

Uticaj održivog đubrenja na parametre biogenosti zemljišta, masu 1000 zrna i prinos različitih genotipova kukuruza

Gorica Cvijanović¹, Marija Bajagić¹, Vesna Stepić², Jelena Marinković³, Zlatica Mamlić³, Nenad Đurić⁴, Slobodan Nićin⁵

¹Univerzitet u Bijeljini, Poljoprivredni fakultet, Pavčevića put bb Bijeljina. RS BiH

²Megatrend univerzitet, Fakultet za biofarming, Bul. Mihajla Pupina 117 Beograd, Srbija

³Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, Novi Sad, Srbija

⁴Institut za povrtarstvo, Karađirđeva 71, Smederevska Palanka, Srbija

⁵Visoka škola akademskih studija Dositej Beograd, Bul. Vojvode Putnika 7, Beograd, Srbija

*corresponding author: cvijagor@yahoo.com

Izvod

Abstract

Jedan od najvećih svetskih problema u poslednjih nekoliko decenija je proizvodnja hrane uz zaštitu zemljišta i resursa neophodnih za opstanak. Zemljište je jedan od najznačajnijih resursa za čovečanstvo, pa ga je veoma važno zaštititi od degradacije. Usled nedostatka dovoljnih količina organskog đubriva, potrebno je pronaći alternativu koja će zadovoljiti principe održive proizvodnje. Za cilj rada postavljeno je da se utvrdi uticaj primene mikrobiološkog preparata sa efektivnim mikroorganizmima u održivom sistemu đubrenja kukuruza. Ogled je postavljen kao dvofaktorijalni: Faktor A đubrenje (160 kg ha⁻¹-kontrola i 120 kg ha⁻¹ + mikrobiološki preparat sa efektivnim mikroorganizmima. Preparat je primenjen u zemljište 30 l ha⁻¹ pred setvu i u toku vegetacije u fazama 15 BBCH i 19 BBCH po 6 l ha⁻¹. Faktor B tri hibrida kukuruza ZP 427, ZP 548 i ZP 684. Na kraju vegetacije uzeti su uzorci za analizu ukupnog broja bakterija, brojnosti aminoheterotrofa, azotobaktera, gljiva i aktinomiceta. Nakon žetve utvrđena je masa 1000 zrna i prinos zrna. Primena efektivnih mikroorganizama u održivom đubrenju, uticala je na povećanje ispitivanih parametara osim broja gljiva koji je bio manji i brojnosti azotobaktera koja nije utvrđena ni u kontrolnoj varijanti broja zbog neadekvatnih osobina zemljišta. Masa 1000 zrna i prinos takođe su imali veće vrednosti nego u kontroli ali bez statističke značajne razlike. Na kraju se može zaključiti da se primenom preparata sa efektivnim mikroorganizmima uz manju količinu mineralnog azota za 40 kg ha⁻¹ mogu postići ekonomski opravdani prinosi i smanjenje degradacije zemljišta.

Ključne reči: Mikroorganizmi, kukuruz, đubrenje, masa 1000 zrna, prinos

Uvod

Introduction

Enorman ekonomski rast, utemeljen na permanentno rastućim nivoima proizvodnje i potrošnje, rezultirao je brojnim negativnim promenama u prirodnim ekosistemima i prouzrokovao je i brojne ekološke problem. Posledice sve intenzivnije urbanizacije, industrijalizacije i eksploatacije, dovele su do kontinuiranog smanjenja poljoprivrednog zemljišnog fonda u mnogim delovima Sveta i Evrope. Pored gubitka plodnih površina, veliki problem je degradacija zemljišta. Degradacija zemljišta, može se

definisati kao smanjenje obavljanja mnogih funkcije koje su značajne za čoveka, kao što su proizvodnja hrane i biomase, skladištenje, filtriranje i transformacija supstanci, uključujući vodu, azot i ugljenik (Nikolić et al., 2003; Lal, 2010). Obzirom da je ovo problem od koga zavisi opstanak čovečanstva, Organizacija za hranu i poljoprivredu (FAO) je 2015. godine proglasila zemljište neobnovljivim resursom na nivou ljudskog života.

Kao dominantan proces degradacije označena je erozija zemljišta, a kao posledica neadekvatnih oblika poljoprivrede, industrijskog i urbanog razvoja pojavili su se i novi tipovi fizičke, hemijske i biološke degradacije ili gubitak zemljišnog biodiverziteta. Zemljišni biodiverzitet definisan je varijacijom u genetičkom, specijskom i ekosistemskom diverzitetu, kao i raznovrsnošću od staništa do mikroagregata (UN, 1992; EEA, 2010). Ne sme se zaboraviti da je zemljište stanište četvrtini svih poznatih vrsta živog sveta planete Zemlje (SEPA, 2018). Najdinamičniji deo zemljišnog biodiverziteta su mikroorganizmi. Pretpostavlja se da postoji trillion različitih vrsta mikroorganizama, od čega samo nekoliko stotina hiljada vrsta je detaljno opisano (Dobrovol'skaya et al., 2014). Ovi organizmi su u interakciji međusobno, ali i sa biljkama i sitnim životinjama s kojima čine mrežu biološke aktivnosti zemljišta i od kojih zavisi biološka plodnost zemljišta. Biološka plodnost zemljišta predstavlja količinu živih mikroorganizama koji su uključeni u procese transformacije ugljenika i njegovog inkorporiranja u biomasu i stabilan humus, a koji su pod direktnim uticajem čoveka na poljoprivrednim površinama. U procesima koji su značajni za održavanje biološke plodnosti zemljišta najveći udeo imaju bakterije- aerobne (70%) anaerobne (13%), aktinomicete (13%), gljive (3%) zatim (alge, protozoe, virusi) 0,2-0,8% (Sudhanshu et al., 2023). U gramu plodnog zemljišta nalazi se 10^8 - 10^9 bakterija, 10^7 - 10^8 aktinomiceta i 10^4 - 10^5 gljiva (Torsvik, Ovreas, 2002).

Kao odgovor na navedene probleme i izazove, u fokus dolaze paradigme održivog razvoja generalno, koje je nezamislivo bez održivog upravljanja zemljištem. Šeremešić et al. (2021) ističu da globalno interesovanje za održivom proizvodnjom u svetu raste posebno u područjima gde je konvencionalni sistem proizvodnje degradirao resurse neophodne za poljoprivrednu proizvodnju. Jedan od značajnih standarda koji definise IFOAM je: „Očuvanje živog zemljišta. U tom cilju neophodno je primeniti tehnologiju proizvodnje kojom se podstiče aktivnost najvećeg dela mikrobiota u zemljištu“. To podrazumeva gajenje međuuseva, primenu zelenišnog đubriva, aktivatora komposta, a naročito primenu biofertilizatora sa visoko efektivnim sojevima mikroorganizama koji obezbeđuju snabdevanje biljaka biogenim elementima (Šeremešić i sar., 2017), u cilju smanjenja primene mineralnih đubriva (Cvijanović et al., 2018; 2018a).

U poslednje vreme sve više su zastupljena istraživanja primene inokulata sa mešavinom različitih benefitnih grupa mikroorganizama kao biofertilizatora ili biostimulatora u biljnoj proizvodnji. Primenom različitih grupa mikroorganizama u zemljištu se aktivira autohtona mikroflora pri čemu dolazi do brže mineralizacije organskih jedinjenja, kao i mobilizacije teško rastvorljivih neorganskih jedinjenja (Schimel, Bennett, 2004; Schmidt et al., 2011).

Obzirom na zastupljenost kukuruza u ishrani domaćih životinja i ljudi proizvodnja ove biljne vrste svstava se u prve tri u svetu i u Srbiji. Površine pod kukuruzom, proizvodnja zrna i prosečni prinosi, stalno se povećavaju. Prosečan prinos kukuruza u svetu povećan je u poslednjih trideset godina za skoro 70% (<https://www.fao.org/statistics/en>). To povećanje je rezultat stalnog napretka u oplemenjivanju i usavršavanju metoda gajenja pod uticajem razvoja industrije mineralnih đubriva i pesticida. Za postizanje visokih prinosa pored optimalnih agroekoloških uslova neophodno je biljke obezbediti sa 130-170 kg ha⁻¹N, 70-130 kg ha⁻¹P₂O₅ i 20-120 kg ha⁻¹K₂O.

Danas se pred naučnu i stručnu javnost postavlja pitanje rešavanja problema proizvodnje hrane za narastajuću populaciju u okruženju koje često nepovoljno za proizvodnju, uz očuvanje osnovnih resursa, među kojima značajno mesto pripada zemljištu. Zato je za cilj rada postavljeno ispitivanje mogućnosti održivog sistema proizvodnje kukuruza promovišući očuvanje najznačajnijih grupa zemljišnih mikroorganizama.

Materijal i metod

Materials and Methods

Eksperimentalna istraživanja su sprovedena 2018. godine u region Mačve na zemljištu koje je imalo jako kiselu reakciju (pH 4,01-4,17 u KCl). Prema sadržaju CaCO₃ svrstava se u bezkarbonatnu klasu. Prema sadržaju humusa ispitivano zemljište pripada klasi slabo humoznih zemljišta 1,86-2,30 %. Prema sadržaju fosfora (3,1-6,6 mg 100 g⁻¹) svrstava se u kategoriju veoma nisko obezbeđenim, a po sadržaju kalijuma (12,74-37,79 mg 100 g⁻¹) visoko i vrlo visoko obezbeđeno. Površina elementarne parcele bila je 14 m². Mikroprcele su postavljene po planu podeljenih parcela u tri ponavljanja. Predusev je bila pšenica. Sve agrotehničke mere su primenjene u optimalnim rokovima.

Na ogleđnoj parceli kao factor A primenjeni su različiti tretmani u ishrani izabranih hibrida (kontrola i održivo đubrenje). Na celoj površini u jesen je zaorano 30 t ha⁻¹ stajnjaka i 300 kg ha⁻¹ kompleksnog mineralnog NPK đubriva formulacije 15:15:15. Predsetveno i u prihrani unete su različite količine azotnog mineralnog đubriva kako bi se obezbedilo 160 (kontrola) i 120 kg ha⁻¹ azota (održivo). Za kontrolnu varijantu predsetveno je uneto azotno đubrivo 200 kg ha⁻¹ kalcijum amonijum nitrata sa 27 % N i u prihrani 127 kg ha⁻¹ amonijum nitrata sa 36% N. U održivoj varijanti đubrenja kukuruza, predsetveno je uneto 100 kg ha⁻¹ kalcijum amonijum nitrata i u prihrani 91 kg ha⁻¹ amonijum nitrata. U održivom načinu ishrane primenjen je mikrobiološki preparat EM Aktiv (trgovački naziv) sa velikom grupom različitih mikroorganizama (bakterije, gljive, aktinomicete). Preparat predstavlja varijantu EM tehnologije koja je deo istraživanja japanskih istraživača Higa (1994). Preparat je unet pred setvu 30 l ha⁻¹ i u toku vegetacije primenjen folijarno 2 puta u količini od po 6 l ha⁻¹. Folijarni tretmani su bili u fazama razvoja lista 15 BBCH i 19 BBCH. Izabrani su hibridi (factor B) različitih grupa zrenja ZP 427, ZP 548 i ZP 687 koji pripadaju tipu zuban žutozrna, selekcija Instituta za kukuruz Zemun Polje.

U fazi tehnološke zrelosti kukuruza uzimani su uzorci iz rizosfere korena biljaka za određivanje fiziološki različitih grupa mikroorganizama i to:

- Ukupan broj mikroorganizama, na zemljišnom agaru (razređenje 10^{-7}) (Pochon and Tardeaux, 1962);
- Broj azotobaktera, na Fjodorovoj podlozi metodom fertilnih kapi (razređenje 10^{-1}) (Anderson and Domsch, 1978);
- Broj aminoheterotrofa, na mesopeptonskom agaru (razređenje 10^{-7}) (Wollum, 1982);
- Broj gljiva na Čapekovom agaru (razređenje 10^{-4}) (Parkinson, 1982);
- Broj aktinomiceta na sintetičkom agaru (razređenje 10^{-4}) (Krasiljnikov, 1965).

Sastav podloga i vreme inkubacije su pripremljene prema Jarak i Đurić (2006). Mikrobiološke analize rađene su u tri ponavljanja, a broj mikroorganizama preračunat je na 1,0 gram apsolutno suvog zemljišta. Sva laboratorijska istraživanja obavljena su u laboratorijama Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu.

Osnovni agroekološki uslovi u toku vegetacije imaju veliki uticaj na proizvodnju kukuruza. Prosečne srednje dnevne temperature u vegetaciji kukuruza u 2018. godini bile su $19,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ukupna suma padavina bila je 406,4 mm, što predstavlja značajan deficit vode za vegetaciju kukuruza.

Utvrđene vrednosti parametara statistički su obrađene metodom analize varijanse u DSAASTAT programu, a razlike između tretmana testirane su LSD testom na nivou značajnosti od $p < 0,01$ i $p < 0,05$.

Rezultati i diskusija

Results and discussion

Diverzitet i brojnost mikrobnih zajednica u zemljištima je u direktnoj vezi sa fizičkim i hemijskim osobinama zemljišta, prilikom organske materije, sa klimatskim faktorima i nizom biotičkih faktora. Mikroorganizmi žive u širokom opsegu pH, što ukazuje na njihovu tolerantnost i sposobnost da se prilagođavaju na promene u životnoj sredini (Fierer et al., 2017). U zemljištima neutralne reakcije najbrojnije su bakterije. Alkalna zemljišta pružaju povoljnije uslove za razvoj aktinomiceta i alkalofilnih bakterija, dok kiselija zemljišta omogućavaju intenzivniji razvoj gljiva i acidofilnih bakterija (Jarak i Čolo, 2007). Ukupan broj mikroorganizama može se smatrati jednim od pokazatelja biogenosti zemljišta. Iako veći ukupan broj mikroorganizama ne predstavlja veću plodnost zemljišta, ipak to ukazuje na veći potencijal za formiranje organske materije, te su sve mere usmerene na povećanje ukupnog broja mikroorganizama opravdane. Ukupan broj mikroorganizama veći je u zemljištima sa dosta organske materije, neutralne reakcije i sa dobro regulisanim vodno-vazдушnim režimom. Na ukupan broj mikroorganizama značajan uticaj ima i biljka koja preko korenskih eksudata utiče na sastav i brojnost rizosfere mikroflore.

Prema rezultatima prikazanim u Tabeli 1 utvrđeno je da su obe varijable i njihov međusobni odnos imali visoko značajan uticaj na ukupan broj mikroorganizama. Prosečan ukupan broj mikroorganizama u varijanti gde su efektivni mikroorganizmi uneti u zemljište i folijarno primenjeni (održivo đubrenje) je za 15,22 % veći nego u kontrolnoj varijanti. U rizosferi sva tri ispitivana hibrida, u ovom sistemu đubrenja, utvrđeno je povećanje ukupnog broja mikroorganizama koje je bilo najveće kod hibrida ZP 548 (27,87%). Nominalno najveći broj mikroorganizama u obe varijante đubrenja utvrđen je u rizosferi hibrida ZP 684. Zato je povećanje njihovog broja najmanje 0,82%.

Grupi zemljišnih mikroorganizama koja je značajna za procese razlaganja proteina pripada velika grupa bakterija, gljiva i aktinomiceta koje imaju sposobnost stvaranja ekstracelularnih proteolitičkih enzima koji učestvuju u hidrolitičkoj razgradnji velikih proteinskih lanaca na manje jedinice koje biljka može da usvoji. U ovim procesima organska jedinjenja azota se transformišu do amonijaka ili amonijum jona pa se brojnost ove grupe mikroorganizama koristi kao indikator sadržaja organskih jedinjenja azota u zemljištu (Jarak i Čolo, 2007). Na broj aminoheterotrofa ispitivane varijable su uticale različito. Način ishrane biljaka nije iskazao statistički značajan uticaj na promenu broja ove grupe mikroorganizama, dok su eksudati korenskih izlučevina biljaka imali značajan uticaj ($p < 0,05$). Prosečan broj aminoheterotrofa u održivom sistemu đubrenja bio je u proseku za 6,37 % veći nego u kontrolnoj varijanti, ali bez statističke značajnosti. Najmanje povećanje ove grupe organizama zabeleženo je u rizosferi hibrida ZP 427, a najveće kod hibrida ZP 684. Brojnost aminoheterotrofa u rizosferi ovog hibrida bila je statistički visoko značajno veća u odnosu na druga dva hibrida.

Poznato je da efekat ishrane biljaka azotom zavisi od genotipa, te kasnijasiji hibridi jače reaguju na intezivnu ishranu azotom, jer imaju duži vegetacioni period, te i period usvajanja azota koji ima uticaj na razvoj korena i cele biljke.

Tabela 1. Ukupan broj mikroorganizama i brojnost aminoheterotrofa u zavisnosti od načina đubrenja
Table 1. The total number of microorganisms and the number of aminoheterotrophs depending on the method of fertilization

Hibridi (A)	Ukupan broj mikroorganizama (x 10 ⁷ CFU g ⁻¹ apsolutno suvog zemljišta)			Brojnost amonifikatora (x 10 ⁷ CFU g ⁻¹ apsolutno suvog zemljišta)		
	160	120+EM	(%)	160	120+EM	(%)
Đubrenje (B) N (kg ha ⁻¹)						
ZP 427	165,33	199,07	20,38	41,33	41,67	0,82
ZP 548	130,88	167,36	27,87	36,74	37,17	1,17
ZP 684	174,42	175,86	0,82	72,09	89,89	24,69
Prosek	156,88	180,76	15,22	50,05	53,24	6,37
LSD test najmanje značajne razlike						
	A**	B**	A x B**	A	B*	A x B**
0,05	28,82	27,02	46,79	13,79	9,98	17,19
0,01	47,79	40,93	7090	22,85	15,04	26,05

U Tabeli 2 prikazana je dinamika promene broja gljiva i aktinomiceta. Gljive učestvuju u procesima mineralizacije organske materije, posebno teže razgradivih ugljenikovih jedinjenja. Preferiraju zemljišta sa kiselim reakcijama što se pokazalo u sprovedenim istraživanjima. Prosečan broj gljiva bio je statistički visoko značajno veći u kontrolnoj varijanti. Obzirom da je u održivom đubrenju manja količina azota a kako je primenjen i mikrobiološki preparat može se reći da je došlo do promene u sastavu rizosferne mikrobne populacije značajnim smanjenjem brojnosti gljiva od -50,07 do -58,35%. Hibridi i interakcija sa načinom đubrenja takođe, su visoko značajno uticali na dinamiku broja gljiva. Najveći broj gljiva i najmanji procenat smanjenja njihovog broja bio je kod hibrida ZP 684.

Aktinomicete su heterotrofne zrakaste bakterije. Njihova uloga je značajna u procesima humifikacije, i mineralizacije organske materije te su uključene u cikluse ugljenika, azota, fosfora, sumpora, gvožđa. Ispitivane varijable i njihov međusobni odnos su uticali na povećanje broja aktinomiceta statistički značajno ($p < 0,05$). Pri održivom đubrenju povećanje broja aktinomiceta bilo je 44,17%. Najveći broj aktinomiceta utvrđen je u rizosferi hibrida ZP 427, dok je najveći procenat povećanja njihovog broja bilo u rizosferi hibrida ZP 684.

Tabela 2. Brojnost gljiva i aktinomiceta u zavisnosti od načina đubrenja

Table 2. The abundance of fungi and actinomycetes depending on the method of fertilization

Hibridi (A)	Brojnost gljiva (x 10 ⁴ CFU g ⁻¹ apsolutno suvog zemljišta)			Brojnost aktinomiceta (x 10 ⁴ CFU g ⁻¹ apsolutno suvog zemljišta)		
	160	120+EM	(%)	160	120+EM	(%)
Đubrenje (B) N (kg.ha ⁻¹)						
ZP 427	43,63	25,46	-58,35	17,55	23,71	35,10
ZP 548	27,55	13,94	-50,59	13,78	20,91	51,74
ZP 684	59,69	29,89	-50,07	13,95	20,69	48,31
Prosek	43,62	23,10	-52,95	15,10	21,77	44,17
LSD test najmanje značajne razlike						
	A*	B*	A x B	A*	B*	A x B*
0,05	4,53	6,81	11,80	6,18	6,59	11,42
0,01	12,58	16,67	28,87	10,25	9,99	17,30

Bakterije roda *Azotobacter* su veoma osetljive na osobine i promene osobina zemljišta. Za svoj razvoj zahtevaju prisustvo kiseonika. Brojnost i aktivnost bakterija ovog roda je uglavnom zavisna od pH zemljišta, prisustva organske materije, fosfora, azota i molibdena (Janwali et al., 2015). *Azotobacter* ima blagotvorno dejstvo na rast i prinos useva kroz biosintezu biološki aktivnih supstanci, stimulaciju mikroba rizosfere, proizvodnju fiopatogenih inhibitora (Chen, 2006; Lenart, 2012), modifikaciju uzimanja hranljivih materija i konačno povećanje biološke fiksacije azota (Kizilkaya, 2009). Obzirom da je ispitivano zemljište kisele reakcije sa veoma niskim sadržajem neophodnih elemenata za razvoj ove grupe bakterija, njihovo prisustvo nije utvrđeno.

Dobijeni rezultati su kompatibilni sa rezultatima većeg broja autora koji su utvrdili da kukuruz svojim korenskim izlučevinama može značajno da utiče na sastav i brojnost mikroorganizama u rizosferi. U istraživanjima Kandeler et al. (2002) utvrđeno je da diverzitet populacije bakterija i njihova aktivnost u rizosferi variraju pod uticajem izlučevina korena kukuruza. Prema podacima u literaturi utvrđeno je da su u rizosferi kukuruza zastupljeni predstavnici različitih rodova *Pantoea*, *Bacillus*, *Burkholderia* i *Klebsiella* (Igiehon et al., 2019). Prema istraživanjima Cvijanović et al. (2006) utvrđeno je da je na parametre prinosa kukuruza značajan uticaj imali rodovi *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Beijerinckia* i *Derx* nakon inokulacije semena

Iako su osobine zemljišta veoma ograničene za proizvodnju kukuruza, na osnovu dobijenih rezultata može se reći da je pozitivan uticaj primene mikrobiološkog preparata. Ovo je posebno značajno za površine čije su vrednosti agrohemijskih parametara ispod optimalnih za proizvodnju kukuruza, kao i kada su nepovoljni agroklimatski uslovi. Veliki broj autora ističe značaj pojedinih grupa mikroorganizama u poljoprivrednoj proizvodnji koji se mogu koristiti kao biostimulatori ili biođubriva. Oni povećavaju rast useva i prinos putem niza različitih mehanizama koji obuhvataju stimulaciju mikrobne aktivnosti u zemljištu i povećanje aktivnosti enzima u zemljištu ili hormona rasta biljaka. Mikroorganizmi kao što su: *Azotobacter*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Azospirillum*, *Pseudomonas* i *Rhizobium* se široko koriste kao biođubriva i biokontrolna sredstva za redukciju agrohemijski inputi za unapređenje poljoprivrede (Sindhu et al., 2010). Primena biostimulanasa u poljoprivrednoj proizvodnji je strogo razmatrana u prethodnih deset godina, a u poslednje vreme pod novom Uredbom EU 2019/1009, koja je usmerena na sledeće: „Biološki biostimulans će biti artefakt za đubrenje u EU, a svrha je da unapredi ishrana biljaka samostalno od artefakta“. Primena mikrobioloških preparata je u saglasnosti sa evropskom regulativom (EU Regulations EC No 1069/2009) koja promovise korišćenje biostimulatora koji bi imali za cilj povećanje efikasnosti hranljivih materija, toleranciju na stres biljaka ili bolju dostupnost ograničenih hranljivih materija.

Prinos zrna kukuruza zavisi od hibrida, agroekoloških uslova i nivoa primenjene tehnologije gajenja. Pri tome, uticaj hibrida iznosi 46-51%, agroekoloških uslova 9-23%, a agrrotehnike 31-40% (Jevtić 1986). Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da ispitivane varijable nisu iskazale statistički značajan uticaj na masu 1000 zrna niti na prinos zrna. Na osnovu prikazanih rezultata u Tabeli 3 uočava se da je utvrđeno povećanje koje je kod mase 1000 zrna iznosilo 0,69%, a kod prinosa 7,22%. Iako razlike nisu bile statistički značajne, ipak se ne sme zanemariti količina zrna koja je bila veća pri manjoj količini mineralnog azota uz primenu efektivnih mikroorganizama. Ovaj značaj proističe i iz činjenice da je to postignuto sa količinom mineralnog azota od 40 kg ha⁻¹.

Tabela 3. Masa 1000 zrna i prinos zrna u zavisnosti od načina đubrenja
Table 3. Mass of 1000 grains and grain yield depending on the method of fertilization

Hibridi (A)	Masa 1000 zrna (g)			Prinos (t ha ⁻¹)		
Đubrenje (B) N (kg.ha ⁻¹)	160	120+EM	(%)	160	120+EM	(%)
ZP 427	381,47	385,13	0,96	8,46	9,11	7,68
ZP 548	380,07	380,27	0,05	7,87	9,06	15,12
ZP 684	379,60	383,60	1,05	7,67	7,77	1,03
Prosek	380,38	383,00	0,69	8,03	8,61	7,22
LSD test najmanje značajne razlike						
	A	B	A x B	A	B	A x B
0,05	2,43	3,98	6,88	1,93	0,72	1,25
0,01	4,03	6,02	10,43	3,20	1,09	1,89

Zaključak

Conclusion

Na osnovu dobijenih rezultata može se reći da su ipitivani mikrobn parametri biogenosti zemljišta bili pod značajnim uticajem ispitivanih faktora. Prema agrohemijskim osobinama zemljišta može se zaključiti da je veoma nepovoljno za gajenje kukuruza.

Način đubrenja i osobine hibrida kao i njihov međusobni odnos je statistički visoko značajno uticao samo na povećanje ukupnog broja mikroorganizama. Na povećanje brojnosti aminoheterotrofa hibridi su imali značajan uticaj, dok način đubrenja nije inao značajan uticaj. Povećanje brojnosti aktinomiceta bilo je značajno zavisno od načina đubrenja i hibrida. Brojnost azotobaktera nije utvrđena jer su osobine zemljišta bile nepovoljne za razvoj ove grupe bakterija. Na brojnost gljiva oba faktora su značajno uticala na smanjenje njihove brojnosti. Unošenjem mikrobiološkog preparata u zemljište prtpostavlja se da je došlo do promene uslova za razvoj gljiva. Ako se uzme u obzir i da je uneta manja količina azota može se zaključiti da je došlo da produkcije manjih količina kiselih jedinjenja. U rizosferi hibrida ZP 684 utvrđena je najveća brojnost ispitivanih grupa mikroorganizama.

Na masa 1000 zrna i prinos zrna održivo đubrenje je pozitivno uticalo. Kod svih hibrida utvrđena su povećanja ove dve ispitivane osobine, ali razlike nisu bile statistički značajne. Najveće povećanje mase 1000 zrna bilo je kod hibrida ZP 684, dok je najveći procenat povećanja prinosa zrna bio kod hibrida ZP 548.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se kukuruz može uspešno proizvoditi u odživim sistemima gde je pored 120 kg ha⁻¹ primenjen mikrobiološki preparat pri čemu se postižu ekonomski i ekološki principi održivosti. Takođe, primena preparata sa efektivnim mikroorganizmima bila bi neophodna u uslovima kada se proizvodnja odvija na zemljištu niske proizvodne sposobnosti i

izraženim nepovoljnim uslovima. Dugogodišnjom primenom ovakvih preparata značajno se može uticati na smanjenje degradacije zemljišta.

Buduća istraživanja treba usmeriti na iznalaženje kompatibilnih hibrida sa efektivnim mikroorganizmima kao i mikrobiološke preparate sa ovim grupama mikroorganizama uvesti kao obaveznu agrotehničku meru.

Literatura

References

- Anderson JPE, Domsch KH. 1978: A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology & Biochemistry* 10: 215-221.
- Chen J. 2006: The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient *Crop Production and Fertilizer Use*, Thailand, 1-10.
- Cvijanović G, Cvijanović D, Subić J. 2006: Različiti sistemi đubrenja u proizvodnji kukuruza u funkciji održivosti poljoprivrede i ruralnih naselja, *Ekonomika poljoprivrede*, LIII(3): 903-913
- Cvijanović G, Udvardi I, Stepić V, Đurić N., Cvijanović V., Đukić V., Dozet G. 2018: Masa 1000 zrna i visina prinosa kukuruza gajenog u konvencionalnoj i organskoj proizvodnji Zbornik naučnih radova Institut PKB Agroekonomik, Beograd, vol.24 br.1-2, 93-99. UDK 167.7:63 ISSN: 0354-1320 ISSN: 0354-1320 UDK rada: 633.154.012.5.31.147 str 123-131
- Cvijanović G, Cvijanović V, Đurić N, Živanović Lj, Roljević S. 2018a: Effects of diazotrof on quality of wheat and land grain in sustainable wheat production *Knowledge – International Journal* 26.5: 1393-1399
- Dobrovol'skaya GT, Zvyagintsev GD, Cherov I, Golovchenko WA, Zenova MG, Lysak VL, Manuchova AN, Marfenina O, Polznskaży OL, Stepanov LA, Umarov M. 2014: The role of microorganisms in the ecological functions of soils. *Eurasian Soil Science* 48(9): 959-967
- EU Regulation of the European parliament and of the council laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and Repealing Regulation (EC) No 2003/2003; 2019
- Higa T, Parr J. 1994: Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research Center Atami, Japan
- Fierer N. 2017: Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. *Nat. Rev. Microbiol.* 15: 579–590
- Igiehon NO, Babalola OO, Aremu BR. 2019: Genomic insights into plant growth promoting rhizobia capable of enhancing soybean germination under drought stress. *BMC Microbiol.* 19: 1–22.

- Jarak M, Đurić S. 2006: Praktikum iz miikrobiologije. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakulet, Novi Sad.
- Jevtić S. 1986: Kukuruz. Naučna knjiga, Beograd
- Jnawali DA., Ojha BE. Marahatta S. 2015: Role of Azotobacter in Soil Fertility and Sustainability–A Review Advances in *Plants Agriculture Research* 2 (6) 1-5
- Kandeler E, Marschner P, Tscherko D, Gahoonia ST. Nielsen EN. 2002: Microbial community composition and functional diversity in the rhizosphere of maize, *Plant and Soil* 238: 301–312.
- Kizilkaya R, 2009: Nitrogen fixation capacity of Azotobacter spp. Strains isolated from soils in different ecosystems and relationship between them and the microbiological properties of soils. *J Environ Biol* 30(1): 73-82.
- Krasiljnikov NA. (Ed.): Biology of some actinomycetes groups. Science. Moskva. 1965.
- Lal R. 2010: Managing Soils and Ecosystems for Mitigating Anthropogenic Carbon Emissions and Advancing Global Food Security, *Bioscience*, 60: 708–712
- Lenart A. 2012: Occurance Characteristics and Genetic Diversity of *Azotobacter chroococcum* in Various Soils of Southern Poland. *Pol J Environ Stud* 21(2): 415-424.
- Nikolić R, Savin L, Gligorić R. 2003: Uticaj sabijanja zemljišta na prinos suncokreta i soje. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 29(4): 229-233.
- Parkinson D. 1982: Filamentous fungi. In *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed., Ed. A.L. Page, 949-968., American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI
- Pochon J, Tardieux P. (1962): *Techniques d, analyse en microbiologie du soil*, edit. de la Tourelle, Paris, France
- <https://sepa.gov.rs/wp-content/uploads/2024/10/Vodic-Odrzivo-Upravljanje-Zemljistem.pdf>
- Sindhu SS, Verma N, Dua S, Chaudhary D. 2010: Biofertilizers applications for growth stimulation of horticultural crops. *Haryana J. Hort. Crops*. 39: 48-70.
- Schimel JP, Bennett J. 2004: Nitrogen mineralization: challenges of a changing paradigm. *Ecology*. 85: 591-602.
- Schmidt MWI, Torn MS, Abiven S, Dittmar T, Guggenberger G, Janssens IA. 2011: Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*. 478: 49-56.
- Sudhanshu S, Deshans C, Sandeep Kumar V. 2023: Soil microorganism, and role, *Agriculture magazine* 2(3) 179-182
- Torsvik V, Ovreas L. 2002: Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. *Curr Opin Microbiol* 5(3): 240-245 DOI:10.1016/S1369-5274(02)00324-7

- Šeremešić S, Vojnov B, Manojlović M, Milošev D, Ugrenović V, Filipović V, Babec B. 2017: Organska poljoprivreda u službi biodiverziteta i zdravlja. Letopis naučnih radova. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad. 41(2):51-60.
- Šeremešić S, Dolijanović Ž, Tomaš-Simin M, Vojnov B, Trbić DG. 2021: The Future We Want: Sustainable Development Goals Accomplishment with Organic Agriculture Przyszłość, której chcemy: możliwości osiągnięcia Celów Zrównoważonego Rozwoju w rolnictwie ekologicznym. Problemy Ekorozwoju 16(2):171-180.
- Wollum AG. 1982: Cultural methods for soil microorganisms, in Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, eds A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney (Madison, WI: American Society of Agronomy Monograph 9), 781–802.

The influence of sustainable fertilization on the parameter of soil biogenicity, weight of 1000 grains and the yield of different maize genotypes

Gorica Cvijanović¹, Marija Bajagić¹, Vesna Stepić², Jelena Marinković³, Zlatica Mamlić³, Nenad Đurić⁴, Slobodan Nićin⁵

¹Univerzitet u Bijeljini, Poljoprivredni fakultet, Pavčevića put bb Bijeljina. RS BiH

²Megatrend univerzitet, Fakultet za biofarming, Bul. Mihajla Pupina 117 Beograd, Srbija

³Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, Novi Sad, Srbija

⁴Institut za povrtarstvo, Karađirđeva 71, Smederevska Palanka, Srbija

⁵Visoka škola akademskih studija Dositej Beograd, Bul. Vojvode Putnika 7, Beograd, Srbija

*corresponding author: cvijagor@yahoo.com

Abstract

One of the world's biggest problems in the last few decades is the production of food while protecting the land and resources necessary for survival. Land is one of the most important resources for humanity, so it is very important to protect it from degradation. Due to the lack of sufficient quantities of organic fertilizer, it is necessary to find an alternative that will meet the principles of sustainable production. The goal of the work was to determine the impact of the application of a microbiological preparation with effective microorganisms in a sustainable corn fertilization system. The experiment was set up as a two-factorial: Factor A fertilization (160 kg ha⁻¹-control and 120 kg ha⁻¹ + microbiological preparation with effective microorganisms. The preparation was applied to the soil 30 l ha⁻¹ before sowing and during the growing season in phases 15 BBCH and 19 BBCH per 6 l ha⁻¹. Factor B of three maize hybrids ZP 427, ZP 548 and ZP 684. At the end of the growing season, samples were taken for the analysis of the total number of bacteria, azotobacteria, fungi and actinomycetes. After the harvest, the weight of 1000 grains and the yield of grains were determined. was also lower in the abundance of azotobacter, which was not determined even in the control variant, due to inadequate soil properties.

Mass of 1000 grains and yield also had higher values than in the control, but without statistically significant difference.

In the end, it can be concluded that by applying preparations with effective microorganisms with a smaller amount of mineral nitrogen by 40 kg ha⁻¹, economically justified yields and the possibility of reducing soil degradation can be achieved.

Key words: Microorganisms, corn, fertilization, mass of 1000 grains, yield

Received 18.11.2024

Revised 20.12.2024

Accepted 26.12.2024