, C.G., Lee, T.G., Maheshwari, D.K. (2002.): Solubilization of insoluble inorganic phosphates by a soil-inhabiting fungus *Fomitopsis* sp. PS 102. *Current Science*. 82: 439-442.
- Karalić, K., Lončarić, Z., Ivezić, V., Popović, B., Engler, M., Kerovec, D., Zebec, V. (2016.): The total and available concentrations of essential trace elements in agricultural soils of eastern Croatia. *Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo*. 21(1): 263-269.
- Kastori, R. (1983.): *Uloga elemenata u ishrani biljaka*. Matica Srpska, odeljenje za prirodne nauke. Novi Sad.
- Kim, K.Y., Jordan, D., Kirshanan, H.B. (1997.a): *Rahnella aquatilis*, a bacterium isolated from soybean rhizosphere, can solubilize hydroxyapatite. *FEMS Microbiology Letters*. 153: 273-277.
- Kisilowa, J.G. (1958.): Der Einfluss verschiedener Temperaturen auf die Prozesse des Quellens und Keimens bei Maiskoernern (Russ.) *Bull. ukrain. Forsch. Inst. Pflanzenbau, Zuechtung, Genetik*. 3: 80-84.
- Kiss, A.S. (1989.a): Antagonism of magnesium and aluminium in bean and wheat. *Acta Agronomica Hungarica*. 38: 219-229.
- Kleese, R.A., Rasmusson, D.C., Smith, L.H. (1968.): Genetic and environmental variation in mineral element accumulation in barley, wheat and soybeans. *Crop Science*. 8: 591-593.
- Kovač, D., Milošević, M., Dokić, V., Vujaković, M., Balešević-Tubić, S., Petrović, D., Taški-Ajduković, K. (2009.): Uticaj agrometeoroloških uslova na kvalitet semena soje. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* 46: 121-127.

Kovacević, V., Bertić, B., Josipović, M. (1992.): Kalcizacija i fosfatizacija kao faktori proizvodnje kukuruza u istočnoj bosanskoj Posavini. Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj tehnologiji. 22(2): 331-342.

Kovačević, V., Josipović, M. (2005.): Maize yield variations among the years in the eastern Croatia. Proceedings of the XL Croatian Symposium on Agriculture with International Participation (S. Jovanovac and V. Kovacevic Editors), 6-19 February 2005, Opatija, Croatia, 455 – 456.

Kovačević, V., Jović, J. (2015.): Fosfor kao faktor ograničenja plodnosti tla na području sjeverne Bosne. Treći međunarodni naučno-stručni simpozij „Poljoprivredna proizvodnja i zaštita okoliša u funkciji razvoja ruralnih područja“. Pargan, Mehmed (ur.). Tuzla : Centar za tehnologiju, ekologiju i zdravu hranu Tuzla, Udruženje hemičara Tuzlanskog kantona, Tehnološki Fakultet UNTZ, Prirodno-matematički Fakultet UNTZ, Ministarstvo obrazovanja, nauke, kulture i sporta, Edukativni Centar BEC Tuzla. 194-206.

Kovačević, V., Rastija, M. (2014.): Žitarice. Sveučilišni udžbenik. Sveučilište J. J. Strossmayera Osijek. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek, 2014.

Kovačević, V., Rastija, M., Rastija, D., Josipović, M., Šeput, M. (2006.): Response of maize to fertilization with KCl on gleysol of Sava valley area. Cereal Research Communication. 34(2-3): 1129-1135.

Krishnan, V. (2013.): Fertilizer Policy: Addressing Concerns of Need and Accessibility. An Indian Small Farmer Perspective Global TraPs; (neobjavljeno).

Kristek, S., Kristek, A., Guberac, V., Glavaš-Tokić, R., Pavlović, H. (2006.): Influence of sugar beet seed treatment with *Pseudomonas fluorescens* and low fungicide doses on infection with *Pythium* and plant yield and quality. Journal of Phytopathology-Phytopathologische Zeitschrift. 154(10): 622-625.

Kristek, S., Lenart, L., Jović, J., Marček, T., Zmaić, K., Rešić, I., Rašić, S. (2017.): The influence of benefit microorganisms on yield and quality of soybean grains under conditions of reduced nitrogen fertilization. Poljoprivreda. 23(2): 25-30.

Krueger, K. (2011.): Effects of phosphorus and potassium fertilization rate and placement method on soybean (*Glycine max* L.) seed quality and long-term storability. Iowa State University. Graduate Theses and Dissertations.

Kumar, S., Bauddh, K., Barman, S.C., Singh, R.P. (2014.): Amendments of microbial bio fertilizers and organic substances reduces requirement of urea and DAP with enhanced nutrient availability and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ecological Engineering*. 71: 432–437.

Kumar, V., Singh, K.P. (2001.): Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Bioresource Technology*. 76: 173–175.

Lee, C.H., Kempf, H.J., Lim, Y., Cho, H. (2000.): Biocontrol activity of *Pseudomonas cepacia* AF2001 and anthelmintic activity of its novel metabolite, cepacidine A. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 10: 568-571.

Lee, C.H., Wu, M.Y., Asio, V.B., Chen, Z.S. (2006.): Using a soil quality indeks to assess the effects of applying swine manure compost on soil quality under a crop rotation system in Taiwan. *Soil Science*. 171(3): 210-222.

LeVan, N.A., Goggi, A.S., Mullen, R.E. (2008.): Improving the reproducibility of soybean standard germination test. *Crop Science*. 48: 1933-1940.

LfULG - Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2013.): Verbesserung der P-Effizienz im Pflanzenbau. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Schriftenreihe des LfULG, Heft 9/2013, Dresden, DE.

Lityński, T. (1973.): Rola magnezu w życiu roślin, zwierząt i ludzi. Rol magnija w żizni rastienij, żiwotnych i ludiej. Magnesium Role in Plant, Animal and Human Life. Zeszyty problemowe Postępó Nauk rolnicznych. 149: 23-35.

Liu, T.S., Lee, L.Y., Tai, C.Y., Hung, C.H., Chang, Y.S., Wolfram, J.H., Rogers, R., Goldstein, A.H. (1992.): Cloning of an *Erwinia herbicola* gene necessary for gluconic acid production and enhanced mineral phosphate solubilization in *Escherichia coli* HB101: Nucleotide sequence and probable involvement in biosynthesis of the coenzyme pyrroloquinoline quinone. *Journal of Bacteriology*. 174(18): 5814–5819.

Lončarić, Z. (2009.): Analize tla i gnojiva. Praktikum za studente Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku. str. 15.

Lončarić, Z. (2016.): Plodnost tala i gnojidba. XI Savjetovanje uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj. Zbornik predavanja. Bulić, Vesna (ur.). Zagreb. Hrvatska poljoprivredna agencija, 27-33.

Lončarić, Z., Karalić, K. (2015.): Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih usjeva. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek.

Lončarić, Z., Karalić, K., Popović, B., Rastija, D., Vukobratović, M. (2008.): Total and plant available micronutrients in acidic and calcareous soils in Croatia. Cereal Research Communications. 36: 331-334.

Lončarić, Z., Kovačević, V., Šeput, M., Šimić, B., Stojic, B. (2005.): Influences of fertilization on yield and nutritional status of maize. Cereal Research Communications. 33(1): 259-262.

Lončarić, Z., Parađiković, N., Popović, B., Lončarić, R., Kanisek, J. (2015.): Gnojidba povrća, organska gnojidba i kompostiranje. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Osijek.

Lončarić, Z., Rastija, D., Popović, B., Karalić, K., Ivezić, V., Zebec, V. (2014.): Uzorkovanje tla i biljke za agrokemijske i pedološke analize. Poljoprivredni fakultet, Osijek.

Lončarić, Z., Vukobratović, M., Popović, B., Karalić, K., Vukobratović, Ž. (2009.): Computer model for evaluation of plant nutritional and environment values of organic fertilizers. Cereal research communications. 37: 617-620.

Mahdi, S.S., Hassan, G.I., Hussain, A., Rasool, F. (2011.): Phosphorus availability issue: Its fixation and role of phosphate solubilizing bacteria in phosphate solubilization – Case study. Research Journal of Agricultural Sciences. 2: 174-179.

Majdančić, M., Bašić, M., Salkić, B., Kovačević, V., Rastija, M., Jović, J. (2016.): Weather conditions and yield of wheat in Bosnia and Herzegovina with emphasis on climatic change and Tuzla Canton. Journal of Agriculture and Ecology Research International. 7(2): 1-9.

- Mamta, R.P., Pathania, V., Gulati, A., Singh, B., Bhanwra, R.K., Tewari, R. (2010.): Stimulatory effect of phosphate-solubilizing bacteria on plant growth, stevioside and rebaudioside-A contents of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Applied Soil Ecology*. 46: 222–229.
- Mascher, F., Moënné-Loccoz, Y., Schnider-Keel, U., Keel, C., Haas, D., Défago, G. (2002.): Inactivation of the regulatory gene *algU* or *gacA* can affect the ability of biocontrol *Pseudomonas fluorescens* CHA0 to persist as culturable cells in nonsterile soil. *Applied and Environmental Microbiology*. 68: 2085–2088.
- Mengel, K., Kirkby, E.A. (2001.): *Principles of Plant nutrition* (5th Edition). Kluwer Academic publishers. Dordrecht, Boston, London.
- Mesić, H., Bakšić, D., Bašić, F., Čidić, A., Durn, G., Husnjak, S., Kisić, I., Klaić, D., Komesarović, B., Mesić, M., Pernar, N., Pilaš, I., Romić, D., Vrbek, B., Zgorelec, Ž. (2008.): *Program trajnog motrenja tala Hrvatske*. Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb.
- Mesić, M., Husnjak, S., Bašić, F., Kisić, I., Gašpar, I. (2009.): Excessive Soil Acidity as a Negative Factor for Development of Croatian Agriculture. *Proceedings of the 44th Croatian & 4th International Symposium on Agriculture, February 2009 Opatija* (Maric S. and Loncaric Z. Editors). Faculty of Agriculture, University J. J. Strossmayer in Osijek. 9-18.
- Miladinović, J., Hrustić, M., Vidić, M., Balešević-Tubić, S., Đorđević, V., Đukić, V. (2009.): Soybeans production in Serbia in 2008. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad*. 46: 271-276.
- Mosse, B. (1973.): Advances in the study of vesicular – arbuscular mycorrhiza. *Annual Review of Phytopathology*. 11: 171 – 196.
- Musa Özcan, M. (2006.): Determination of the mineral compositions of some selected oil-bearing seeds and kernels using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES). *Grasas y Aceites*. 57(2): 211-218.
- Muthaura, C., Musyimi, D.M., Ogur, J.A., Okello, S.V. (2010.): Effective microorganisms and their influence on growth and yield of pigweed (*Amaranthus dubians*). *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*. 5(1): 17-22.

Nahas, E. (1996.): Factors determining rock phosphate solubilization by microorganisms isolated from soil. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 12: 567–572.

Nautiyal, C.S., Bhadauria, S., Kumar, P., Lal, H., Mondal, R., Verma, D. (2000.): Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from alkaline soils. *FEMS Microbiology Letters*. 182: 291–296.

Ndukwe, O.K., Edeoga, H.O., Omosun, G. (2015.): Varietal differences in some nutritional composition of ten maize (*Zea mays* L.) varieties grown in Nigeria. *International Journal of Academic Research and Reflection*. Progressive Academic Publishing, UK.3(5): 1-11.

Nielsen, T.H., Christophersen, C., Anthoni, U., Sørensen, J. (1999.): Viscosinamide, a new cyclic depsipeptide with surfactant and antifungal properties produced by *Pseudomonas fluorescens* DR54. *Journal of Applied Microbiology*. 87: 80-90.

Nielsen, T.H., Sørensen, D., Tobiasen, C., Andersen, J.B., Christophersen, C., Giskov, M., Sørensen, J. (2002.): Antibiotic and biosurfactant properties of cyclic lipopeptides produced by fluorescent *Pseudomonas* spp. from the sugar beet rhizosphere. *Applied and Environmental Microbiology*. 68: 3416-3423.

Nielsen, T.H., Thrane, C., Christophersen, C., Anthoni, U., Sørensen, J. (2000.): Structure, production characteristics and fungal antagonism of tensin – a new antifungal cyclic lipopeptide from *Pseudomonas fluorescens* strain 96.578. *Journal of Applied Microbiology*. 89: 992–1001.

NPM – Nutrient and Pest Management Program. (2004.): *Understanding Soil Phosphorus*. University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension College of Agricultural and Life Sciences, University of Wisconsin-Madison. Madison, WI.

Okiljevic, V., Predic, T., Lukic, R., Markovic, M. (1997.): Agricultural soils of Republic Srpska. *Agroznanje*. 1(1): 15-23.

Oteino, N., Lally, R.D., Kiwanuka, S., Lloyd, A., Ryan, D., Germaine, K.J., Dowling, D.N. (2015.): Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic *Pseudomonas* isolates. *Plant Biotic Interactions: A section of the Journal Frontiers in Microbiology*. 6: 1-9.

- Parani, K., Saha, B.K. (2012.): Prospects of using phosphate solubilizing *Pseudomonas* as bio fertilizer. *European Journal of Biological Sciences*. 4(2): 40-44.
- Park, M.S., Han, J.H., Yoo, S.S., Lee, E.Y., Lee, S.G., Park, S. (2005.): Degradation of Styrene by a New Isolate *Pseudomonas putida* SN1. *Korean Journal of Chemical Engineering*. 22(3): 418-424.
- Park, K.H., Son, H.J. (2006.): Isolation and characterization of insoluble phosphate-solubilizing bacteria with antifungal activity. *Korean Journal of Microbiology*. 42: 223–239.
- Park, K.H., Park, G.T., Kim, S.M., Lee, C.Y., Son, H.J. (2008.): Conditions for soluble phosphate production by environment-friendly biofertilizer resources *Pseudomonas fluorescens*. *Journal of Environmental Science*. 17: 1033–1037.
- Park, K.H., Lee, C.Y., Son, H.J. (2009.): Mechanism of insoluble phosphate solubilization by *Pseudomonas fluorescens* RAF15 isolated from ginseng rhizosphere and its plant growth-promoting activities. *Letters in Applied Microbiology*. 49: 222–228.
- Parker, M.B., Boswell, F.C., Ohki, K., Shuman, M., Wilson, D.O. (1981.): Manganese effects on yield and nutrient concentration in leaves and seed of soybean cultivars. *Agronomy Journal*. 73: 643–646.
- Parr, J.F., Hornick, S.B., Simpson, M.E. (1997.): Editors, Proceedings of the 3rd International Conference on Kyusei Nature Farming, USDA, Washington DC, USA : 296.
- Paul, E.A., Clark, F.E. (1988.): *Soil Microbiology and Biochemistry*. San Diego, CA: Academic Press, 1988.
- Paulitz, T.C., Anas, O., Fernando, D.G. (1992.): Biological control of *Pythium* damping-off by seed-treatment with *Pseudomonas putida*: Relationship with ethanol production by pea and soybean seeds. *Biocontrol Science and Technology*. 2(3): 193-201.
- Pažur, J. (2015.): Analiza kvantitativnih i kvalitativnih pokazatelja zrna kukuruza proizvodno demonstracijskog pokusa na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima 2013. Završni rad. Križevci.
- Péchy-Tarr, M., Bruck, D.J., Maurhofer, M., Fischer, E., Vigne, C., Henkels, M.D., Donahue, K.M., Grunder, J., Loper, J.E., Keel, C. (2008.): Molecular analysis of a novel gene cluster

encoding an insect toxin in plant-associated strains of *Pseudomonas fluorescens*. *Environmental Microbiology*. 10: 2368–2386.

Peix, A., Rivas, R., Mateos, P.F., Martinez-Molina, E., Rodriguez-Barrueco C., Velazquez, E. (2003.): *Pseudomonas rhizosphaerae* spp. nov., a novel species that actively solubilizes phosphate in vitro. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 53: 2067–2072.

Pepó, P. (2013.): *Applied Genetics and Biotechnology*. University of Debrecen, Service Sciences Methodology Centre. Debrecen, 2013.

Pešić, B.R. (s.a.): *Agrohemija (skripta)*. Savez studenata Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu. Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu.

Popović, B., Lončarić, Z., Karalić, K., Semialjac, Z., Pećar, N. (2015.): The potential of organic phosphorus in acidic soils of eastern Slavonia. *Proceedings of the 9th International Symposium on Plant-Soil Interactions at Low pH*. Lončarić, Z., Kochian, L. (ur.). Osijek: Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. 37-37.

Popovic, B., Loncaric, Z., Rastija, D., Karalic, K., Iljkic, D. (2010.): Ameliorative PK-fertilization and liming impacts on soil status. IX. Alps-Adria Scientific Workshop. Špičák, Czech Republic, 59: 9-12.

Postma, J., Nijhuis, E.H., Someus, E. (2010.): Selection of phosphorus solubilizing bacteria with biocontrol potential for growth in phosphorus rich animal bone charcoal. *Applied Soil Ecology* 46: 464–469.

Pradhan, N., Sukla, L.B. (2005.): Solubilization of inorganic phosphate by fungi isolated from agriculture soil. *African Journal of Biotechnology*. 5: 850-854.

Price, G. (2006.): *Australian Soil Fertility Manual*, 3rd Edition, Fertilizer Industry Federation of Australia and CSIRO. P 45 za grafikon.

Raboy, V., Dickinson, D.B., Below, F.E. (1984.): Variation in seed total phosphorus, phytic acid, zinc, calcium, magnesium, and protein among lines of *Glycine max* and *G. soja*. *Crop Science*. 24: 431–434.



Raghothama, K.G. (1999.): Phosphate acquisition. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 50: 665–693.

Rastija, D. (2014.): Plodnost i opterećenost tala u pograničnom području. Poljoprivredni fakultet, Osijek.

Rastija, M., Jović, J., Dokić, N., Iljkić, D. (2013.): Weather conditions impacts on maize grain yields in Vukovar-Syrmia County (Croatia) and Posavina Canton (Federation of Bosnia and Herzegovina). Proceedings 24th International Scientific expert Conference in Agriculture and Food Industry. Milenko Blesić (ur.). Sarajevo. Faculty of Agriculture and Food Science of University in Sarajevo. Faculty of Agriculture of Ege University Izmir. 500-503.

Rastija, M., Kovačević, V., Vratarić, M., Sudarić, A., Krizmanić, M. (2006.): Response of maize and soybeans to ameliorative fertilization in Bjelovar-Bilogora county. Cereal Research Communications. 34(1): 641-644.

Rengel, Z. (2003.): Handbook of soil acidity. Marcel Dekker, Inc. New York – Basel.

Resulovic, H., Custovic, H. (2002). Pedologija, Opšti dio (knjiga 1). Soil Sciency, General Part (book 1). University of Sarajevo.

Richardson, A.E. (1994.): Soil microorganisms and phosphorous availability. In Pankhurst, CE., Doube, BM., Gupta, VVSR. (eds). Soil Biota. Management in Sustainable Farming Systems. CSIRO, Victoria, Australia. 50–62.

Rodriguez, H., Fraga, R. (1999.): Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances. 17: 319-339.

Romić, M., Romić, D. (2003.): Heavy metals distribution in agricultural topsoils in urban area. Environmental Geology. 43(7): 795-805.

Rosado, A.S., De Azevedo, F.S., da Cruz, D.W., Van Elsas, J.D., Seldin, L. (1998.): Phenotypic and genetic diversity of *Paenibacillus azotofixans* strains isolated from the rhizosphere soil of different grasses. Journal of Applied Microbiology. 84: 216–226.

Ruffner, B., Péchy-Tarr, M., Ryffel, F., Hoegger, P., Obrist, C., Rindlisbacher, A., Keel, C., Maurhofer, M. (2012.): Oral insecticidal activity of plant-associated Pseudomonads. Environmental Microbiology. 15(3): 58-69.

- Runge-Metzger, A. (1995.): Closing the cycle: obstacles to efficient P management for improved global security. In: Tiessen H, ed. Phosphorus in the global environment. Chichester, UK. John Wiley and Sons Ltd. 27–42.
- Salih, H.M., Yahya, A.Y., Abdul-Rahem, A.M., Munam, B.H. (1989.): Availability of phosphorus in a calcareous soil treated with rock phosphate or superphosphate as affected by phosphate dissolving fungi. *Plant and Soil*. 120: 181–185.
- Salvagiotti, F., Cassman, K.G., Specht, J.E., Walters, D.T., Weiss, A., Dobermann, A. (2008.): Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Research*. 108: 1-13.
- Schulte, E.E., Kelling, K.A. (1992.): Understanding plant nutrients: Soil and Applied Phosphorus. University of Wisconsin Extension publications. no. A2520.
- Seshachala, U., Tallapragada, P. (2012.): Phosphate solubilizers from the rhizosphere of *Piper nigrum* L. in Karnataka, India. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 72: 397–403.
- Setti, L., Lanzarini, G., Pifferi, P.G. (1995.): Dibenzothiophene biodegradation by a *Pseudomonas* sp. in model solutions. *Process Biochemistry*. 30: 721-728.
- Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H., Gobi, T.A. (2013.): Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springerplus* 2: 587–600.
- Shaw, R.H. (1988.): Climatic Requirement. In: G.F. Sprague (ed.). *Corn and Corn Improvement* American Society of Agronomy. Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Sims, J.T., Simard, R.R., Joern, B.C. (1998.): Phosphorus loss in agricultural drainage: Historical perspective and current research. *Journal of Environmental Quality*. 27: 277-293.
- Singh, M., Paulsen, M., Tian, L.F., Yao, H. (2005.): Site-Specific Study of Corn Protein, Oil, and Extractable Starch Variability using NIT Spectroscopy. *Applied Engineering in Agriculture*. 21(2): 239–251.
- Siqueira, M.F.B., Sudre, C.P., Almeida, L.H., Pegorer, A.P.R., Akiba, F. (1993.): Influence of effective microorganisms on seed germination and plantlet vigor of selected crops.

Proceedings of 3rd International Conference on Kyusei Nature Farming, October 5-7, 1993, Santa Barbara, Ca. 244-245.

SoilSurveyStaff (1951.): Soil Survey Staff. Soil survey manual. USDA-ARS. Govt.

Son, H.J., Park, G.T., Cha, M.S., Heo, M.S. (2006.): Solubilization of insoluble inorganic phosphates by a novel salt and pH tolerant *Pantoea agglomerans* R-42 isolated from soybean rhizosphere. Bioresource Technology. 97: 204-210.

Sonderlund, S., Owens, F. (2007.): Corn hybrid by processing method considerations. Proc. Grain Processing Conf., Oklahoma State Univ. Misc. Publ.

Sorensen, D., Nielsen, T.H., Christophersen, C., Sørensen, J., Gajhede, M. (2001.): Cyclic lipoundecapeptide amphisin from *Pseudomonas* sp. Strain Dss73. Acta Crystallographica Section C. Crystal Structure Communications. 57: 1123–1124.

Srinivasan, R., Yandigeri, M.S., Kashyap, S., Alagawadi, A.R. (2012.): Effect of salt on survival and P-solubilization potential of phosphate solubilizing microorganisms from salt affected soils. Saudi Journal of Biological Sciences. 19: 427–434.

Stojić, B. (2009.): Pravilna gnojidba kukuruza - temelj prinosa. Glasnik zaštite bilja. 5: 92-95.

Su, D., Sultan, F., Zhao N.C., Lei, B.T., Wang, F.B., Pan, G., Cheng, F.M. (2014.): Positional variation in grain mineral nutrients within a rice panicle and its relation to phytic acid concentration. Journal of Zhejiang University Science B(Biomedic.& Biotechnol.). 15: 986–996.

Sundara Rao, W.V.B., Sinha, M.K. (1963.): Phosphate dissolving micro-organisms in the soil and rhizosphere. Indian Journal of Agricultural Sciences. 33: 272–278.

Suryadi, E., Ruswandi, D., Marta, H., Musfiroh, I. (2017.): Proximate, Crude Fiber and Starch Content of Maize Hybrids Developed in Indonesia in Natural Climatic Condition. 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Food Security: A Comprehensive Approach (ICSAFS). KnE Life Sciences. 421– 429.

Škorić, A. (1973.): Pedološki praktikum. Agronomski fakultet, Zagreb.

Škorić, A. (1977.): Tla Slavonije i Baranje. Izdavački zavod Jugoslavenske akademije, Zagreb.

Škorić, A. (1982.): Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.

Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985.): Klasifikacija tala Jugoslavije. Poljoprivredni i šumarski fakultet, Zagreb.

Tajini, F., Trabelsi, M., Drevon, J.J. (2012.): Combined inoculation with *Glomus intraradices* and *Rhizobium tropici* CIAT899 increases phosphorus use efficiency for symbiotic nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Saudi Journal of Biological Sciences*. 19: 157–163.

Tak, H.I., Ahmad, F., Babalola, O.O., Inam, A. (2012.): Growth, photosynthesis and yield of chickpea as influenced by urban wastewater and different levels of phosphorus. *International Journal of Plant Research*. 2: 6–13.

Thrane, C., Nielsen, T.H., Nielsen, M.N., Sorensen, J., Olsson, S. (2000.): Viscosinamide – producing *Pseudomonas fluorescens* DR54 exerts a biocontrol effect on *Pythium ultimum* in sugar beet rhizosphere. *FEMS Microbiology Ecology*. 33: 139-146.

Toro, M. (2007.): Phosphate solubilizing microorganisms in the rhizosphere of native plants from tropical savannas: An adaptive strategy to acid soils? Velaquez, C., Rodriguez-Barrueco, E. (eds). *Developments in Plant and Soil Sciences*. Springer, The Netherlands. 249-252.

Troxler, J., Zala, M., Moënne-Loccoz, Y., Keel, C., Défago, G. (1997.): Predominance of non-culturable cells of the biocontrol strain *Pseudomonas fluorescens* CHA0 in the surface horizon of large outdoor lysimeters. *Applied and Environmental Microbiology*. 63: 3776–3782.

USDA – United States Department of Agriculture (2014.): *Soil Health - Phosphorus. Guides for Educators*. USDA, Washington, DC.

Utkin, I.B., Yakimov, M.M., Matveeva, M., Kozlyak, E.I., Rogozhin, S., Solomon, Z.G., Bezborodov, A.M. (1991.): Degradation of styrene and ethylbenzene by *Pseudomonas* species Y2. *FEMS Microbiology Letters*. 77(2–3): 237-241.

Vance, C.P., Uhde-Stone, C., Allan, D.L. (2003.): Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytologist*. 157: 423-447.

- Varsha, N.H.H. (2002.): *Aspergillus aculeatus* as a rock phosphate solubilizer. *Soil Biology and Biochemistry*. 32: 559- 565.
- Vassilev, N., Vassileva, M., Nikolaeva, I. (2006.): Simultaneous P-solubilizing and biocontrol activity of microorganisms: potentials and future trends. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 71: 137–144.
- Viruel, E., Erazzu, L.E., Martinez Calsina, L., Ferrero, M.A., Lucca, M.E., Sineriz, F. (2014.): Inoculation of maize with phosphate solubilizing bacteria effect on plant growth and yield. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 14(4): 819-831.
- Viveganandan, G., Jauhri, K.S. (2000.): Growth and survival of phosphate-solubilizing bacteria in calcium alginate. *Microbiological Research*. 155: 205–207.
- Von Uexküll, H.R., Mutert, E. (1995.): Global extent, development and economic impact of acid soils. *Plant and Soil*. 171: 1–15.
- Vratarić, M., Sudarić, A. (2000.): SOJA. Poljoprivredni institut Osijek. Osijek.
- Vukadinović, V., Bertić, B. (1989.): Praktikum iz agrokemije. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
- Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998.): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek.
- Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana Bilja. 3. izmijenjeno i dopunjeno izdanje. Osijek. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
- Wakelin, S., Warren, R., Harvey, P., Ryder, M. (2004.): Phosphate solubilization by *Penicillium* spp. closely associated with wheat roots. *Biology and Fertility of Soils*. 40: 36-43.
- Walck, J.L., Dixon, K.W. (2009.): Time to future-proof plants in storage. *Nature*. 462: 721.
- Walpol, B.C., Yoon, M.H. (2012.): Prospectus of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus availability in agricultural soils: A review. *African Journal of Microbiology Research*. 6(37): 6600-6605.
- Wani, P.A., Khan, M.S., Zaidi, A. (2007.): Co-inoculation of nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria to promote growth, yield and nutrient uptake in chickpea. *Acta Agronomica Hungarica*. 55: 315–323.

- Whipps, J.M. (2001.): Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*. 52: 487 – 511.
- White, C., Sayer, J.A., Gadd, G.M. (1997.): Microbial solubilization and immobilization of toxic metals: key biogeochemical processes for treatment of contamination. *FEMS Microbiology Reviews*. 20: 503–516.
- Whitelaw, M.A. (2000.): Growth promoting of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. *Advances in Agronomy*. 69: 99-151.
- Winarso, S., Sulistyanto, D., Handayanto, E. (2011.): Effects of humic compounds and phosphate-solubilizing bacteria on phosphorus availability in an acid soil. *Journal of Ecology and the Natural Environment*. 3(7): 232-240.
- Xiao, C.Q., Chi, R.A., Li, X.H., Xia, M., Xia, Z.W. (2011.): Biosolubilization of rock phosphate by three stress-tolerant fungal strains. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 165: 719-727.
- Xu, J.G., Johnson, R.L. (1995.): Root growth, microbial activity and phosphatase activity in oil-contaminated, remediated and uncontaminated soils planted to barley and field pea. *Plant and Soil*. 173: 3–10.
- Zaidi, A., Khan, M.S., Ahemad, M., Oves, M. (2009.): Plant growth promotion by phosphate solubilizing bacteria. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*. 56(3): 263-284.
- Zhao, K., Penttinen, P., Zhang, X., Ao, X., Liu, M., Yu, X. (2014.): Maize rhizosphere in Sichuan, China, hosts plant growth promoting *Burkholderia cepacia* with phosphate solubilizing and antifungal abilities. *Microbiological Research*. 169: 76–82.
- Zhirkova, E.V., Skorokhodova, M.V., Martirosyan, V.V., Sotchenko, E.F., Malkina, V.D., Shatalova, T.A. (2016.): Chemical composition and antioxidant activity of corn hybrids grain of different pigmentation. *Foods and Raw Materials*. 4(2): 85 – 91.
- Zhu, F., Qu, L., Hong, X., Sun, X. (2011.): Isolation and characterization of a phosphate solubilizing halophilic bacterium *Kushneria* sp. YCWA18 from Daqiao Saltern on the coast of yellow sea of China. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 1-6.

Zhu, H.J., Sun, L.F., Zhang, Y.F., Zhang, X.L., Qiao, J.J. (2012.): Conversion of spent mushroom substrate to biofertilizer using a stress-tolerant phosphate-solubilizing *Pichia farinose* FL7. *Bioresource Technology*. 11: 410–416.

Ziadi, N., Bélanger, G., Cambouris, A.N., Tremblay, N., Nolin, M.C., Claessens, A. (2007.): Relationship between P and N concentrations in corn. *Agronomy Journal*. 99: 833–841.

Zilic, S., Milasinovic, M., Terzic, D., Barac, M., Ignjatovic-Micic, D. (2011.): Grain characteristics and composition of maize specialty hybrids. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 9(1): 230-241.

## 7. SAŽETAK

Fosfor je drugi najpotrebniji makroelement za rast i razvoj biljaka, odmah poslije dušika. Fiksacija fosfora u tlu ponajviše ovisi o pH reakciji tla, sadržaju vlage u tlu, temperaturi te već prisutnim mineralima u tlu. Postoji nekoliko načina kako se pristupačnost fosfora može povećati, jer većina poljoprivrednih tala ima ogromne zalihe fosfora. Fosfor - topive bakterije, tj. phosphor solubilizing bacteria (PSB), posjeduju različite mehanizme pomoću kojih biljkama nepristupačne oblike fosfora mogu prevesti u biljci pristupačne oblike te tako utjecati na nepristupačne zalihe fosfora u tlu. Cilj ovog istraživanja bio je ustanoviti učinak mikrobiološkog pripravka i gnojidbe fosfora na prinos, kvalitetu i klijavost sjemena soje i kukuruza na kiselim tlima. Odabrana su tri tipa tla sličnih pH vrijednosti, različitog sadržaja humusa i koncentracije lakopristupačnog fosfora. U sklopu terenskih istraživanja provedeni su dvogodišnji poljski pokusi te analize biljne tvari i tla. Pokusi su postavljeni prema slučajnom blok rasporedu u 6 varijanti i 4 ponavljanja. Varijante su bile slijedeće: kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom (K), kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka (KMP), mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu (P), mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka (PMP), preporučena mineralna gnojidba (MG) te preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka (MGMP). Kao mikrobiološki pripravak korišten je komercijalni pripravak Terra Condi tvrtke EmTehnologija d.o.o. iz Valpova u koji su dodane bakterije *Pseudomonas putida* (ATCC 12633), *Pseudomonas rhizosphaera* (DSM 16299) te *Pseudomonas fluorescens* (ATCC 13525) kao fosfor - topive bakterije. U 2016. godini uzgajana je soja (*Glycine max* L. Merr.) kao najzastupljenija uljarica u regiji, dok je u 2017. godini uzgajan kukuruza kao najzastupljenija žitarica u regiji. Utvrđeno je da su se bakterije roda *Pseudomonas* adaptirale u tlu svih lokaliteta, razvile kolonije te da je došlo do značajnog povećanja njihovog broja. Kontrolna varijanta uz primjenu mikrobiološkog pripravka bilježila je veće prosječne prinose soje i kukuruza na svim lokalitetima u odnosu na kontrolnu varijantu bez primjene mikrobiološkog pripravka. Također, varijanta umanjene gnojidbe fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka postigla je veće prosječne prinose soje i kukuruza u 66,7 % slučajeva u odnosu na varijante umanjene gnojidbe fosforom bez primjene mikrobiološkog pripravka, dok je varijanta s preporučenom mineralnom gnojidbom uz primjenu mikrobiološkog pripravka samo u 33,3 % slučajeva bilježila bolji rezultat od varijante s preporučenom mineralnom gnojidbom bez primjene mikrobiološkog pripravka. Količine mikrobiološki fiksiranog fosfora kretale su se od



23,34 do 88,88 kg ha<sup>-1</sup>. Također, utvrđena je vrlo jaka pozitivna korelacija ( $r = 0,89$ ) između sadržaja fosfora u tlu (AL-metoda) te količine mikrobiološki fiksiranog fosfora na pojedinim varijantama te između sadržaja humusa u tlu i povećanja mikrobiološke fiksacije fosfora ( $r = 0,81$ ). Prosječne vrijednosti klijavosti soje kretale su se od 91,9 do 93,4 %, a kukuruza od 92,6 do 93,8 %. Potrebna su dodatna i dugotrajnija istraživanja u poljskim uvjetima kako bi što preciznije utvrdili utjecaj mikrobiološkog pripravka na kvalitativne i kvantitativne parametre određene biljke te na svojstva tla.

## 8. SUMMARY

Phosphorus is the second most necessary macro-element for plant growth and development, just after nitrogen. Fixing of phosphorus in soils mostly depends on the pH value of soil, soil moisture, temperature and present soil minerals. There are several ways to increase the availability phosphorus, as most of the soils have enormous phosphorus supplies. Phosphorous solubilizing bacteria (PSB) have different mechanisms by which plant unavailable phosphorous forms can be transformed into available forms to plants, thus affecting phosphorus reserves in the soil. The aim of this study was to determine the effect of microbiological preparation and phosphorus fertilization on the yield, quality and germination of soybean and corn seeds grown on acidic soils. Three locations with soils of similar pH values, different content of humus and concentration of available phosphorus were selected. The researches included a two-year field experiment and analysis of plant material and soil. The experiments were arranged according to a random block system in 6 variants and 4 repetitions. The variants were as follows: control without nitrogen and phosphorus fertilization (K), control without nitrogen and phosphorus fertilization with using microbiological preparation (KMP), mineral fertilization with phosphorous reduced by 50% compared to conventional fertilization (P), mineral fertilization with phosphorous reduced by 50% compared to conventional fertilization and microbiological preparation (PMP), conventional mineral fertilization (MG) and conventional mineral fertilization and microbiological preparation (MGMP). As a microbiological preparation, a commercial preparation named Terra Condi, producer EmTehnologija d.o.o. from Valpovo, to which bacteria *Pseudomonas putida* (ATCC 12633), *Pseudomonas rhizosphaere* (DSM 16299) and *Pseudomonas fluorescens* (ATCC 13525) were added as phosphorous solubilizing bacteria. In 2016, soybean (*Glycine max* L. Merr.) was grown, while in 2017 corn (*Zea mays*) was grown as the most common grain in the region. It was found that the *Pseudomonas* strains adapted to the soil of all sites, developed colonies and that there was a significant increase in their number. The control treatment with microbiological preparation recorded higher average yields of soybean and corn at all sites compared to the control treatment without the use of the microbiological preparation. Also, treatment with reduced phosphorus fertilization with the use of a microbiological preparation has achieved higher average yields of soybean and corn in 66.7% of cases compared to treatment with reduced phosphorous fertilization without the use of a microbiological preparation, while treatment with conventional mineral fertilization using microbiological preparation only in 33.3% cases achieved better results than treatment with conventional

mineral fertilization without the use of a microbiological preparation. The average amounts of microbially fixed phosphorus ranged from 23.34 to 88.88 kg ha<sup>-1</sup>. Also, there were found very significant positive correlation ( $r = 0.89$ ) between the concentration of available phosphorus (AL-method) and the amount of microbially-fixed phosphorus, as well as between the humus content in soil and the increase of microbially-fixed phosphorus ( $r = 0.81$ ). The average values of soybean germination ranged from 91.9 to 93.4%, and corn from 92.6 to 93.8%. Additional and longer-lasting researches under field conditions are needed to better determine the effects of the microbiological preparation on the qualitative and quantitative parameters of certain plants and soil properties.

## 9. PRILOG

Tablica I. Koncentracija kalcija u tlu 2016. godine

VARIJANTA	Ca (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	4,13 a	6,18 a	4,42 a	4,91 A	4,04 a	6,12 a	3,98 a	4,71 A
KMP	4,24 a	6,15 a	4,24 a	4,86 A	3,93 a	6,13 a	3,81 a	4,62 A
P	4,28 a	6,21 a	3,58 a	4,69 A	3,90 a	6,22 a	3,60 a	4,58 A
PMP	4,25 a	6,04 a	3,60 a	4,63 A	4,05 a	6,03 a	3,69 a	4,59 A
MG	4,15 a	6,00 a	4,21 a	4,79 A	3,75 a	6,04 a	3,81 a	4,54 A
MGMP	3,97 a	6,06 a	4,11 a	4,71 A	3,83 a	6,03 a	3,66 a	4,51 A
Prosjek	4,17 B	6,11 A	4,03 B		3,92 B	6,10 A	3,76 C	
Minimum	3,97	6,00	3,58		3,75	6,03	3,60	
Maksimum	4,28	6,18	4,42		4,05	6,22	3,98	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,520	0,215	1,606		0,472	0,197	0,404	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica II. Koncentracija kalcija u tlu 2017. godine

VARIJANTA	Ca (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	4,25 a	6,38 a	3,88 a	4,84 A	4,56 a	6,35 a	4,22 a	5,04 A
KMP	3,96 a	6,31 a	3,78 a	4,68 A	4,47 a	6,37 a	4,09 a	4,98 A
P	4,10 a	6,22 a	3,79 a	4,71 A	3,96 a	6,38 a	4,06 a	4,80 A
PMP	4,06 a	6,32 a	3,74 a	4,71 A	3,94 a	6,22 a	4,16 a	4,78 A
MG	4,14 a	6,24 a	3,86 a	4,74 A	4,14 a	6,08 a	4,02 a	4,75 A
MGMP	4,02 a	6,26 a	3,63 a	4,63 A	4,10 a	6,32 a	4,18 a	4,87 A
Prosjek	4,09 B	6,29 A	3,78 C		4,20 B	6,29 A	4,12 B	
Minimum	3,96	6,22	3,63		3,94	6,08	4,02	
Maksimum	4,25	6,38	3,88		4,56	6,38	4,22	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,417	0,350	0,367		0,642	0,374	0,331	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica III. Koncentracija magnezija u tlu 2016. godine

VARIJANTA	Mg (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	5,91 a	7,71 ab	6,85 a	6,82 A	5,37 a	7,37 a	6,58 a	6,44 A
KMP	5,82 ab	7,70 ab	6,95 a	6,82 A	5,34 a	7,41 a	6,47 a	6,40 A
P	5,61 bc	7,83 a	6,64 a	6,70 A	5,27 a	7,37 a	6,35 a	6,33 A
PMP	5,55 c	7,68 ab	6,63 a	6,62 A	5,26 a	7,23 a	6,32 a	6,27 A
MG	5,67 abc	7,63 b	6,95 a	6,75 A	5,29 a	7,35 a	6,40 a	6,35 A
MGMP	5,59 bc	7,67 ab	6,87 a	6,71 A	5,37 a	7,32 a	6,39 a	6,35 A
Prosjek	5,69 C	7,70 A	6,82 B		5,32 C	7,34 A	6,41 B	
Minimum	5,55	7,63	6,63		5,26	7,23	6,32	
Maksimum	5,91	7,83	6,95		5,37	7,41	6,58	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,249	0,170	0,898		0,238	0,370	0,293	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica IV. Koncentracija magnezija u tlu 2017. godine

VARIJANTA	Mg (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	5,53 ab	7,61 a	6,44 a	6,53 A	5,74 a	7,55 a	6,47 a	6,59 A
KMP	5,46 ab	7,55 a	6,41 a	6,47 A	5,68 a	7,55 a	6,46 a	6,56 A
P	5,39 ab	7,35 a	6,46 a	6,40 A	5,33 b	7,53 a	6,66 a	6,51 A
PMP	5,32 b	7,43 a	6,39 a	6,38 A	5,30 b	7,33 a	6,54 a	6,39 A
MG	5,57 a	7,44 a	6,42 a	6,48 A	5,50 ab	7,26 a	6,41 a	6,39 A
MGMP	5,48 ab	7,48 a	6,31 a	6,42 A	5,50 ab	7,40 a	6,66 a	6,52 A
Prosjek	5,46 C	7,47 A	5,46 B		5,51 C	7,43 A	6,53 B	
Minimum	5,32	7,35	6,31		5,30	7,26	6,41	
Maksimum	5,57	7,61	6,46		5,74	7,55	6,66	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,247	0,459	0,180		0,313	0,375	0,302	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica V. Koncentracija kalija u tlu 2016. godine

VARIJANTA	K (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	5,03 a	7,53 a	5,67 a	6,08 A	4,46 a	7,28 b	5,63 a	5,79 A
KMP	4,90 a	7,63 a	5,62 a	6,05 A	4,69 a	8,01 a	5,29 ab	6,00 A
P	5,01 a	7,77 a	5,05 a	5,94 A	4,41 a	7,65 ab	4,86 b	5,64 A
PMP	4,82 a	7,26 a	4,92 a	5,67 A	4,71 a	7,33 b	5,50 ab	5,85 A
MG	5,18 a	7,32 a	5,73 a	6,08 A	4,56 a	7,38 ab	5,35 ab	5,77 A
MGMP	4,66 a	7,35 a	5,24 a	5,75 A	4,68 a	7,59 ab	5,12 ab	5,80 A
Prosjek	4,93 C	7,48 A	5,37 B		4,59 C	7,54 A	5,29 B	
Minimum	4,66	7,26	4,92		4,41	7,28	4,86	
Maksimum	5,18	7,77	5,73		4,71	8,01	5,63	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,526	0,851	1,733		0,625	0,673	0,732	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica VI. Koncentracija kalija u tlu 2017. godine

VARIJANTA	K (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	4,99 ab	7,77 ab	5,14 ab	5,96 A	5,31 a	8,59 a	6,78 a	6,89 A
KMP	4,68 b	7,69 ab	4,99 ab	5,77 A	5,11 ab	8,73 a	6,28 a	6,71 A
P	5,05 ab	7,93 ab	5,23 ab	6,07 A	4,86 b	8,38 a	6,39 a	6,54 A
PMP	4,86 b	7,87 ab	5,05 ab	5,93 A	4,67 b	8,04 a	6,79 a	6,50 A
MG	5,45 a	8,23 a	5,34 a	6,34 A	5,00 ab	7,81 a	6,15 a	6,32 A
MGMP	5,11 ab	7,57 b	4,62 b	5,76 A	4,98 ab	8,31 a	6,70 a	6,66 A
Prosjek	5,02 B	7,84 A	5,06 B		4,99 C	8,31 A	6,51 B	
Minimum	4,68	7,57	4,62		4,67	7,81	6,15	
Maksimum	5,45	8,23	5,34		5,31	8,73	6,79	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,530	0,596	0,724		0,443	1,158	0,876	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica VII. Koncentracija natrija u tlu 2016. godine

VARIJANTA	Na (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	0,20 a	0,35 a	0,25 a	0,27 A	0,17 b	0,38 ab	0,29 a	0,28 A
KMP	0,20 a	0,37 a	0,25 a	0,27 A	0,21 a	0,44 a	0,28 a	0,31 A
P	0,20 a	0,37 a	0,22 a	0,26 A	0,18 ab	0,38 ab	0,26 a	0,27 A
PMP	0,20 a	0,33 a	0,21 a	0,25 A	0,20 ab	0,35 b	0,27 a	0,27 A
MG	0,21 a	0,34 a	0,26 a	0,27 A	0,21 a	0,36 b	0,30 a	0,29 A
MGMP	0,18 a	0,34 a	0,23 a	0,25 A	0,20 ab	0,35 b	0,28 a	0,28 A
Prosjek	0,20 C	0,35 A	0,24 B		0,19 C	0,38 A	0,28 B	
Minimum	0,18	0,33	0,21		0,17	0,35	0,26	
Maksimum	0,21	0,37	0,26		0,21	0,44	0,30	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,045	0,072	0,079		0,037	0,064	0,072	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica VIII. Koncentracija natrija u tlu 2017. godine

VARIJANTA	Na (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	0,21 a	0,34 ab	0,17 a	0,24 A	0,18 ab	0,40 a	0,32 a	0,30 A
KMP	0,20 a	0,33 b	0,18 a	0,24 A	0,21 a	0,41 a	0,30 a	0,30 A
P	0,21 a	0,36 ab	0,17 a	0,25 A	0,17 b	0,42 a	0,27 a	0,29 A
PMP	0,22 a	0,36 ab	0,17 a	0,25 A	0,16 b	0,39 a	0,31 a	0,29 A
MG	0,25 a	0,41 a	0,21 a	0,29 A	0,17 b	0,37 a	0,26 a	0,27 A
MGMP	0,23 a	0,34 ab	0,20 a	0,25 A	0,19 ab	0,41 a	0,29 a	0,30 A
Prosjek	0,22 B	0,35 A	0,18 C		0,18 C	0,40 A	0,29 B	
Minimum	0,20	0,33	0,17		0,16	0,37	0,26	
Maksimum	0,25	0,41	0,21		0,21	0,42	0,32	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,051	0,076	0,071		0,031	0,119	0,064	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica IX. Koncentracija bakra u tlu 2016. godine

VARIJANTA	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	14,78 a	23,94 ab	20,58 a	19,77 A	14,58 a	24,36 a	18,79 a	19,14 A
KMP	14,61 a	23,72 ab	19,58 a	19,31 A	14,54 a	24,93 a	21,47 a	20,32 A
P	14,68 a	24,62 a	18,04 a	19,12 A	14,23 a	24,46 a	18,25 a	18,98 A
PMP	14,43 a	23,68 ab	17,64 a	18,58 A	13,94 a	24,11 a	17,50 a	18,52 A
MG	14,66 a	23,53 b	20,13 a	19,44 A	14,41 a	24,06 a	18,39 a	18,96 A
MGMP	14,23 a	24,10 ab	19,65 a	19,33 A	14,69 a	23,90 a	17,53 a	18,71 A
Prosjek	14,57 C	23,93 A	19,27 B		14,40 C	24,30 A	18,66 B	
Minimum	14,23	23,53	17,64		13,94	23,90	17,50	
Maksimum	14,78	24,62	20,58		14,69	24,93	21,47	
LSD <sub>(0,05)</sub>	1,044	0,954	5,271		1,03	1,397	4,631	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica X. Koncentracija bakra u tlu 2017. godine

VARIJANTA	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	15,05 a	25,39 a	17,75 a	19,40 A	14,59 a	23,71 a	16,96 a	18,42 A
KMP	14,50 a	25,18 a	17,00 a	18,89 A	14,41 a	24,12 a	16,91 a	18,48 A
P	14,42 a	24,50 a	17,79 a	18,90 A	13,19 a	24,37 a	17,99 a	18,52 A
PMP	14,16 a	25,01 a	16,97 a	18,71 A	13,07 a	23,53 a	16,75 a	17,78 A
MG	14,57 a	24,55 a	17,66 a	18,93 A	13,55 a	23,12 a	17,01 a	17,89 A
MGMP	14,63 a	24,45 a	17,21 a	18,76 A	13,55 a	23,47 a	17,54 a	18,19 A
Prosjek	14,55 C	24,85 A	17,40 B		13,72 C	23,72 A	17,19 B	
Minimum	14,16	24,45	16,97		13,07	23,12	16,75	
Maksimum	15,05	25,39	17,79		14,59	24,37	17,99	
LSD <sub>(0,05)</sub>	1,243	1,826	2,226		1,666	1,284	2,503	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica



Tablica XI. Koncentracija željeza u tlu 2016. godine

VARIJANTA	Fe (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	25,28 a	37,49 a	29,86 a	30,88 A	23,79 a	35,64 a	26,90 a	28,77 A
KMP	24,94 ab	37,48 a	29,76 a	30,73 A	23,68 a	35,80 a	26,41 a	28,63 A
P	24,43 ab	38,24 a	27,26 a	29,98 A	23,60 a	35,88 a	26,27 a	28,58 A
PMP	24,04 ab	37,32 a	27,60 a	29,65 A	23,53 a	35,50 a	25,61 a	28,22 A
MG	24,18 ab	37,31 a	30,04 a	30,51 A	23,57 a	35,88 a	26,22 a	28,56 A
MGMP	23,70 b	37,91 a	29,61 a	30,40 A	23,75 a	35,61 a	25,74 a	28,37 A
Prosjeak	24,43 C	37,62 A	29,02 B		23,65 C	35,72 A	26,19 B	
Minimum	23,70	37,31	27,26		23,53	35,50	25,61	
Maksimum	25,28	38,24	30,04		23,79	35,88	26,90	
LSD <sub>(0,05)</sub>	1,520	1,483	7,459		1,170	1,848	2,322	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XII. Koncentracija željeza u tlu 2017. godine

VARIJANTA	Fe (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	24,83 a	37,61 a	26,46 a	29,63 A	24,78 a	36,75 a	25,63 a	29,05 A
KMP	24,52 a	36,86 a	25,68 a	29,02 A	24,83 a	35,96 a	25,61 a	28,80 A
P	24,41 a	36,25 a	26,50 a	28,91 A	22,72 ab	36,30 a	26,96 a	28,66 A
PMP	24,05 a	37,00 a	26,20 a	28,90 A	22,52 b	35,23 a	26,37 a	28,04 A
MG	23,99 a	36,71 a	26,07 a	29,06 A	23,44 ab	35,09 a	25,84 a	28,12 A
MGMP	23,52 a	36,73 a	25,62 a	28,80 A	23,19 ab	35,88 a	26,69 a	28,59 A
Prosjeak	24,22 C	36,86 A	26,09 B		23,58 C	35,87 A	26,18 B	
Minimum	23,52	36,25	25,62		22,52	35,09	25,61	
Maksimum	24,83	37,61	26,50		24,83	36,75	26,96	
LSD <sub>(0,05)</sub>	1,423	2,484	1,608		2,108	2,169	1,868	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XIII. Koncentracija mangana u tlu 2016. godine

VARIJANTA	Mn (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	0,59 ab	0,33 ab	0,51 a	0,47A	0,58 a	0,34 a	0,62 a	0,51 A
KMP	0,58 ab	0,32 b	0,52 a	0,47 A	0,59 a	0,33 a	0,56 a	0,49 A
P	0,60 a	0,36 a	0,57 a	0,51 A	0,59 a	0,34 a	0,58 a	0,50 A
PMP	0,60 a	0,33 ab	0,61 a	0,51 A	0,59 a	0,33 a	0,59 a	0,51 A
MG	0,57 b	0,32 b	0,57 a	0,49 A	0,58 a	0,33 a	0,61 a	0,51 A
MGMP	0,57 b	0,34 ab	0,54 a	0,48 A	0,58 a	0,34 a	0,63 a	0,52 A
Prosjeak	0,58 A	0,33 B	0,55 A		0,58 A	0,34 B	0,60 A	
Minimum	0,57	0,32	0,51		0,58	0,33	0,56	
Maksimum	0,60	0,36	0,61		0,59	0,34	0,63	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,029	0,030	0,196		0,038	0,060	0,122	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XIV. Koncentracija mangana u tlu 2017. godine

VARIJANTA	Mn (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	0,60 a	0,37 a	0,59 a	0,52 A	0,57 a	0,36 a	0,56 a	0,50 A
KMP	0,60 a	0,35 a	0,57 a	0,50 A	0,58 a	0,34 a	0,56 a	0,50 A
P	0,60 a	0,34 a	0,61 a	0,52 A	0,56 a	0,34 a	0,58 a	0,49 A
PMP	0,59 a	0,33 a	0,61 a	0,51 A	0,56 a	0,33 a	0,62 a	0,50 A
MG	0,60 a	0,34 a	0,62 a	0,52 A	0,56 a	0,32 a	0,63 a	0,50 A
MGMP	0,60 a	0,34 a	0,60 a	0,51 A	0,57 a	0,35 a	0,63 a	
Prosjeak	0,60 A	0,35 B	0,60 A		0,57 A	0,34 B	0,60 A	
Minimum	0,59	0,33	0,57		0,56	0,32	0,56	
Maksimum	0,60	0,37	0,62		0,58	0,36	0,63	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,038	0,047	0,127		0,046	0,043	0,143	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XV. Koncentracija cinka u tlu 2016. godine

VARIJANTA	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	55,93 a	86,77 ab	69,24 a	70,65 A	54,92 ab	90,95 a	65,64 a	70,50 A
KMP	55,22 a	87,44 a	68,32 a	70,33 A	54,00 b	92,05 a	65,79 a	70,61 A
P	56,80 a	85,14 ab	65,30 a	69,08 A	54,91 ab	91,32 a	63,90 a	70,04 A
PMP	56,92 a	85,32 ab	62,45 a	68,23 A	54,82 ab	90,83 a	61,82 a	69,16 A
MG	56,99 a	84,31 b	69,35 a	70,22 A	55,95 ab	89,83 a	65,04 a	70,27 A
MGMP	56,59 a	86,16 ab	69,11 a	70,62 A	56,96 a	90,26 a	63,79 a	70,33 A
Prosjeak	56,41 C	85,86 A	67,29 B		55,26 C	90,87 A	64,33 B	
Minimum	55,22	84,31	62,45		54,00	89,83	61,82	
Maksimum	56,99	87,44	69,35		56,96	92,05	65,79	
LSD <sub>(0,05)</sub>	2,989	2,606	19,333		2,782	4,428	4,836	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XVI. Koncentracija cinka u tlu 2017. godine

VARIJANTA	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	55,39 a	90,17 a	61,37 a	68,98 A	53,99 ab	86,34 a	60,49 a	66,94 A
KMP	53,49 a	89,32 a	60,46 a	67,76 A	56,86 a	86,65 a	60,22 a	67,91 A
P	54,33 a	86,61 a	60,83 a	67,26 A	51,05 b	87,24 a	60,12 a	66,13 A
PMP	54,15 a	88,87 a	60,89 a	67,97 A	51,30 b	86,32 a	60,89 a	66,17 A
MG	55,27 a	87,39 a	62,22 a	68,29 A	52,47 ab	84,23 a	60,27 a	65,66 A
MGMP	55,89 a	88,62 a	61,51 a	68,67 A	52,69 ab	85,40 a	62,45 a	66,85 A
Prosjeak	54,75 C	88,50 A	61,21 B		53,06 C	86,03 A	60,74 B	
Minimum	53,49	86,61	60,46		51,05	84,23	60,12	
Maksimum	55,89	90,17	62,22		56,86	87,24	62,45	
LSD <sub>(0,05)</sub>	2,418	5,580	4,383		4,668	5,381	4,458	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XVII. Koncentracija fosfora u tlu 2016. godine

VARIJANTA	P (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	prosjeak
K	1,16 a	0,71 a	0,73 a	0,87 A	1,09 a	0,68 a	0,71 a	0,83 A
KMP	1,17 a	0,68 ab	0,70 a	0,85 A	1,09 a	0,69 a	0,67 a	0,82 A
P	1,23 a	0,68 ab	0,71 a	0,87 A	1,15 a	0,68 a	0,68 a	0,84 A
PMP	1,27 a	0,68 ab	0,68 a	0,88 A	1,18 a	0,68 a	0,66 a	0,84 A
MG	1,20 a	0,65 b	0,74 a	0,86 A	1,15 a	0,68 a	0,70 a	0,84 A
MGMP	1,22 a	0,67 ab	0,71 a	0,87 A	1,18 a	0,68 a	0,69 a	0,85 A
Prosjeak	1,21 A	0,68 B	0,71 B		1,14 A	0,68 B	0,69 B	
Minimum	1,16	0,65	0,68		1,09	0,68	0,66	
Maksimum	1,27	0,71	0,74		1,18	0,69	0,71	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,145	0,048	0,116		0,132	0,077	0,113	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XVIII. Koncentracija fosfora u tlu 2017. godine

VARIJANTA	P (g kg <sup>-1</sup> )							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	1,12 a	0,71 a	0,68 a	0,84 A	1,06 a	0,68 a	0,68 a	0,81 A
KMP	1,10 a	0,69 a	0,66 a	0,81 A	1,11 a	0,69 a	0,65 a	0,82 A
P	1,13 a	0,66 a	0,68 a	0,82 A	1,11 a	0,68 a	0,68 a	0,82 A
PMP	1,16 a	0,68 a	0,67 a	0,83 A	1,15 a	0,69 a	0,67 a	0,84 A
MG	1,15 a	0,66 a	0,68 a	0,83 A	1,10 a	0,68 a	0,71 a	0,83 A
MGMP	1,16 a	0,67 a	0,69 a	0,84 A	1,15 a	0,70 a	0,71 a	0,84 A
Prosjeak	1,13 A	0,68 B	0,68 B		1,11 A	0,69 B	0,68 B	
Minimum	1,10	0,66	0,66		1,06	0,68	0,65	
Maksimum	1,16	0,71	0,69		1,15	0,70	0,71	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,115	0,073	0,101		0,107	0,081	0,107	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XIX. Koncentracija kalcija u zrnu soje i kukuruza

VARIJANTA	Ca (g kg <sup>-1</sup> )							
	Soja 2016.				Kukuruz 2017.			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	1,84 a	1,88 a	1,64 b	1,78 A	39,9 a	124,9 b	139,0 a	101,3 A
KMP	1,76 ab	1,79 ab	1,89 a	1,82 A	33,9 abc	176,6 a	103,1 b	104,6 A
P	1,70 b	1,81 ab	1,82 ab	1,78 AB	31,0 bc	181,1 a	86,6 bc	99,6 A
PMP	1,54 c	1,73 ab	1,84 ab	1,70 AB	26,9 c	172,9 a	85,9 bc	95,2 A
MG	1,48 cd	1,80 ab	1,83 ab	1,70 AB	38,9 ab	171,3 a	83,8 bc	98,0 A
MGMP	1,40 d	1,67 b	1,88 a	1,65 B	40,2 a	161,5 a	76,5 c	92,7 A
Prosjeak	1,62 B	1,78 A	1,82 A		35,1 C	164,7 A	95,8 B	
Minimum	1,40	1,67	1,64		26,9	124,9	76,5	
Maksimum	1,84	1,88	1,89		40,2	181,1	139,0	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,118	0,162	0,221		8,809	23,497	25,393	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XX. Koncentracija magnezija u zrnu soje i kukuruza

VARIJANTA	Mg (g kg <sup>-1</sup> )							
	Soja 2016.				Kukuruz 2017.			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	2,23 a	2,20 a	2,34 a	2,25 A	0,94 a	1,25 a	1,33 a	1,17 A
KMP	2,16 a	2,14 ab	2,34 a	2,21 A	0,84 b	1,29 a	1,28 ab	1,14 A
P	2,19 a	2,19 ab	2,38 a	2,25 A	0,90 ab	1,14 a	1,27 abc	1,10 A
PMP	2,16 a	2,14 ab	2,41 a	2,24 A	0,83 b	1,14 a	1,16 bc	1,05 A
MG	2,02 b	2,11 b	2,42 a	2,18 A	0,87 ab	1,21 a	1,18 bc	1,09 A
MGMP	2,01 b	2,15 ab	2,45 a	2,21 A	0,95 a	1,18 a	1,14 c	1,09 A
Prosjeak	2,13 B	2,15 B	2,39 A		0,89 B	1,20 A	1,23 A	
Minimum	2,01	2,11	2,38		0,83	1,14	1,14	
Maksimum	2,23	2,20	2,45		0,95	1,29	1,33	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,101	0,081	0,207		0,092	0,207	0,139	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnju oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XXI. Koncentracija kalija u zrnu soje i kukuruza

VARIJANTA	K (g kg <sup>-1</sup> )							
	Soja 2016.				Kukuruz 2017.			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	19,29 a	16,87 a	18,06 ab	18,07 A	4,36 a	4,19 ab	4,43 a	4,33 A
KMP	18,85 abc	16,66 a	17,81 b	17,77 A	4,08 ab	4,37 a	4,30 a	4,25 AB
P	18,98 ab	16,85 a	18,35 ab	18,06 A	4,07 ab	3,85 b	4,39 a	4,10 ABC
PMP	19,34 a	16,58 a	18,35 ab	18,09 A	4,00 b	3,86 b	4,03 a	3,96 C
MG	18,01 bc	16,68 a	18,61 ab	17,77A	4,28 ab	3,98 ab	4,10 a	4,12 ABC
MGMP	17,96 c	16,78 a	19,28 a	18,01 A	4,34 ab	3,85 b	3,99 a	4,06 BC
Prosjeak	18,74 A	16,74 B	18,41 A		4,19 AB	4,02 B	4,21 A	
Minimum	17,96	16,58	17,81		4,00	3,85	3,99	
Maksimum	19,34	16,87	19,28		4,36	4,37	4,43	
LSD <sub>(0,05)</sub>	1,007	0,596	1,289		0,355	0,476	0,515	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XXII. Koncentracija natrija u zrnu soje i kukuruza

VARIJANTA	Na (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Soja 2016.				Kukuruz 2017.			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	459,8 a	143,6 ab	82,2 c	228,5 A	407,0 a	127,8 ab	115,7 d	216,8 A
KMP	425,1 a	120,6 bc	364,0 b	303,2 A	368,3 ab	145,8 a	326,5 c	280,2 A
P	313,3 b	158,3 a	396,3 ab	289,3 A	327,9 b	129,8 ab	342,1 c	266,6 A
PMP	199,3 c	115,9 bc	417,3 ab	244,2 A	326,0 b	127,0 ab	383,4 bc	278,8 A
MG	196,0 c	141,8 ab	421,8 ab	253,2 A	349,8 b	127,2 ab	476,8 a	317,9 A
MGMP	209,6 c	90,0 c	435,7 a	245,1 A	325,1 b	92,2 b	427,4 ab	281,6 A
Prosjeak	300,5 A	128,4 B	352,9 A		350,7 A	124,9 B	345,3 A	
Minimum	196,0	90,0	82,2		325,1	92,2	115,7	
Maksimum	459,8	158,3	435,7		407,0	145,8	476,8	
LSD <sub>(0,05)</sub>	73,899	37,41	62,089		55,62	53,534	69,022	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XXIII. Koncentracija bakra u zrnu soje i kukuruza

VARIJANTA	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Soja 2016.				Kukuruz 2017.			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	13,45 a	16,96 a	14,29 a	14,90 A	1,50 a	2,58 a	2,74 a	2,27 A
KMP	12,94 a	16,08 ab	14,41 a	14,48 A	1,16 b	2,39 a	2,99 a	2,18 A
P	12,71 ab	16,47 ab	14,63 a	14,60 A	1,28 ab	2,32 a	3,19 a	2,27 A
PMP	11,68 bc	16,43 ab	14,40 a	14,17 A	1,23 ab	2,16 a	3,08 a	2,16 A
MG	11,16 cd	15,96 ab	14,84 a	13,99 A	1,28 ab	2,22 a	3,05 a	2,18 A
MGMP	10,35 d	15,40 b	15,10 a	13,61 A	1,37 ab	2,14 a	2,95 a	2,15 A
Prosjeak	12,05 C	16,21 A	14,61 B		1,30 C	2,30 B	3,00 A	
Minimum	10,35	15,40	14,29		1,16	2,14	2,74	
Maksimum	13,45	16,96	15,10		1,50	2,58	3,19	
LSD <sub>(0,05)</sub>	1,215	1,26	1,724		0,326	0,515	0,552	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XXIV. Koncentracija željeza u zrnu soje i kukuruza

VARIJANTA	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Soja 2016.				Kukuruz 2017.			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	69,36 a	65,80 a	53,76 a	62,97 A	13,60 a	17,47 a	18,06 b	16,37 A
KMP	66,08 ab	58,59 a	56,96 a	60,87 A	11,73 a	17,90 a	21,98 a	17,21 A
P	64,15 b	60,07 a	58,28 a	60,83 A	13,36 a	16,39 a	22,22 a	19,32 A
PMP	59,11 c	55,87 a	63,36 a	59,45 A	12,50 a	15,80 a	19,97 ab	16,09 A
MG	56,96 c	57,66 a	67,61 a	60,74 A	13,46 a	15,69 a	19,58 ab	16,24 A
MGMP	54,99 c	57,82 a	64,32 a	59,04 A	14,11 a	14,82 a	19,38 ab	16,10 A
Prosjeak	61,78 A	59,47 A	60,71 A		13,13 C	16,34 B	20,20 A	
Minimum	54,99	55,87	53,76		11,73	14,82	18,06	
Maksimum	69,36	65,80	67,61		14,11	17,90	22,22	
LSD <sub>(0,05)</sub>	4,851	11,349	14,723		2,414	3,523	3,216	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XXV. Koncentracija mangana u zrnu soje i kukuruza

VARIJANTA	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Soja 2016.				Kukuruz 2017.			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	24,48 a	17,95 a	20,58 b	21,00 A	4,81 bc	5,38 a	6,78 a	5,66 A
KMP	23,65 a	17,37 ab	22,76 ab	21,26 A	4,32 c	5,14 ab	6,90 a	5,45 A
P	27,82 a	17,13 ab	22,38 ab	22,44 A	5,57 a	4,50 bc	6,94 a	5,67 A
PMP	26,38 a	16,91 b	23,60 a	22,30 A	5,28 ab	4,11 c	6,34 a	5,24 A
MG	29,30 a	17,39 ab	23,73 a	23,47 A	4,99 abc	4,59 abc	6,93 a	5,50 A
MGMP	26,58 a	17,14 ab	23,90 a	22,54 A	5,53	4,66 abc	6,34 a	5,51 A
Prosjeak	26,37 A	17,31 C	22,83 B		5,08 B	4,73 B	6,70 A	
Minimum	23,65	16,91	20,58		4,32	4,11	6,34	
Maksimum	29,30	17,95	23,90		5,57	5,38	6,94	
LSD <sub>(0,05)</sub>	7,074	1,001	2,849		0,717	0,808	1,147	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XXVI. Koncentracija cinka u zrnu soje i kukuruza

VARIJANTA	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Soja 2016.				Kukuruz 2017.			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	34,56 ab	52,83 a	40,99 b	42,79 A	17,08 a	24,82 ab	24,44 a	22,11 A
KMP	32,37 b	50,86 ab	43,25 ab	42,16 A	16,14 a	25,76 a	24,94 a	22,28 A
P	38,26 ab	50,20 b	43,74 ab	44,07 A	18,78 a	22,14 b	26,11 a	23,35 A
PMP	37,32 ab	48,79 b	42,90 ab	43,00 A	17,78 a	22,01 b	23,80 a	21,19 A
MG	40,83 a	48,66 b	44,37 ab	44,62 A	16,70 a	21,80 b	23,60 a	20,70 A
MGMP	36,76 ab	46,33 c	45,63 a	42,91 A	19,88 a	21,93 b	22,94 a	21,58 A
Prosjeak	36,68 C	49,61 A	42,48 B		17,93 B	23,08 A	24,30 A	
Minimum	32,37	46,33	40,99		16,14	21,80	22,94	
Maksimum	40,83	52,83	45,63		19,88	25,76	26,11	
LSD <sub>(0,05)</sub>	7,103	2,313	4,042		4,435	3,568	3,554	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica



Tablica XXVII. Koncentracija fosfora u zrnu soje i kukuruza

VARIJANTA	P (g kg <sup>-1</sup> )							
	Soja 2016.				Kukuruz 2017.			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	7,34 ab	6,45 a	7,06 ab	6,95 AB	2,91 a	3,06 a	3,72 a	3,23 A
KMP	7,23 b	6,42 a	6,89 b	6,85 B	2,80 ab	3,21 a	3,61 ab	3,21 AB
P	7,40 ab	6,65 a	7,12 ab	7,06 AB	2,76 ab	2,78 a	3,70 a	3,08 AB
PMP	7,37 ab	6,64 a	7,09 ab	7,03 AB	2,58 b	2,83 a	3,28 b	2,90 B
MG	7,47 ab	6,88 a	7,19 ab	7,18 A	2,78 ab	3,01 a	3,38 ab	3,06 AB
MGMP	7,55 a	6,90 a	7,34 a	7,26 A	2,90 a	3,04 a	3,26 b	3,07 AB
Prosjeak	7,39 A	6,66 C	7,11 B		2,79 C	2,99 B	3,49 A	
Minimum	7,23	6,42	6,89		2,58	2,78	3,26	
Maksimum	7,55	6,90	7,36		2,91	3,21	3,72	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,312	0,520	0,356		0,304	0,443	0,394	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XXVIII. Sadržaj karbonata u tlu u 2016. godini

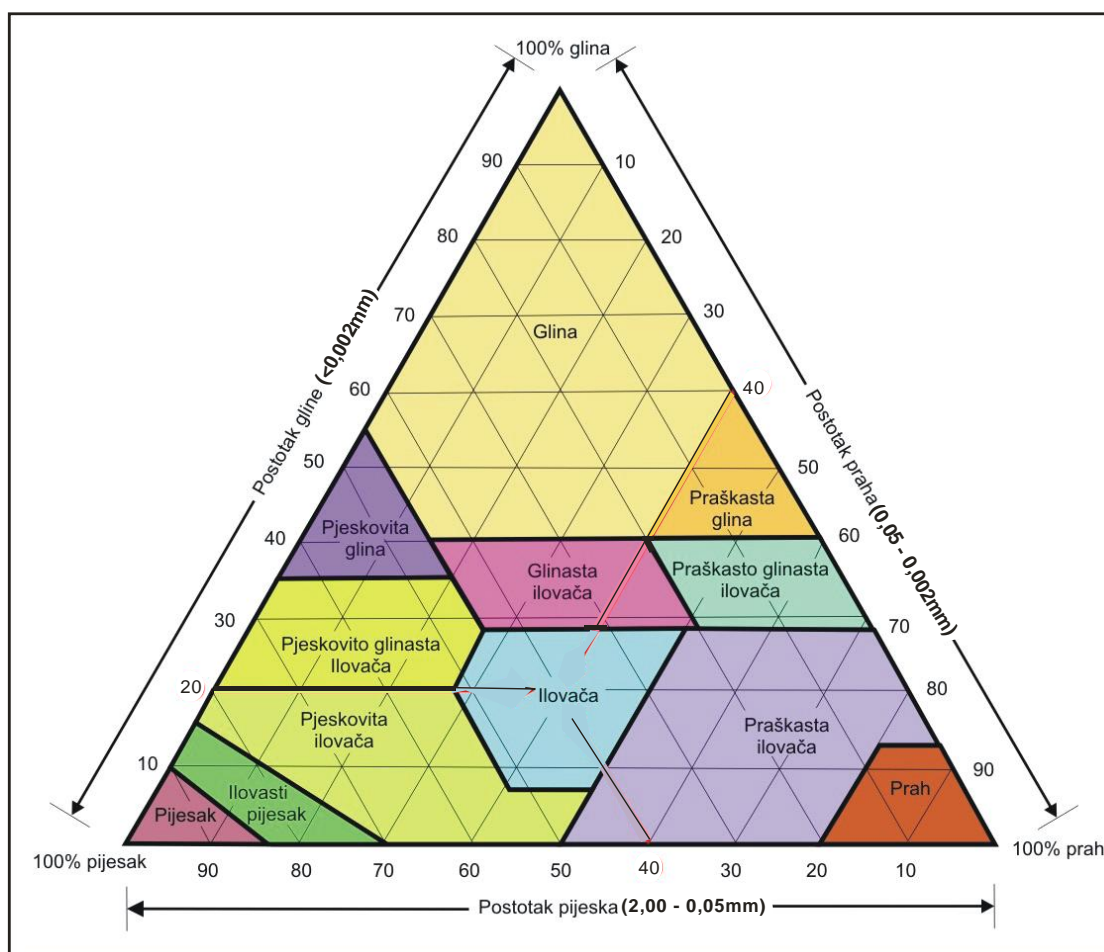
VARIJANTA	CaCO <sub>3</sub> (%)							
	Početno stanje				Stanje nakon žetve			
	HA	OK	GD	Prosjeak	HA	OK	GD	Prosjeak
K	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 A	0,84 a	0,00 a	0,00 a	0,28 A
KMP	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 A	0,74 a	0,00 a	0,00 a	0,25 A
P	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 A	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 B
PMP	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 A	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 B
MG	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 A	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 B
MGMP	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 A	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 B
Prosjeak	0,00 A	0,00 A	0,00 A		0,26 A	0,00 B	0,00 B	
Minimum	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	
Maksimum	0,00	0,00	0,00		0,84	0,00	0,00	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,00	0,00	0,00		0,482	0,00	0,00	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnu oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica

Tablica XXIX. Sadržaj karbonata u tlu u 2017. godini

VARIJANTA	CaCO <sub>3</sub> (%)							
	Početno stanje				Stanje nakon berbe			
	HA	OK	GD	Prosjek	HA	OK	GD	Prosjek
K	1,46 a	0,00 a	0,00 a	0,49 A	1,15 a	0,00 a	0,00 a	0,38 A
KMP	0,84 ab	0,00 a	0,00 a	0,28 AB	1,05 a	0,00 a	0,00 a	0,35 AB
P	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 B	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 B
PMP	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 B	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 B
MG	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 B	0,32 ab	0,00 a	0,00 a	0,11 AB
MGMP	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 B	0,32 ab	0,00 a	0,00 a	0,11 AB
Prosjek	0,38 A	0,00 B	0,00 B		0,47 A	0,00 B	0,00 B	
Minimum	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	
Maksimum	1,46	0,00	0,00		1,15	0,00	0,00	
LSD <sub>(0,05)</sub>	0,889	0,00	0,00		0,846	0,00	0,00	

\*Između vrijednosti koje imaju istu slovnú oznaku ne postoje statistički značajne razlike; K - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom; KMP - kontrola bez gnojidbe dušikom i fosforom uz primjenu mikrobiološkog pripravka; P - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu; PMP - mineralna gnojidba fosforom umanjena za 50 % u odnosu na preporučenu gnojidbu uz primjenu mikrobiološkog pripravka; MG - preporučena mineralna gnojidba; MGMP - preporučena mineralna gnojidba uz primjenu mikrobiološkog pripravka; HA – Harkanovci; OK – Osječak; GD – Gornja Dubica



Grafikon I. Kriteriji i granične vrijednosti za interpretaciju mehaničkog sastava tla prema Soil Survey Manual, 1951.

Tablica XXX. Granične vrijednosti za interpretaciju analitičkih podataka tla

Reakcija tla (pH) u 1 M KCl-u (Škorić, 1982.)	jako kisela kisela slabo kisela neutralna alkalna	< 4,5 4,5 – 5,5 5,5 – 6,5 6,5 – 7,2 > 7,2
Sadržaj karbonata u tlu (Škorić, 1982.)	slabo karbonatna srednje karbonatna jako karbonatna	< 8 % 8 – 25 % > 25 %
Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom i kalijem, mg 100 g <sup>-1</sup> tla P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> i K <sub>2</sub> O (Vukadinović i Lončarić, 1998.)	izrazito siromašna siromašna umjereno siromašna umjerena dobra bogata	< 5 5 – 10 10 – 15 15 – 20 20 – 25 > 25
Sadržaj humusa u tlu (Škorić, 1982.)	vrlo slabo humozno slabo humozno dosta humozno jako humozno vrlo jako humozno	< 1 % 1 – 3 % 3 – 5 % 5 – 10 % > 10 %
Poroznost tla (Gračanin, 1947.)	vrlo porozno porozno malo porozno vrlo malo porozno	> 60 % pora 45 – 60 % pora 30 – 45 % pora <30 % pora
Retencijski kapacitet tla za vodu (Škorić, 1982.)	vrlo mali mali osrednji velik vrlo velik	< 25 % vol 25 – 35 % vol 35 – 45 % vol 45 – 60 % vol >60 % vol
Retencijski kapacitet tla za zrak (Škorić, 1982.)	vrlo mali mali osrednji velik vrlo velik	< 4 % vol 4 – 8 % vol 8 – 12 % vol 12 -16 % vol > 16 % vol
Ocjena zbijenosti prema Renger-u (Škorić, 1991.)	mala zbijenost srednja zbijenost jaka zbijenost	< 1,4 g/cm <sup>3</sup> 1,4 – 1,75 g/cm <sup>3</sup> > 1,75 g/cm <sup>3</sup>

## 10. ŽIVOTOPIS

Jurica Jović rođen je 25. rujna 1984. godine u Gradačcu, Bosna i Hercegovina. Godine 2004. završava gimnaziju „Kollegium Spiritus Sanctus“ u Švicarskoj. Godine 2008. upisuje program sveučilišnog preddiplomskog studija Bilinogojstva na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku koji završava 2011. godine s prosjekom ocjena 4,76. Iste godine upisuje diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja. Diplomirao je 2013. godine među 10 % najuspješnijih studenata s prosječnom ocjenom 5,0 te stekao akademski naziv magistar inženjer bilinogojstva. Za vrijeme studija sudjelovao je s usmenim izlaganjem na 7. smotri studenata agronomije s međunarodnim učešćem 2011. godine u Čačku, Republika Srbija, te na Smotri naučnih radova studenata agronomije u Banja Luci, Bosna i Hercegovina, 2012. godine. Također, u sklopu IAESTE organizacije odlazi na razmjenu studenata u trajanju od dva mjeseca u Göttingen, Njemačka, gdje je bio uključen u istraživanju parametara kvalitete zrna pšenice i ječma. Povodom 50. obljetnice utemeljenja i rada Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, dobitnik je Priznanja za najuspješnijeg studenta Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku generacije 2008./2009. akademske godine. Također, dobitnik je Rektorove nagrade za akademsku godinu 2010./2011. za izniman uspjeh na studiju. Nadalje, dobitnik je nagradnog putovanja na 48. hrvatski i 8. međunarodni simpozij agronoma u Dubrovniku 2013. godine te državne stipendije A kategorije (2009.-2011. i 2013.). Tijekom 2013. godine bio je student-član recenzentskog tima u postupku reakreditacije Šumarskog fakulteta Sveučilište u Zagrebu. U rujnu 2013. godine primljen je na radno mjesto asistenta na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku. Student je sveučilišnog poslijediplomskog doktorskog studija Poljoprivredne znanosti, smjera Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo. Kao asistent završio je Program pedagoško-psihološke i didaktičko-metodičke izobrazbe na Fakultetu za odgojne i obrazovne znanosti u Osijeku. Također, sudjelovao je aktivno na domaćim i međunarodnim skupovima te na Festivalima znanosti i Danu doktorata u organizaciji Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku. Kao autor i koautor objavio je 7 radova u kategoriji A1, 19 radova u ostalim kategorijama te članak u knjizi. Suradnik je na stručnom projektu „Implementation of cross-border joint actions toward environment protection in agriculture“ (IMPACT ENVI) financiran iz Programa Interreg IPA CBC, Hrvatska – Srbija 2014.-2020. te na uspostavnom istraživačkom projektu Hrvatske zaklade za znanost (UIP-2017-05-7103) „Konsocijacija drvenstih vrsta i poljoprivrednih kultura kao inovativni pristup u agroekosustavu“ 2018. – 2023.