



Uticaj organskog i konvencionalnog sistema poljoprivredne proizvodnje na kvalitet zemljišta

Maja Manojlović^{a*}, Mirna Štrbac^a, Vladimir Ćirić^a, Ranko Čabilovski^a,
Dragan Kovačević^a, Klara Petković^a

^aUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija

*Autor za kontakt: maja.manojlovic@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

Čovek svojom aktivnošću, pre svega poljoprivrednom proizvodnjom, može da poveća ili smanji plodnost zemljišta, jedno od njegovih najvažnijih svojstava za proizvodnju hrane. Plodnost zemljišta predstavlja dinamično stanje svih fizičkih, hemijskih i bioloških svojstava i procesa u zemljištu, od kojeg zavisi produktivnost proizvodnje. Intenzivno korišćenje zemljišta tokom poslednjih decenija u velikoj meri je uticalo na promenu njegovih osobina. Pogoršanju svojstava zemljišta podjednako je doprinela hemizacija poljoprivrede, kao i intenzivnije korišćenje poljoprivredne mehanizacije. Najvažniji štetni procesi koji se odigravaju u poljoprivrednom zemljištu su: opadanje sadržaja organske materije, kvarenje strukture, sabijanje i kontaminacija zemljišta, zaslanjivanje, alkalizacija, zakišeljavanje... Sistem organske proizvodnje podrazumeva primenu odgovarajućih agrotehničkih mera poput plodoređa, redukovane obrade zemljišta, primenu organskih i zelenišnih đubriva, gajenje pokrovnih useva i zaoravanje žetvenih ostataka. Sve ove mere dovode do aktiviranja mikrobioloških procesa i poboljšanja fizičkih, hemijskih i mikrobioloških svojstava zemljišta uz smanjenu pojavu erozije. Usled smanjene proizvodnje stajnjaka, javlja se potreba za pronalaženjem alternativnih organskih materijala koji bi mogli da ga zamene i povećaju plodnost zemljišta.

KLJUČNE REČI: plodnost zemljišta; sistemi poljoprivredne proizvodnje; organska poljoprivreda; konvencionalna poljoprivreda

Uvod

Zemljište je jedan od najvažnijih resursa u proizvodnji hrane i potrebe za obradivim zemljištem sve više rastu. Ono predstavlja tanak površinski rastresiti sloj Zemljine kore, čija debljina uglavnom ne prelazi 2 do 3 m. S obzirom da kvalitet proizvoda biljnog porekla velikim delom zavisi od zemljišta, očuvanje njegovih svojstava ima ekološki i ekonomski značaj. Kvalitet zemljišta je definisan kao sposobnost zemljišta da ostvaruje svoje funkcije u granicama ekosistema, održavajući biološku aktivnost i obezbeđujući životnu sredinu za biljke i životinje (Doran et al., 1994). Sposobnost zemljišta da izvršava bilo koju od brojnih funkcija (proizvodnja hrane i biomase; skladištenje i čuvanje hranljivih materija od ispiranja; životna sredina za čoveka; izvor biodiverziteta; zaštita arheološkog nasleđa; kulturne usluge; i sekvencijacija ugljenika (C)), zavisi od njegovih fizičkih, hemijskih i bioloških svojstava (Tóth et al., 2007). Imajući u vidu značaj zemljišta, prema odluci FAO (2015) zemljište je proglašeno neobnovljivim resursom, odnosno za njegovo obnavljanje je potrebno mnogo vremena.

Čovek korišćenjem zemljišta, pre svega poljoprivrednom proizvodnjom, može da poveća ili smanji njegovu plodnost. Konvencionalna (industrijska) poljoprivreda u osnovi ima dva cilja: maksimalnu produktivnost i profit (Kovačević i sar., 2011). Konvencionalni načini poljoprivredne proizvodnje, osim obezbeđenja dovoljne količine hrane i drugih proizvoda, mogu da dovedu do različitih negativnih posledica, kao što su preterana akumulacija hraniva u zemljištu, ispiranje nitrata, gubitak organske materije i narušavanje biodiverziteta (Manojlović i Pivić, 2020).

Održiva poljoprivreda je sistem proizvodnje koji je nastao kao reakcija na posledice konvencionalnog načina proizvodnje. Po definiciji FIBL/IFOAM (2016) organska poljoprivreda je holistički proizvodni sistem rukovođenja koji promoviše i unapređuje zdravlje agroekosistema, uključujući biodiverzitet, biološke cikluse i biološku aktivnost zemljišta. U odnosu na konvencionalnu proizvodnju, u kojoj su ekonomski parametri osnovno merilo uspešnosti, organska poljoprivreda se oslanja na lokalno dostupne resurse sa farme i osnova uspešnosti ove proizvodnje je održivost ekosistema i plodnost zemljišta. Međutim, i ovakav sistem proizvodnje može da ima određene negativne uticaje na svojstva zemljišta, posebno ako proizvodnja nije u potpunosti u skladu sa principima organske poljoprivrede.

Zemljište nastaje kao proizvod pedogenetskih faktora (reljefa, matičnog supstrata, klime, organskog sveta i starosti terena). Plodnost zemljišta je kompleksna odlika svakog zemljišta i

predstavlja dinamično stanje svih fizičkih, hemijskih i bioloških svojstava i procesa u zemljištu. Plodnost zemljišta se najčešće definiše u smislu sposobnosti zemljišta za snabdevanje useva hranivima, međutim Swift & Palm (2000) sugerišu da je korisnije posmatrati plodnost zemljišta kao koncept ekosistema koji integriše različite funkcije zemljišta, uključujući snabdevanje hranljivim materijama koje su neophodne za biljnu proizvodnju. Plodnost zemljišta zavisi od mera koje se primenjuju u poljoprivrednoj proizvodnji, kao što su sistemi gajenja biljaka, obrada zemljišta, ishrana biljaka, navodnjavanje, zaštita useva i dr.

Usled nepravilnog načina korišćenja, pojedinih mera upravljanja zemljištem, kao i klimatskih uticaja, može doći do pogoršanja dobrog prirodnog kvaliteta zemljišta (Gregorich and Carter, 1997). "Zdravo poljoprivredno zemljište" je zemljište koje je sposobno da omogući proizvodnju hrane i vlakana do nivoa i kvaliteta dovoljnog da se zadovolje ljudske potrebe, zajedno sa kontinuiranim pružanjem ostalih usluga ekosistema koje su neophodne za održavanje kvaliteta života ljudi i očuvanje biološke raznolikosti (Kibblewhite et al., 2008). Intenzivno korišćenje zemljišta tokom poslednjih decenija je u velikoj meri uticalo na promenu njegovih fizičkih, hemijskih i bioloških osobina i dovelo do narušavanja njegovih svojstava. Degradirano zemljište je izgubilo stvarnu ili potencijalnu produktivnost usled prirodnih i antropogenih faktora (Lal, 1997). Degradacija zemljišta uzrokovana čovekovom aktivnošću se može definisati kao skup procesa koji smanjuju sadašnji i budući potencijal zemljišta (Hadžić i sar., 1996). Prema Uputstvu za opštu procenu oštećenja zemljišta (Oldeman, 1995), postoji degradacija odnošenjem (erozijom) i degradacija *in situ*. Posebno je značajna degradacija unutar samog profila zemljišta: pogoršanje njegovih hemijskih, fizičkih i bioloških svojstava što podrazumeva poremećaj u biološkoj i mikrobiološkoj aktivnosti zemljišta (Sekulić i sar., 2003). Pogoršanju svojstava zemljišta doprinosi hemizacija i intenzivnije korišćenje mehanizacije u poljoprivredi.

Svojstva zemljišta, koja se koriste kao indikatori kvaliteta, mogu se grupisati u četiri osnovne grupe: fizička svojstva/indikator; hemijska svojstva/indikator; biološka svojstva/indikator; i vidljiva svojstva /indikator (Nortcliff, 2002).

Uticaj konvencionalne i organske proizvodnje na fizička svojstva zemljišta

U osnovna fizička svojstva se svrstavaju: zapreminska masa zemljišta, mehanički sastav, struktura, poroznost, vodni i vazdušni režim zemljišta, dok su kretanje, zadržavanje i dostupnost vode i hranljivih materija biljkama; lakoća prodora korena i protok toplote i vazduha direktno povezani sa fizičkim svojstvima zemljišta (Phogat et al., 2015).

Obrada zemljišta utiče na fizička, hemijska i biološka svojstva zemljišta, različitim intenzitetom, što vodi do sabijanja i pojave erozije zemljišta. U savremenoj poljoprivrednoj proizvodnji najveći uticaj na sabijanje zemljišta, usled gaženja, imaju poljoprivredne mašine (Savin i sar., 2009). Usled sabijanja zemljišta najčešće dolazi do smanjenja vodopropustljivosti, povećanja površinskog oticanja, erozije, stvaranja vodoleža i smanjenja rasta korena, koji je obrnuto proporcionalan penetracionom otporu zemljišta. Ovakve promene izazvane sabijanjem zemljišta dovode do njegove degradacije i smanjenja njegove produktivne sposobnosti (Čirić i sar., 2012). Prema Bossio et al. (2010) 40% poljoprivrednog zemljišta u svetu je umereno degradirano, pri čemu su prinosi na tim zemljištima značajno redukovani, 9% je nepovratno degradirano, što ima za posledicu smanjenje prinosa za 13%. Sabijanje je uzrok degradacije 33 miliona ha poljoprivrednih zemljišta u Evropi (Akker and Canarache, 2001), a prema raspoloživim podacima površine na kojima bi mogle da se sprovedu mere popravke zemljišta usled prekomernog sabijanja iznose oko 1.000.000 ha u Republici Srbiji (Nikolić i Savin, 2005). Intenzivna i dugotrajna obrada oranica u konvencionalnoj proizvodnji, osim sabijanja zemljišta, dovodi do mrvljenja i sitnjenja strukturnih agregata i povećanja vrednosti zapreminske mase što direktno utiče na promene u poroznosti zemljišta. Stepem sabijanja zavisi od: čvrstoće zemljišta, koja je određena mehaničkim sastavom i sadržajem organske materije; strukture oraničnog horizonta i njegove vlažnosti; osovinskog opterećenja, dimenzija pneumatika i brzine izvođenja agrotehničkih operacija, kao i od interakcije zemljište-pneumatik (Gajić, 2006).

Sa aspekta poljoprivredne proizvodnje različita zemljišta ili pojedini slojevi zemljišta smatraju se sabijenim kada im je ukupna i diferencijalna poroznost takva da ograničava kretanje vode i vazduha, kao i kada su pore tako male da ometaju normalan razvoj i prodiranje korenovog sistema (Sekulić i sar., 2003). U istraživanju Nozdrovický (2007) i Komissarov i Klik (2020), primenom konvencionalne tehnologije obrade utvrđene su najmanje vrednosti zapreminske mase zemljišta u površinskom sloju u odnosu na zaštitne tehnologije obrade, dok je primena redukovane tehnologije i tehnologije direktne setve (Nozdrovický, 2007) povećala zapreminsku masu zemljišta u celom profilu, odnosno do dubine 0,35 m. U istraživanjima uticaja različitih agrotehničkih mera (primena razrivača, svinjskog stajnjaka, mineralnog đubriva i mikrobiološkog đubriva) na sabijenost zemljišta Savin i sar. (2010; 2011), utvrdili su da je unošenje stajnjaka najbolja agrotehnička mera za smanjenje sabijanja zemljišta. U poređenju

sa konvencionalnom proizvodnjom (Tabela 1), organska proizvodnja ima mnogo veći potencijal za poboljšanje kvaliteta zemljišta. Značajnu ulogu u zaštiti zemljišta imaju konzervacijski sistemi obrade. Prelazak sa konvencionalne na konzervacijsku obradu može poboljšati strukturu zemljišta, povećati nivo organskog ugljenika u zemljištu, umanjiti rizike od erozije zemljišta, sačuvati vodu u zemljištu, smanjiti fluktuacije temperature zemljišta, odnosno poboljšati njegov kvalitet. Princip konzervacijske obrade podrazumeva održavanje površinskog pokrivača zemljišta zadržavanjem biljnih ostataka, što je moguće postići praktikovanjem sistema bez obrade (*No-till*) i minimalnim mehaničkim prevrtanjem zemljišta. Zadržavanje biljnih ostataka na površini zemljišta štiti zemljište od direktnog uticaja kišnih kapi i sunčeve svetlosti, dok minimalno narušavanje zemljišta povećava biološku aktivnost zemljišta, kao i kretanje vode i vazduha (Busari et al., 2015). Uvođenje redukovane obrade predstavlja jednu od sve učestalijih agrotehničkih mera u cilju očuvanja plodnosti zemljišta i njegovog kvaliteta (Šeremešić i sar., 2016). Smanjenje broja prohoda i dubine rada ima svoje pozitivne strane koje se ogledaju u: uštedi u vremenu i troškovima, poboljšanju strukture, sprečavanju preterane zbijenosti zemljišta, povećanju sadržaja humusa, čuvanju vlage tokom vegetacije i poboljšanju aeracije. Redukcija u obradi i/ili njen potpuni izostanak prouzrokuje manji sadržaj makropora i povećanje mikroporoznosti.

Tabela 1.

Uticaj organskog i konvencionalnog sistema proizvodnje na fizička svojstva zemljišta

Table 1.

Influence of organic and conventional production system on physical soil properties

Ispitivan parametar	Uticaj organske i konvencionalne proizvodnje	Reference
Zapreminska masa zemljišta	Zapreminska masa je posle dve godine manja na parcelama đubrenim organskim đubrivima u poređenju sa sintetičkim đubrivima.	Bulluck et al. (2002)
	Kod 7 ispitivanih kultura u organskoj proizvodnji vrednosti zapreminske mase zemljišta su uglavnom bile niže od granice maksimalno dozvoljene sabijenosti, dok je vrednost u konvencionalnoj proizvodnji pšenice bila viša od te granice. Penetrometrijski otpor u konvencionalnoj proizvodnji pšenice je bio znatno viši u oraničnom sloju u odnosu na organsku proizvodnju pšenice, dok u podoraničnom nije bilo razlika.	Čirić i sar. (2015)
	U organskom sistemu proizvodnje utvrđena je manja vrednost zapreminske mase u površinskom i potpovršinskom sloju u odnosu na konvencionalnu proizvodnju.	Štrbac i sar. (2019)
Zapreminska masa i kapacitet zadržavanja vode	Vrednost zapreminske mase je bila niža ($1,22 \text{ g cm}^{-3}$) a kapacitet zadržavanja vode je bio veći (32,1%) u dugotrajnoj organskoj u odnosu na konvencionalnu proizvodnju ($1,35 \text{ g cm}^{-3}$) i (28,3%).	Sihi et al. (2017)
Stabilnost i distribucija strukturnih agregata	Povećana stabilnost agregata u zemljištima pod organskim upravljanjem u poređenju sa konvencionalno upravljanim zemljištima, utvrđena je nakon 21. godine istraživanja.	Mader et al. (2002)
	Organska poljoprivreda poboljšava stabilnost strukturnih agregata i povećava sadržaj organske materije u zemljištu, a pogoršava njihovu distribuciju.	Nešić et al. (2014); Bai et al. (2018)
Stabilnost strukturnih agregata i sadržaj vlage	Stabilnost agregata i sadržaj vlage u zemljištu bio je veći u organskoj u odnosu na dva ispitivana konvencionalna sistema.	Schrama et al. (2018)
Infiltracija vode, stabilnost zapreminska masa zemljišta, poroznost, zasićena hidraulična provodljivost	Organska proizvodnja povećala je infiltraciju vode za oko 10 puta u poređenju sa konvencionalnom. Srednja vrednost masenog prečnika vodootpornih strukturnih agregata povećao se za 50% u tretmanu sa zelenišnim đubrenjem i za 30% u tretmanu sa stajnjakom u sloju do 15 cm. Na istoj dubini, zapreminska gustina bila je 3% niža u organskim tretmanima u odnosu na konvencionalni. Povećanje agregatne stabilnosti i poroznosti povećalo je infiltraciju vode i zasićenu hidrauličnu provodljivost.	Williams et al. (2017)

Moreno et al. (1997) su u istraživanju prikazali efekte tradicionalnih i konzervacijskih obrada na fizičke, vodne i vazdušne osobine zemljišta, kao i na razvoj useva i prinosa. Primenjena konzervacijska obrada se pokazala kao veoma efikasna u očuvanju vode u zemljištu, naročito u godinama sa mnogo manjom količinom padavina od proseka. U istom istraživanju zapreminska masa zemljišta nakon obrade bila je značajno veća u konzervacijskoj u odnosu na tradicionalnu obradu, a na kraju sezone useva zapreminska masa bila je slična u oba tretmana.

Fabrizzi et al. (2005) zaključuju da se uvođenjem no-till sistema bez obrade može izbeći ili smanjiti degradacija zemljišta kod produktivnih zemljišta. Sistemi bez obrade (*no-till*), koji održavaju veliku površinsku pokrivenost zemljišta, rezultiraju značajnim promenama u svojstvima zemljišta, posebno u gornjih nekoliko centimetara. Prema Lal-u (1997a) fizička svojstva zemljišta su generalno povoljnija u sistemima bez obrade nego u sistemima zasnovanim na obradi. Prema Lal et al. (2007) no-till tehnologije su veoma efikasne u smanjenju remećenja zemljišta, zadržavanju žetvenih ostataka, ublažavanju isparavanja vode iz zemljišta i smanjenju gubitaka od erozije.

Pogoršanje strukture zemljišta i nestabilnost strukturnih agregata su u visokoj korelaciji sa opadanjem sadržaja organske materije u zemljištu (SOM), posebno sa onom sa većom koncentracijom huminske kiseline (Tejada and Gonzalez, 2007). Primena stajskog đubriva i komposta, unošenje slame, kao i zelenišno đubrivo u organskoj proizvodnji povećava sadržaj SOM (Manojlović, 2008), a ona je ključni činioc kvaliteta zemljišta koji utiče na stabilnost agregata.

U istraživanju Tobiašová (2011) veći sadržaj organskog ugljenika u zemljištu (SOC) i frakcije labilnog ugljenika bili su povezani sa manjim sadržajem frakcije agregata veličine 3–5 mm (suvo prosejane) i većim sadržajem sitnijih frakcija agregata veličine 0,5–1 mm. Stabilnost strukturnih agregata i očuvanje koncentracije SOM zavise uglavnom od teksture zemljišta. Uticaj SOM na strukturnu stabilnost je još izraženiji u zemljištima sa niskim sadržajem glinene frakcije (Wuddivira and Camps-Roach, 2007). Stabilniji agregati na površini zemljišta povezivani su više sa zemljištima na kojima je izostavljena obrada nego sa obrađenim zemljištima, što rezultira velikom ukupnom poroznošću na no-till parcelama. Jacobs et al. (2009) utvrdili su da minimalna obrada, u poređenju sa konvencionalnom, nije samo poboljšala stabilnost agregata, već je povećala i koncentraciju SOC i N u agregatima u površinskom sloju do 8 cm nakon 40 godina obrade zemljišta. Kargas et al. (2012) utvrdili su da neobrađene parcele zadržavaju više vode nego obrađene parcele. U poređenju sa konvencionalnim oranjem, Pagliai et al. (2004) izvestili su da je minimalna obrada poboljšala porozni sistem zemljišta povećavajući pore za skladištenje (0,5–50 mm) i količinu izduženih prenosnih pora (50–500 mm). Veća mikroporoznost u zemljištima sa minimalnom obradom vezana je sa povećanjem sadržaja vode u zemljištu, odnosno povećanjem dostupne vode za biljke. Prema McVay et al. (2006) utvrđen je veći kapacitet zadržavanja vode ili sadržaj vlage u površinskom sloju zemljišta (0–10 cm) pod No-till sistemom nego nakon oranja. Prema Ćiriću i sar. (2014) organska proizvodnja u odnosu na konvencionalnu proizvodnju može, ali i ne mora da utiče na vrednosti zapreminske mase zemljišta, kao ni na parametre strukture zemljišta. Utvrđeno je da su makroagregati (>250 μm) dominirali u sistemu organske poljoprivrede u odnosu na konvencionalnu što je posledica usitnjavanja i zaoravanja većih količina sveže organske materije u organskoj proizvodnji, što je doprinelo boljoj cementaciji agregata.

Uticaj konvencionalne i organske poljoprivrede na hemijska svojstva zemljišta

Usporedni uticaj organske i konvencionalne poljoprivrede na hemijska svojstva zemljišta prikazan je u Tabeli 2. Mineralna đubriva pored pozitivnog uticaja na prinosa, mogu da utiču na hemijska svojstva zemljišta, u prvom redu na pH reakciju zemljišta i sadržaj SOM, ali i da doprinosu nakupljanju štetnih materija u zemljištu i biljkama. Prekomerna upotreba azotnih (N) đubriva kao što su amonijum-sulfat, amonijum-nitrat i urea, predstavlja jedan od glavnih razloga za zakišeljavanje zemljišta (Zhou et al., 2014). Unošenjem amonijačnih đubriva dolazi do oksidacije NH_4^+ do NO_3^- , stvara se H^+ joni i snižava pH zemljišta. Osim što se snižava pH zemljišta, smanjuje se raspoloživost NH_4^+ jona i povećava gubitak NO_3^- jona iz zemljišta ispiranjem, oticanjem i denitrifikacijom, i sve to smanjuje efikasnost upotrebe N đubriva (Wang et al., 2020). Poljoprivredne prakse, zasnovane na velikoj primeni đubriva i pesticida, smanjuju sposobnost ekosistema da obezbeđuje dobra i usluge, odnosno, javlja se sve veći rizik od zagađenja podzemnih i površinskih voda hranljivim materijama i toksičnim hemijskim jedinjenjima, dovodeći do eutrofikacije i degradacije kvaliteta zemljišta (Tilman et al., 2002).

Tabela 2.

Uticaj organskog i konvencionalnog sistema proizvodnje na hemijska svojstva zemljišta

Table 2.

Influence of organic and conventional production system on chemical soil properties

Ispitivan parametar	Uticaj organske i konvencionalne proizvodnje	Reference
Sadržaj SOC, rastvorljivog P, izmenljivog K i pH vrednost	Zemljišta u organskom sistemu na kojima je primenjivan stajnjak i gajeni pokrovni usevi imaju višu koncentraciju SOC, rastvorljivog P, izmenljivog K i višu pH u poređenju sa zemljištem iz konvencionalnih sistema.	Clark et al. (1998)
	Minimalna obrada zemljišta rezultirala značajno višim pH i sadržajem SOC od konvencionalne obrade.	Busari and Salako (2013)
	Značajno povećanje u sadržaju SOC je utvrđeno u organskom (15,6%) u poređenju sa konvencionalnim sistemom. pH vrednost je bila manja za 24% u organskom, a u konvencionalnom sistemu je porasla za 3,6% nakon 12 godina.	Velmourougane (2016)
	Posle devet godina, pH vrednost se povećala pod organskim sistemom sa 6,0 na 6,4 na jednom i sa 5,4 na 6,8 na drugom eksperimentalnom polju, dok se pod konvencionalnim sistemom na oba polja pH vrednost smanjila. Sadržaj SOC pod organskim sistemom povećao se za 15% na jednom i za 12% na drugom lokalitetu. Na oba lokaliteta utvrđen je blago negativan trend sadržaja SOC pod konvencionalnim sistemom.	von Arb et al. (2020)
Sadržaj SOM, humusa, C, N, C/N odnos i CEC	Prosečni sadržaj SOM, ukupan C i CEC su bili veći na parcelama đubrenim organskim đubrivima posle dve godine u poređenju sa sintetičkim đubrivima.	Bulluck et al. (2002)
	Zemljišta đubrena sa stajnjakom imaju veći sadržaj C i N od zemljišta đubrenih samo mineralnim đubrivima.	Meng et al. (2005)
	Zemljišta u sistemu organske poljoprivrede odlikovala su se većim sadržajem SOM, N i znatnim smanjenjem erozije (i do četiri puta) u odnosu na zemljište na kome se izvodila konvencionalna proizvodnja.	Pimentel et al. (2005)
	Sadržaj SOC u zemljištu, ukupnog N i C/N odnos su značajno veći u no-till sistemu nego u konvencionalnoj obradi na dubini od 0–5 cm, ali ne i u dubljem sloju.	Mathew et al. (2012)
	Sadržaj SOM bio je 7% veći u zemljištu sa organskih farmi u odnosu na konvencionalne.	Tuomisto et al. (2012)
	Ukupan sadržaj SOM u zemljištu bio je veći na parcelama na kojima se izvodi redukovana obrada zemljišta u odnosu na konvencionalni sistem obrade.	Šeremešić i sar. (2016)
	35-godišnja studija đubrenja pokazala je da je sadržaj SOM u zemljištu bio veći nakon dugotrajne primene stajnjaka.	Tian et al. (2017)
	Organski sistem je doprineo značajnom povećanju sadržaja SOC i ukupnog azota u površinskom sloju (u proseku za 5% i 8%, respektivno) u poređenju sa konvencionalnim sistemom. Utvrđen je uži C/N odnos na organskim parcelama nego na konvencionalno obrađenim parcelama.	Kwiatkowski and Harasim (2020)
Potencijal mineralizacije N	Nakon pet sezona, utvrđeno je da organski sistemi imaju 112% veći potencijalno mineralizujući N u zemljištu u odnosu na konvencionalne. Dvostruko veća količina mineralnog N je prisutna u konvencionalnom sistemu (44,10 mg kg ⁻¹) u poređenju sa organskim (20,19 mg kg ⁻¹), povećavajući rizik za ispiranje N.	Poudel et al. (2002)

Sadržaj N-NO ₃ , lakopristupačni P i K	Istraživanje je izvedeno na 7 farmi u organskoj proizvodnji i 55 proizvodnih parcela sa različitim agrotehničkom praksom. Niži sadržaj N-NO ₃ izmeren je u zemljištu pod organskim sistemima proizvodnje u odnosu na konvencionalnu proizvodnju. Na nekim parcelama u konvencionalnoj proizvodnji izmeren je preterano visok sadržaj lakopristupačnog P i K.	Manojlović et al. (2011a, b)
Sadržaj N-NO ₃ , N-NH ₄ , P, K, Mg, B, Cu, Mn, Zn	Konvencionalni sistem je doprineo većem sadržaju N-NO ₃ u zemljištu (za oko 8%) u odnosu na organski. Organski sistem je rezultirao većom dostupnošću N-NH ₄ (za oko 9%) u poređenju sa konvencionalnim sistemom. Konvencionalni sistem je doprineo značajnom povećanju sadržaja P i K u zemljištu, u proseku za 7%. Organski sistem prouzrokovao je značajno povećanje sadržaja Mg (za 7%), B (za 8%), Cu (za 4%), Mn (za 7%) i Zn (za 5%) u odnosu na konvencionalni sistem.	Kwiatkowski and Harasim (2020)
Sadržaj teških metala	U poređenju sa konvencionalnom, organska poljoprivreda je efektivno smanjila sadržaj Cr i Cd u zemljištu. Takođe došlo je do akumulacije Cu, Zn i As na poljima organske pšenice. U konvencionalnoj stakleničkoj proizvodnji povećana je akumulacija Cu, Zn i As u zemljištu u odnosu na organsku proizvodnju.	Jiang et al. (2015)
	Ukupne koncentracije Pb, Cr i Cd bile su značajno veće u zemljištima sa farmi sa konvencionalnom proizvodnjom u poređenju sa zemljištima u organskoj proizvodnji.	Manojlović et al. (2016)
	Koncentracije Cd, Cu, Zn i Ni su veće u zemljištima pod konvencionalnim sistemom u odnosu na organski.	Hattab et al. (2019)

Brojna istraživanja o uticaju organske poljoprivrede na pH zemljišta potvrđuju koliko su izuzetno male razlike u pH vrednosti zemljišta između organskih i konvencionalnih sistema (na sličnim zemljištima) (Gosling and Shepherd, 2005; Ge et al., 2011; Domagala-Swiatkiewicz and Gastol, 2013). U šest od devet slučajeva istraživanja, pH je malo, ali ne značajno niži u organskim sistemima (Bai et al., 2018). S druge strane, u istraživanju Mäder et al. (2002) pH zemljišta je nešto viši u organskim sistemima. Prema Rahman et al. (2008) zabeleženo je da je pH zemljišta niži u no-till sistemima u poređenju sa konvencionalnom obradom. Niži pH u zemljištu sa no-till obradom objašnjen je akumulacijom SOM u nekoliko gornjih centimetara uzrokujući povećanje koncentracije elektrolita i smanjenje pH.

Organska materija je jedan od glavnih rezervoara ugljenika (Clercq et al., 2015) i smatra se glavnim izvorom hraniva uglavnom azota, delimično fosfora, sumpora i mikroelemenata (Obalum et al., 2017). U površinskom sloju zemljišta, SOM sadrži 3-8 t N i 2-5 t P ha⁻¹, dok zemljišta bogata humusom, sadrže i više od 20 t N ha⁻¹ (Čuvarđić, 2006). Jedna od glavnih posledica degradacije poljoprivrednog zemljišta je iscrpljivanje ugljenika u zemljištima (Don et al., 2011). Više studija je pokazalo da intenzivna poljoprivredna proizvodnja dovodi do opadanja sadržaja SOM, a stepen smanjenja zavisi od sistema proizvodnje, obrade zemljišta, klime i tipa zemljišta (Reeves, 1997; Schulz, 2004; Čuvarđić i sar., 2005). Prema Neve and Hofman (2000), intenzivna obrada i sabijanje zemljišta utiče na mineralizaciju SOC i N i koncentraciju CO₂ u zemljištu. Takođe, upotreba većih doza mineralnih N đubriva dovodi do brze mineralizacije humusa i drugih N jedinjenja. Međutim, prema Menšík et al. (2018) dugotrajna primena mineralnog NPK đubriva dovodi do smanjenja SOC usled veće stope mineralizacije. Takođe, na NPK tretmanu u odnosu na tretmane sa organskim đubrivima, osim nižeg sadržaja SOC, određen je slabiji kvalitet humusa (manji sadržaj stabilnih huminskih materija i preovladavanje fulvo kiselina), veća kiselost zemljišta i niži sadržaj pristupačnih hranljivih materija. Veći broj istraživanja (Čuvarđić et al., 2004; Manojlović et al., 2008; Chen et al., 2010) je pokazao da se sistemi upravljanja bez zaoravanja biljnih ostataka u zemljište, ili bez primene organskih đubriva (npr. sistemi obrade zemljišta koji zavise samo od primene NPK đubriva), ne mogu efikasno odupreti iscrpljivanju SOC. Suprotno tome, primena mineralnih đubriva u kombinaciji sa organskim, održava ili povećava sadržaj SOC u odnosu na neđubreno ili đubreno mineralnim đubrivima, što je potvrđeno i u istraživanjima Manojlović et al. (2008) i Liu et al. (2013).

Gattinger et al. (2012) su na osnovu analize 74 studije došli do zaključka da organska poljoprivreda ima potencijal da akumulira ugljenik. Organska poljoprivreda ostavlja 28% više ugljenika u zemljištu u

odnosu na konvencionalnu poljoprivredu u severnoj Evropi, odnosno globalno 20% više. Količina ugljenika koji se može vezivati u zemljištu u organskoj proizvodnji procenjena je na 1000 kg C /ha godišnje (Kovačević i sar., 2011). Sistemi poljoprivredne proizvodnje koji uključuju primenu organskih đubriva, redukovane obrade zemljišta, plodoreda na bazi leguminoza, dovode do obnavljanja i akumulacije sadržaja SOM u zemljištu (Cuvardic et al., 2004; Jarecki et al., 2005; Čuvardić i sar., 2005; Manojlović et al., 2008). Poređenjem sadržaja SOM i ukupnog N između konvencionalnih i organskih parcela (prva godina nakon konverzije), nije bilo značajnih razlika između ovih parcela, iako nisu dobijeni značajno niži parametri plodnosti na poljima pod organskom proizvodnjom (Cuvardic et al., 2006). Sastav organskih đubriva i brzina njihove mineralizacije često su varijabilni i teško je obezbediti potrebnu količinu i odgovarajući odnos neophodnih elemenata za ishranu biljaka, posebno u prvim godinama nakon prelaska sa konvencionalne na organsku proizvodnju, kada plodnost zemljišta još uvek nije na odgovarajućem nivou (Čuvardić, 2006).

Povećanje sadržaja SOM zavisi od količine i vrsta primenjenih organskih materijala i trajanja primene. Primena ekvivalentnih količina ispitivanih organskih materijala, komposta, stajskog đubriva i tečnog stajnjaka, povećala je sadržaj SOM u gornjih 10 cm za 37%, 23% i 21%, a vrednosti su se povećavale tokom trajanja eksperimenata (>10 godina u poređenju sa <10 godina) (Spiegel et al., 2015). Unošenje organskih materijala može povoljno uticati na pH vrednost kiselih zemljišta (Bai et al., 2018). Prema Šeremešiću i sar. (2016) postoji značajan efekat sistema obrade i useva na promenu sadržaja ukupne SOM. Nulta obrada generalno dovodi do većeg sadržaja SOM i povećane stabilnosti agregata (Aziz et al., 2013; Bai et al., 2018). U istraživanju Melero et al. (2009) u kratkoročnim i u dugotrajnim ispitivanjima, sadržaj aktivnog ugljenika (labilne frakcije SOC koje su direktno dostupne mikrobiološkoj aktivnosti) bio je najbolji pokazatelj promena u različitim sistemima obrade zemljišta, pokazujući značajan porast u konzervacijskoj obradi. Iz tog razloga, aktivni ugljenik bi mogao da se koristi kao osetljiv i rani indikator za procenu razlika između različitih načina obrade.

Mineralna đubriva, naročito fosforna (P), kao što je običan super-fosfat, mogu da sadrže teške metale, uglavnom Zn i Cd u različitim koncentracijama. Poseban problem može da predstavlja Cd, koji se u sirovim fosfatima nalazi u širokim granicama od 1 do 110 mg kg⁻¹, u zavisnosti od porekla fosfata (Manojlović, 2014). U skladu sa zakonskom regulativom Republike Srbije (Službeni glasnik RS, 41/09), dozvoljena koncentracija Cd u đubrivima je 3 mg kg⁻¹ i za đubriva koja sadrže više od 5% P₂O₅, dozvoljeno je 75 mg Cd kg⁻¹ đubriva. U zavisnosti od izvora za proizvodnju P đubriva, osim Cd, u zemljište se mogu uneti i As, Cr, Pb, Hg i Zn. Prema Kongshaug et al. (1992) i Kpombekou and Tabatabai (1994) primenom P đubriva u količini od 20 kg P ha⁻¹ u zemljište se približno unosi do 0,01 g ha⁻¹ god⁻¹ Hg i 25 g ha⁻¹ god⁻¹ Cr. Manojlović and Singh (2012) su procenili da mineralnim đubrivima dospeva na poljoprivredno zemljište u Srbiji; Cr 0,73-63,5; Cd 0,18-2,90; Ni 1,09-18,0; Pb 1,27-10,9; Mn 10,9-1738; Cu 2,13-177; Zn 0,82-67,4; i As 0,16-2,09 g ha⁻¹ god⁻¹.

Primena sintetičkih đubriva i otpadnog mulja je ograničena u organskoj proizvodnji i s obzirom da se ova proizvodnja u veliko meri oslanja na organska đubriva i fungicide na bazi bakra, mogla bi da dovede do povećanja nivoa pojedinih teških metala (Zacccone et al., 2010), kao i nitrata i drugih hraniva u zemljištu. Da bi se to predupredilo, u organskoj proizvodnji je ograničeno unošenje N kroz stajnjak i metala kroz đubriva (Pravilnik o kontroli i sertifikaciji u organskoj proizvodnji i metodama organske proizvodnje, Službeni glasnik RS, 95/2020 i 24/2021). Životinjski stajnjak je važan izvor za povećanje SOC u poljoprivrednim zemljištima (Maillard and Angers, 2014), međutim, prekomernom upotrebom i intenzivnom mineralizacijom u zemljištu, može dovesti do povećanja sadržaja nitrata u biljkama, i ispiranja u dublje slojeve zemljišta i podzemne vode. Takođe, učestala godišnja primena velikih količina svinjskog stajnjaka može dovesti do prekomerne akumulacije hraniva u zemljištu (Broetto et al., 2014). Stajnjakom se u zemljište unose i neesencijalni mikroelementi, među kojima i teški metali. Primenom stajnjaka u količini od 250 kg N ha⁻¹, unosi se 0,01 kg Cd ha⁻¹, 0,003 kg Cr ha⁻¹, 0,02 kg Cu ha⁻¹, 0,03 kg Ni ha⁻¹, 0,03 kg Pb ha⁻¹ i 0,7 kg Zn ha⁻¹ (Nicholson et al., 1999). Osim stajnjaka, nekontrolisana upotreba komposta, gradskog smeća i kanalizacionog mulja, kao organskih đubriva, predstavlja opasnost za kontaminaciju zemljišta teškim metalima (Manojlović, 2014).

Prema Zacccone et al. (2010), prosečna koncentracija Cu i Zn u kompostu bila je oko 2, odnosno 40 puta veća nego u neorganskim đubrivima, dok je sadržaj Cr bio 4-5 puta niži. Unos teških metala u zemljište (mg m⁻²) bio je izrazito veći u sistemu organske poljoprivrede (oko 26, 7, 66, 23, 48 i 610 puta za Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn) primenom komposta, u poređenju sa konvencionalnom poljoprivredom. Međutim, utvrđeno je različito ponašanje ispitivanih teških metala, jer su koncentracije Cr, Ni i Pb bile veće u zemljištu pod konvencionalnom u odnosu na organsku proizvodnju, a koncentracije Cu i Zn su bile veće u zemljištu iz organske proizvodnje, dok je koncentracija Cd bila prilično slična u oba sistema proizvodnje. Teški metali imaju tendenciju da formiraju komplekse sa SOM i afinitet svakog metala je različit. Pored toga, SOM zadržava teške metale u lako zamenljivom obliku. Nasuprot tome, pokazalo se i da dodavanje komposta može da izaziva formiranje stabilnih,

nerastvorljivih kompleksa sa huminskim supstancama koje smanjuju pokretljivost i dostupnost metala za biljke (Huang et al., 2016). S druge strane u istraživanjima Manojlović et al. (2016) i Hattab et al. (2019), utvrđene su manje koncentracije teških metala u zemljištu u organskoj proizvodnji.

U Vojvodini je ispitivanjem zemljišta na kojima se obavlja organska proizvodnja utvrđena optimalna do visoka plodnost. Rezultati Manojlović et al. (2011a) i Manojlović and Čabilovski (2011b) nisu pokazali značajne razlike u plodnosti zemljišta između organske i konvencionalne proizvodnje za ispitivane lokalitete, zbog kratkog perioda prelaska na organsku proizvodnju, 2-4 godine. Taj period nije dovoljno dug da se pozitivni uticaji organske proizvodnje odraze na plodnost zemljišta.

Uticaj konvencionalne i organske proizvodnje na mikrobiološka svojstva

Sastav populacija mikroorganizama i njihova enzimatska aktivnost je rezultat interakcija između tipa zemljišta, biljne vrste, lokalizacije mikroorganizama u rizosferi, antropogenog uticaja i drugih faktora (Marschner et al., 2001). Čovek može izazvati negativne efekte na mikrobiološke procese u zemljištu nekontrolisanom primenom pesticida i mineralnih đubriva, izostavljanjem organskih đubriva, teškom mehanizacijom itd. (Jarak i Đurić, 2008). Takođe, pravilnom primenom agrotehničkih mera, može pozitivno da utiče na aktivnost mikroorganizama. Brojnost i aktivnost mikroorganizama su značajan pokazatelj plodnosti odnosno degradacije zemljišta (Jarak i sar., 2005). Aktivnost mikroorganizama uslovljena je svojstvima zemljišta, kao što su sadržaj hranljivih materija, tekstura, pH, sadržaj vode u zemljištu itd., i predstavlja osetljiv pokazatelj promena svojstava zemljišta (Mele and Crowley, 2008).

Brojne studije u kojima je vršeno poređenje između konvencionalne i organske proizvodnje su pokazale da organska proizvodnja ima pozitivan uticaj na floru i faunu u zemljištu (Tabela 3). Količina i sastav SOM utiču na formiranje mikrobioloških zajednica u zemljištu. Pošto većina mikroorganizama koji žive u zemljištu, za svoje potrebe zahteva organske izvore hranljivih elemenata, opšte je pravilo da zemljišta sa većom količinom SOM sadrže i veći broj mikroorganizama (Liu et al., 2007).

Tabela 3.

Uticaj organskog i konvencionalnog sistema proizvodnje na mikrobiološka svojstva zemljišta

Table 3.

Influence of organic and conventional production system on microbiological soil properties

Ispitivan parametar	Uticaj organske i konvencionalne proizvodnje	Reference
Brojnost mikroorganizama i kišnih glista	U organskom sistemu proizvodnje utvrđena je veća brojnost mikroorganizama i kišnih glista kao značajnih indikatora biogenosti i kvaliteta zemljišta.	Bengtsson et al. (2005)
	U dugotrajnoj organskoj proizvodnji primena stajnjaka uzrokovala je veću brojnost mikroorganizama (gljiva i bakterija) i glista u poređenju sa konvencionalnim sistemima.	Birkhofer et al. (2008)
	Direktno poređenje rotacije useva sa monokulturama pokazalo je da su rotacije uljane repice imale značajan uticaj na strukturu mikrobiološke zajednice i brojnost u rizosferi. Plodored je više uticao na populaciju gljiva nego na bakterijsku zajednicu u zemljištu.	Hilton et al. (2013)
	Mikrobiološka aktivnost bila je veća u zemljištima na kojima je primenjeno organsko đubrenje u poređenju sa konvencionalnim praksama.	van Bruggen et al. (2015)
	Organski sistemi imali su veću brojnost tri ekološke grupe porodice glista <i>Lumbricidae</i> u poređenju sa konvencionalnim sistemima. Zemljišne bakterije su se značajno povećale pod organskim sistemom ($1,35 \times 10^{10}$ kopije gena g^{-1} zemljišta) u poređenju sa konvencionalnim sistemom ($1,04 \times 10^{10}$ kopije gena g^{-1} zemljišta).	Henneron et al. (2015)
Upoređivanjem organske i konvencionalne proizvodnje pšenice uočeno je da je broj mikroorganizama, sa izuzetkom <i>Azotobacter</i> sp., bio veći u zemljištu pod organskim sistemom proizvodnje.	Stamenov et al. (2018)	

Aktivnost dehidrogenaze (DHA), proteaze, ureaze i fosfataze	Aktivnosti DHA, proteaze i fosfataze bile su veće u poljima koja su organski upravljana u poređenju sa konvencionalnim poljima, što ukazuje na veću mikrobiološku aktivnost.	Mader et al. (2002)
	DHA bila je ~40% veća u zemljištima pod organskom proizvodnjom u poređenju sa konvencionalnim poljima.	Fließbach et al. (2007)
	U okviru organske proizvodnje kukuruza u poređenju sa konvencionalnom, unošenje stajnjaka u zemljište uzrokovalo je da enzim ureaza pozitivno reaguje dok je negativno uticalo na DHA.	Đurić i sar. (2008)
	Dugotrajni tretman bez obrade rezultirao je većom mikrobiološkom biomasom i aktivnostima fosfataze u sloju 0–5 cm u poređenju sa konvencionalnim sistemom obrade.	Mathew et al. (2012)
	DHA bila je u proseku veća za 74% pod organskim u poređenju sa konvencionalnim sistemima. Aktivnosti proteaze i ureaze povećane su za 84% i 32%, u organskim u poređenju sa konvencionalnim sistemima.	Lori et al. (2017)
	Istraživanje je izvedeno na 7 farmi u organskoj proizvodnji i 55 proizvodnih parcela sa različitim agrotehničkom praksom. DHA je bila niža na zemljištima sa nižim sadržajem SOM, bez obzira na sistem proizvodnje. Aktivnost ureaze je bila veća u organskoj proizvodnji, ali ne značajno.	Manojlović et al. (2011a,b)
U organskom sistemu pokazala se značajno veća aktivnost svih proučavanih enzima (DHA, kisela i alkalna fosfataza, ureaza i proteaza), posebno dehidrogenaze, ureaze i proteaze u odnosu na konvencionalni sistem.	Kwiatkowski et al. (2020)	

Mikrobiološka svojstva zemljišta, kao što su mikrobiološka biomasa i enzimi zemljišta, korišćeni su za predviđanje biološkog statusa zemljišta i uticaja sistema proizvodnje na kvalitet zemljišta. Promene mikrobiološke aktivnosti u zemljištu nastale usled primene organskih đubriva-stajnjaka, zelenišnog đubriva, žetvenih ostataka itd. mogu se pratiti preko promene u količini mikrobiološke biomase C, N i P (Moscatelli et al., 2007), promene u brojnosti različitih sistematskih i fizioloških grupa mikroorganizama i promene aktivnosti zemljišnih enzima (Bending et al., 2004). U okviru organske proizvodnje, unošenje organskih đubriva uslovljava povećanje brojnosti fizioloških grupa mikroorganizama kao što su celulolitski mikroorganizmi, amonifikatori, fosfominalizatori i sl. (Stark et al., 2007). Njihovom aktivnošću obezbeđuje se veća količina pristupačnih hraniva za biljke, povećava se biomasa mikroorganizama, pojačavaju procesi humifikacije i agregacije zemljišta, poboljšava struktura zemljišta i uopšte doprinosi se poboljšanju njegovog kvaliteta (Jarak i Đurić, 2008). U istraživanjima Đurić i sar. (2008) u okviru organske proizvodnje kukuruza, unošenje stajnjaka u zemljište uslovljava povećanje ukupnog broja bakterija i uzrokovalo povećanje brojnosti mikroorganizama koje učestvuju u kruženju azota u zemljištu, a to su amonifikatori kao intenzivni razlagači organskih jedinjenja azota i azotobaktera kao slobodnog azotofiksatora.

Gajenje biljaka u plodoredu omogućava veću raznovrsnost i aktivnost mikroorganizama u zemljištu, posebno u rizosferi. Svaka biljna vrsta kroz koren izdvaja različite količine i vrste eksudata koji su hranljivi supstrat za mikroorganizme. Raznovrsnost eksudata uslovljava i raznovrsnost mikrobne populacije čime se postižu brže razlaganje i sinteza SOM. Pored različitih eksudata koji utiču na mikrobiološku aktivnost, takođe utiču i organske komponente iz korenovih sistema i ostaci useva. Visoka količina ostataka i korena prethodnih useva u površinskom sloju pod konzervacijskom obradom može pozitivno uticati na mikrobiološku aktivnost (Balota et al., 2004).

Kišne gliste imaju važnu ulogu u mnogim funkcijama zemljišta i na njih utiče prvenstveno obrada zemljišta. Gliste utiču na mnoga svojstva zemljišta uključujući dostupnost hranljivih materija, strukturu zemljišta i dinamiku SOM (Crittenden et al., 2014). Promena populacije glista usled obrade zemljišta zavisi od njenog intenziteta. U istraživanju Van Capelle et al. (2012) redukovana obrada povećala je brojnost glista i raznovrsnost vrsta. S druge strane, oranje može pozitivno uticati na endogejske vrste povećanjem dostupnosti organske materije (Ernst and Emmerling, 2009). Sabijanje zemljišta može biti štetno za gliste kada ograničava njihovu aktivnost ukopavanja (Yvan et al., 2012).

Pravilno izvedenom obradom u černozeu i njemu sličnim zemljištima, stimuliše se ukupna brojnost i aktivnost aerobnih mikroorganizama. Pored toga što se aeracijom povećava brojnost, zadržavanjem optimalne količine vlage omogućeno je bolje usvajanje hranljivih materija i vode od strane mikroorganizama. Unošenjem žetvenih ostataka u dublje slojeve mikroorganizmi dobijaju nove količine hraniva, a poboljšanjem strukture zemljišta povećava se aktivna površina za život (Jarak i sar., 2005). Denitrifikacija je ključni proces globalnog N ciklusa, jer dovodi do značajnih N gubitaka iz poljoprivrednih sistema pretvaranjem NO_3^- i NO_2^- u NO_x , N_2O i elementarni N_2 . Povećanje brojnosti aerobne bakterijske populacije jedan je od najvažnijih pozitivnih efekata obrade. Pored pozitivnog uticaja, upotreba mehanizacije pravi veliki broj prohoda i gaženja, što se nepovoljno odražava na biološku aktivnost. U istraživanjima Govedarica i sar. (2001), mikrobiološka aktivnost je zavisila od stepena sabijenosti zemljišta, vrste mikroorganizama, dubine profila i vremena uzimanja uzoraka. U sabijenom zemljištu smanjena je brojnost skoro svih sistematskih i fizioloških grupa mikroorganizama (ukupnog broja, brojnosti amonifikatora, oligonitrofilnih bakterija, ureolitskih mikroorganizama, gljiva, aktinomiceta i azotobaktera). Takođe, smanjena je i aktivnost DHA, proteaze i ureaze, dok je brojnost denitrifikatora povećana, što je potvrđeno u istraživanju Ruser et al. (2006), gde su u sabijenom zemljištu dominirale denitrifikacione bakterije. Utvrđeno je povećanje mikrobiološke mase C i enzimske aktivnosti (DHA i proteaze) u površinskim slojevima zemljišta pod konzervacijskom obradom (redukovana obrada i no-till obrada) u poređenju sa tradicionalnom obradom (Madejón et al., 2009).

Uticaj mineralnih đubriva na mikrobiološku aktivnost zavisi pre svega od količine i vrste đubriva, vremena primene, tipa zemljišta, biljne vrste i vrste mikroorganizama. Više studija je dokumentovalo da primena mineralnih ili organskih đubriva povećava mikrobiološku biomasu i diverzitet (Chu et al., 2007; Zhong and Cai, 2007; He et al., 2007) jer đubriva predstavljaju izvor lakopristupačnih hraniva i za mikroorganizme, što ubrzava njihovo umnožavanje, povećanje biomase i enzimske aktivnosti. U manje plodnim zemljištima, umerene količine mineralnih đubriva još više stimuliraju mikrobiološke procese. Primena nižih doza mineralnih NPK đubriva u kombinaciji sa zaoravanjem žetvenih ostataka ili stajnjakom utiču pozitivno, a visoke doze mineralnih đubriva ($\text{N}_{130}\text{P}_{120}\text{K}_{80}$) sprečavaju mikrobiološku aktivnost u zemljištu (Milošević i sar., 2003). Ukoliko se unesu prevelike količine, posebno N đubriva, smanjuje se mikrobiološka aktivnost zemljišta, naročito brojnost slobodnih azotofiksatora (Jarak i sar., 2005). Prema Chu et al. (2007) dugotrajna primena N đubriva dovodi do promena bakterijske zajednice koje oksiduju amonijak u zemljištu i potencijal nitrifikacije se u takvim zemljištima povećava. Nasuprot tome, He et al. (2007) utvrdili su najveću brojnost bakterija i arheja koje oksiduju amonijak u dugotrajnom tretmanu organskim đubrivom u kombinaciji sa mineralnim NPK đubrivom, dok je najmanja brojnost zabeležena u tretmanu sa N-đubrivom usled zakišeljavanja zemljišta. Prema Zhong and Cai (2007) u ispitivanju dugoročnih efekata primene mineralnih đubriva na biohemijska svojstva, mikrobiološku biomasu i funkcionalnu raznovrsnost zajednice, većina mikrobioloških parametara uglavnom je bila u korelaciji sa sadržajem SOC u zemljištu, više nego sa P i N.

Pesticidi mogu da deluju na mikroorganizme, menjajući njihov biodiverzitet, brojnost i aktivnost (Radivojević i sar., 2007). Da li će se i u kom stepenu ispoljiti delovanje pesticida na mikrobiološku populaciju zavisi od velikog broja činilaca kao što su: osobina samog pesticida (fizičko-hemijske karakteristike, postojanost i pokretljivost, količina i učestalost njegove primene), zatim, od osobina zemljišta (sadržaj minerala gline i SOM, tekstura, pH, vlažnost, temperatura), kao i od antropogenog delovanja. Ukoliko se pesticidi pravilno primenjuju pojedine grupe mikroorganizama ih mogu koristiti kao hranljivi supstrat i transformisati, međutim, ukoliko se unose u većim količinama, mikroorganizmi nisu u stanju da ih u potpunosti razgrade (Jarak i sar., 2005).

Dinamiku brojnosti mikroorganizama pratili su Đorđević i sar. (1999) i utvrdili da se pod uticajem insekticida (fentin-acetat, hloridazon i karbofuran) značajno povećava brojnost ukupnih mikroorganizama, aktinomiceta i *Bacillus* sp. i da mikroorganizmi iz ovih grupa mogu da razgrađuju insekticide i da ih koriste kao izvore C i N za svoje fiziološke procese. Međutim, prema Shafiani and Malik (2003) tolerantnost bakterija *Pseudomonas* spp., *Azotobacter* sp. i *Rhizobium* sp. na endosulfan, karbofuran i malation zavisi od koncentracije. S druge strane, u eksperimentima sa hlorsulfosom rezultati su pokazali da ovaj insekticid značajno smanjuje mikrobiološku biomasu, aktivnost DHA i ukupne fosfataze u zemljištu (Singh et al., 2001).

Utvrđeno je da u zemljištu čija je vrednost pH 7,2; prve tri nedelje posle primene terbutrina i terbutilazina dolazi do značajnog povećanja disanja i nitrifikacione aktivnosti, usled korišćenja ovih herbicida kao izvora hraniva (Johnsen et al., 2001). Das et al. (2003) su, u poljskim ogledima sa pirinčem, pratili delovanje oksadiazona i oksifluorfena na fosfomobilizatore, fosfomineralizatore i dostupnost fosfora za biljke, i utvrdili da ovi herbicidi stimulišu razvoj ovih grupa mikroorganizama. Međutim, u istraživanju Radivojević i sar. (2011) nikosulfuron je inhibitorno delovao na *Azotobacter* sp., aminoheterotrofe i fosfomobilizatore, a u istraživanjima Šantrić i sar. (2014) ovaj herbicid je značajno smanjio brojnost celulolitičkih mikroorganizama.

Zaključci

Glavni štetni procesi koji se odigravaju u poljoprivrednom zemljištu su: opadanje sadržaja organske materije, kvarenje strukture, antropogeno sabijanje i kontaminacija zemljišta. Organska i konvencionalna poljoprivreda predstavljaju sisteme proizvodnje koji imaju svoje prednosti i nedostatke. S jedne strane, u konvencionalnoj poljoprivredi postižu se viši prinosi, dok s druge strane, organska proizvodnja doprinosi očuvanju i unapređenju kvaliteta zemljišta i ekosistema. Organska proizvodnja generalno rezultira većim sadržajem organske materije i pokazalo se da dovodi do njenog obnavljanja i akumulacije u zemljištu u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu. Zemljišta sa većom količinom organske materije sadrže i veći broj mikroorganizama pa sa tim u vezi, organska poljoprivreda se odlikuje većom mikrobiološkom aktivnošću. Efekti konzervacijske obrade variraju i te varijacije zavise od izabranog sistema. Utvrđeno je da konvencionalno obrađeno zemljište ima bolju distribuciju strukturnih agregata, dok organska poljoprivreda poboljšava njihovu stabilnost.

Da bi proizvodnja bila održiva u konvencionalnom sistemu, preporuka za proizvođače bila bi da primenjuju pravila dobre poljoprivredne prakse što podrazumeva: pravilnu upotrebu sintetičkih pesticida u skladu sa preporučenim načinom primene i količinom, zatim više oslanjanja na odgovarajuće alternative koje se ogledaju kroz primenu biopesticida, kao i racionalnija primena pre svega mineralnih, a i organskih đubriva, sa obaveznom prethodnom hemijskom analizom zemljišta. Agrotehnička mera đubrenja treba da se zasniva na kombinovanom korišćenju mineralnih i organskih đubriva, što povećava sadržaj ugljenika u zemljištu. Takođe se preporučuju prakse zaoravanja žetvenih ostataka, a ne spaljivanje, zelenišno đubrenje i gajenje međuuseva, kao i redukcija u broju i intenzitetu operacija prilikom izvođenja obrade zemljišta u zavisnosti od tipa zemljišta i datih klimatskih uslova.

Organska proizvodnja se bazira na upotrebi obnovljivih izvora energije, i kao sistem koji je prilagođen lokalnim proizvodnim uslovima, mogla bi se posmatrati održivom alternativom intenzivnoj proizvodnji koja više vodi računa o zaštiti životne sredine. S obzirom da postoje neophodni prirodni uslovi za ovaj vid proizvodnje u Vojvodini, preporuka za organske proizvođače je da se dosadašnja praksa primene poznatih mera koje podižu plodnost zemljišta podigne na viši nivo. Takođe, proizvođači bi se trebali usmeriti na rešavanje aktuelnog problema opadanja sadržaja organske materije u zemljištu. Do sada se ovaj problem uglavnom povezivao sa intenziviranjem poljoprivredne proizvodnje, međutim, usled smanjenog stočnog fonda za posledicu ima i izostavljanje unošenja organske materije putem stajnjaka. Javlja se potreba za dodatnim istraživanjem u pravcu pronalazanja odgovarajućih alternativnih organskih materijala koji bi u određenoj meri mogli da zamene stajnjak i povećaju plodnost zemljišta u organskoj i konvencionalnoj proizvodnji.

Literatura

- Akker, J.J.H., Canarache, A. 2001. Two European concerted actions on subsoil compaction. *Landnutzung und Landentwicklung* 42, p.15-22.
- Aziz, I., Mahmood, T., Islam, K.R. 2013. Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. *Soil and Tillage Research*, 131, 28-35.
- Bai, Z., Caspari, T., Gonzalez, M.R., Batjes, N.H., Mäder, P., Bünemann, E.K. & Tóth, Z. 2018. Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. *Agriculture, ecosystems & environment*, 265, 1-7.
- Balota, E.L., Kanashiro, M., Colozzi Filho, A., Andrade, D.S., Dick, R.P. 2004. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems. *Braz. J. Microbiol.*, 35(4), 300-306.
- Bending, G.D., Turner, M.K., Rayns, F., Marx, M.C., Wood, M. 2004. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(11), 1785-1792.
- Bengtsson, J., Ahnström, J., Weibull, A.C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *J. Appl. Ecol.* 42(2): 261-269.
- Birkhofer, K., Bezemer, T.M., Bloem, J., Bonkowski, M., Christensen, S., Dubois, D., Ekelund, F., Fließbach, A., Gunst, L., Hedlund, K., et al. 2008. Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. *Soil Biol. Biochem.*, 40, 2297-2308.
- Bossio, D., Geheb, K., Critchley, W. 2010. Managing water by managing land: Addressing land degradation to improve water productivity and rural livelihoods. *Agricultural Water Management*, 97(4), 536-542.
- Broetto, T., Tornquist, C.G., Bayer, C., Campos, B.C., Merten, C.G., Wottrich, B. 2014. Soils and surface waters as affected by long-term swine slurry application in Oxisols of southern Brazil. *Pedosphere*, 24(5), 585-594.
- Bulluck Iii, L.R., Brosius, M., Evanylo, G.K., Ristaino, J.B. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology*, 19(2), 147-160.
- Busari, M.A., Salako, F.K. 2013. Effect of tillage, poultry manure and NPK fertilizer on soil chemical properties and maize yield on an Alfisol at Abeokuta, south-western Nigeria. *Nigerian J. Soil Sci.*, 23(2), 206-218.

- Busari, M.A., Kukul, S.S., Kaur, A., Bhatt, R., Dulazi, A.A. 2015. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(2), 119-129.
- Chen, Y., Zhang, X., He, H., Zhu, P., Ren, J., Wang, L. 2010. Carbon and nitrogen pools in different aggregates of a Chinese Mollisol as influenced by long-term fertilization. *J. Soils Sediments*, 10(6), 1018-1026.
- Chu, H., Fujii, T., Morimoto, S., Lin, X., Yagi, K., Hu, J., Zhang, J. 2007. Community structure of ammonia-oxidizing bacteria under long-term application of mineral fertilizer and organic manure in a sandy loam soil. *Appl. Environ. Microbiol.*, 73(2), 485-491.
- Clark, M.S., Horwath, W.R., Shennan, C., Scow, K.M. 1998. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agron. J.*, 90, 662-671.
- Clercq, T., Heiling, M., Dercon, G., Aigner, M., Mayer, L. & Merckx, R. 2015. Predicting soil organic matter stability in agricultural fields through carbon and nitrogen stable isotopes. *Soil Biol. Biochem.*, 88, 29-38.
- Crittenden, S.J., Eswaramurthy, T., De Goede, R.G.M., Brussaard, L., Pulleman, M.M. 2014. Effect of tillage on earthworms over short-and medium-term in conventional and organic farming. *Appl. Soil Ecol.*, 83, 140-148.
- Cuvarđić, M., Tveitnes, S., Krogstad, T. and Lombnæs, P. 2004. Long-term effects of crop rotation and different fertilization systems on soil fertility and productivity. *Acta Agric Scand B Soil Plant Sci.*, 54(4), pp.193-201.
- Cuvarđić, M., Seremesic, S., Novakovic, N. 2006. Soil fertility in organic farming in the first years after transition. Čuvarđić, M., Belić, M., Nešić, Lj., Vasin, J., Šeremešić, S. 2005. Uticaj organske i konvencionalne proizvodnje na sadržaj organske materije u černozeu. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 29: 187-194.
- Čuvarđić, M. 2006. Primena đubriva u organskoj poljoprivredi. *Zbornik Radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 42(2), 369-376.
- Ćirić, V., Nešić, Lj., Belić, M., Savin, L., Simikić, M. 2012. Stanje sabijenosti černozeu u proizvodnji kukuruza. *Savremena poljoprivredna tehnika* 38(1): 21-30.
- Ćirić, V., Belić, M., Nešić, Lj., Savin, L., Simikić, M., Gligorić, R., Šeremešić, S. 2014. Uticaj organske i konvencionalne proizvodnje na stabilnost strukturnih agregata zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 40(3), 191-198.
- Ćirić, V., Belić, M., Nešić, Lj., Savin, L., Simikić, M., Molnar, T., Višacki, V. 2015. Uticaj organske proizvodnje na parametre sabijenosti zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 41(2), 77-84.
- Das, A.C., Debnath, A., Mukherjee, D. 2003. Effect of the herbicides oxadiazon and oxyfluorfen on phosphates solubilizing microorganisms and their persistence in rice fields. *Chemosphere*, 53(3), 217-221.
- Domagała-Świątkiewicz, I. & Gaśtoł, M. 2013. Soil chemical properties under organic and conventional crop management systems in south Poland. *Biological agriculture & horticulture*, 29(1), 12-28.
- Don, A., Schumacher, J., Freibauer, A. 2011. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks—a meta-analysis. *Global Change Biology*, 17(4), 1658-1670.
- Doran, J.W. and Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. *Defining soil quality for a sustainable environment*, 35, 1-21.
- Đorđević, S., Šestović, M., Raičević, V., Marinković, N. 1999. Preživljavanje mikroorganizama u zemljištu tretiranom fentin-acetatom, hloridazonom i karbofuranom. *Pesticidi*, 14, 345-351.
- Đurić, S., Jarak, M., Hajnal-Jafari, T., Manojlović, M. 2008. Mikrobiološka aktivnost zemljišta u sistemima organske i konvencionalne proizvodnje kukuruza. *Contemporary agriculture* 57 (3-4): 46-50.
- Ernst, G., Emmerling, C. 2009. Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a ten year period. *Eur. J. Soil Biol.* 45, 247-251.
- Fabrizzi, K.P., Garcia, F.O., Costa, J.L., Picone, L.I. 2005. Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina. *Soil and Tillage Research*, 81(1), 57-69.
- Fließbach, A., Oberholzer, H., Gunst, L., Mäder, P. 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 118, 273-284.
- Gajić, B. 2006. Uzroci i posledice zbijanja njivskih zemljišta. *Poljoprivredna tehnika*, 2: 47-54.
- Gattinger, A., Muller, A., Haeni, M., Skinner, C., Fliessbach, A., Buchmann, N., Mäder, P., Stolze, M., Smith, P., Scialabba, N.E.H., Niggli, U. 2012. Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(44): 18226-18231.
- Ge, T., Nie, S.A., Wu, J., Shen, J., Xiao, H.A., Tong, C., Huang, D., Hong, Y., Iwasaki, K. 2011. Chemical properties, microbial biomass, and activity differ between soils of organic and conventional horticultural systems under greenhouse and open field management: a case study. *J. Soils Sediments*, 11(1), 25-36.
- Gosling, P. & Shepherd, M. 2005. Long-term changes in soil fertility in organic arable farming systems in England, with particular reference to phosphorus and potassium. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 105(1-2), 425-432.
- Govedarica, M., Milošević, N., Đorđević, S., Najdenovska, O., Milošev, D. 2001. Mikroorganizmi kao bioindikatori sabijenosti zemljišta. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 25(1-2): 15-24.
- Gregorich, E.G. & Carter, M.R. (Eds.). 1997. *Soil quality for crop production and ecosystem health*. Elsevier.
- Hadžić, V., Nešić, Lj., Belić, M. 1996. Problemi sabijanja zemljišta kod nas i u svetu. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 22(7), 388-395.
- Hattab, S., Bougattass, I., Hassine, R., Dridi-Al-Mohandes, B. 2019. Metals and micronutrients in some edible crops and their cultivation soils in eastern-central region of Tunisia: a comparison between organic and conventional farming. *Food chemistry*, 270, 293-298.
- He, J.Z., Shen, J.P., Zhang, L.M., Zhu, Y.G., Zheng, Y.M., Xu, M.G., Di, H. 2007. Quantitative analyses of the abundance and composition of ammonia-oxidizing bacteria and ammonia-oxidizing archaea of a Chinese upland red soil under long-term fertilization practices. *Environmental microbiology*, 9(9), 2364-2374.

- Henneron, L., Bernard, L., Hedde, M., Pelosi, C., Villenave, C., Bertrand, M., Girardin, C., Blanchart, E. 2015. Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life. *Agron. Sustain. Dev.*, 35, 169–181.
- Hilton, S., Bennett, A.J., Keane, G., Bending, G.D., Chandler, D., Stobart, R., Mills, P. 2013. Impact of shortened crop rotation of oilseed rape in soil rhizosphere microbial diversity in relation to yield decline. *PLoS ONE*, 8.
- Huang, M., Zhu, Y., Li, Z., Huang, B., Luo, N., Liu, C., Zeng, G. 2016. Compost as a soil amendment to remediate heavy metal-contaminated agricultural soil: mechanisms, efficacy, problems, and strategies. *Water Air Soil Pollut.*, 227(10), 1-18.
- Jacobs, A., Rauber, R., Ludwig, B. 2009. Impact of reduced tillage on carbon and nitrogen storage of two Haplic Luvisols after 40 years. *Soil and Tillage Research*, 102(1), 158-164.
- Jarak, M., Milošević, N., Milić, V., Mrkovački, N., Đurić, S., Marinković, J. 2005. Mikrobiološka aktivnost - pokazatelj plodnosti i degradacije zemljišta. *Ekonomika poljoprivrede*, 52(4): 483-493.
- Jarak, M. i Đurić, S. 2008. Mikroorganizmi u zemljištu u funkciji održive poljoprivrede. *Đubrenje u održivoj poljoprivredi (Maja Manojlović)*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet. Novi Sad. 98-117
- Jarecki, M.K., Lal, R., James, R. 2005. Crop management effects on soil carbon sequestration on selected farmers' fields in northeastern Ohio. *Soil and tillage research*, 81(2), 265-276.
- Jiang, R., Lyu, Y., Shen, S. 2015. Assessment of heavy metal content and pollution in organic and conventional farming soils in North China. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 23(7), 877-885.
- Johnsen, K., Jacobsen, C.S., Torsvik, V., Sørensen, J. 2001. Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils—a review. *Biology and Fertility of Soils*, 33(6): 443-453.
- Kargas, G., Kerkides, P., Poulouvassilis, A. 2012. Infiltration of rain water in semi-arid areas under three land surface treatments. *Soil and Tillage Research*, 120, 15-24.
- Kibblewhite, M.G., Ritz, K., Swift, M.J. 2008. Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 685-701.
- Komissarov, M.A. & Klik, A. 2020. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and soil properties in Lower Austria. *Eurasian soil science*, 53, 503-511.
- Kongshaug, G., Bockman, O.C., Kaarstad O., Morka H. 1992. Inputs of trace elements to soils and plants. In: *Proceedings of Chemical Climatology and Geomedical Problems*. NorskHydro, Oslo, Norway.
- Kovačević, D., Lazić, B., Milić, V. 2011. Uticaj poljoprivrede na životnu sredinu, *International Scientific Symposium of Agriculture – "Agrosym Jahorina 2011"*, Jahorina.
- Kpombekou, A.K. & Tabatabai, M.A. 1994. Metal contents of phosphate rocks. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25(17-18), 2871-2882.
- Kwiatkowski, C.A. & Harasim, E. 2020. Chemical Properties of Soil in Four-Field Crop Rotations under Organic and Conventional Farming Systems. *Agronomy*, 10(7), 1045.
- Kwiatkowski, C.A., Harasim, E., Feledyn-Szewczyk, B., Antonkiewicz, J. 2020. Enzymatic activity of loess soil in organic and conventional farming systems. *Agriculture*, 10(4), 135.
- Lal, R. 1997. Degradation and resilience of soils. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 352(1356), 997-1010.
- Lal, R. 1997a. Long-term tillage and maize monoculture effects on a tropical Alfisol in western Nigeria. I. Crop yield and soil physical properties. *Soil and tillage research*, 42(3), 145-160.
- Lal, R., Reicosky, D.C., Hanson, J.D. 2007. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil and Tillage Research*, 93(1), pp. 1-12.
- Liu, B., Gumpertz, M.L., Hu, S., Ristaino, J.B. 2007. Long-term effects of organic and synthetic soil fertility amendments on soil microbial communities and the development of southern blight. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(9), 2302-2316.
- Liu, E., Yan, C., Mei, X., Zhang, Y., Fan, T. 2013. Long-term effect of manure and fertilizer on soil organic carbon pools in dryland farming in northwest China. *Plos one*, 8(2), e56536.
- Lori, M., Symnaczyk, S., Mäder, P., De Deyn, G., Gattinger, A. 2017. Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—A meta-analysis and meta-regression. *PloS one*, 12(7), e0180442.
- Madejón, E., Murillo, J.M., Moreno, F., López, M.V., Arrúe, J.L., Cantero, C. 2009. Effect of long-term conservation tillage on soil biochemical properties in Mediterranean Spanish areas. *Soil Tillage Res.*, 105(1), 55-62.
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296(5573), 1694-1697.
- Maillard, É. & Angers, D.A. 2014. Animal manure application and soil organic carbon stocks: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 20(2), 666-679.
- Manojlović M. 2008. *Đubrenje u održivoj poljoprivredi*. Univerzitet Novi Sad, Poljoprivredni fakultet.
- Manojlović, M., Aćin, V. and Šeremešić, S. 2008. Long-term effects of agronomic practices on the soil organic carbon sequestration in Chernozem. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 54(4), pp.353-367.
- Manojlović, M., Cabilovski, R., Kalentic, M. 2011a. Soil fertility: Organic vs. conventional farming systems in Vojvodina, northern Serbia. In: *Proceedings of International Conference on Organic Agriculture and AGRO-ECO TOURISM in the Mediterranean*, 16-18 September, Zakynthos, Greece. p. 26-27.
- Manojlović, M., Čabilovski, R. 2011b. 'Soil fertility as a base for organic farming in Vojvodina. In: *Proceedings of 22nd International symposium 'Safe food production'*, 19-25 June, Bosnia and Herzegovina. p. 237 -240.
- Manojlović, M. & Singh, B.R. 2012. Trace elements in soils and food chains of the Balkan region. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 62(8), pp.673-695.
- Manojlović, M. 2014. Teški metali u zemljištu. U: *Plodnost i opterećenost zemljišta u pograničnom području*. 43-48. Maja Manojlović (urednik), Univerzitet Novi Sad, Poljoprivredni fakultet.

- Manojlović, M., Bogdanović, D., Čabilovski, R., Marijanušić, K. 2016. The status of trace elements in soils on organic and conventional farms in Serbia. *Mech. agric. Conserv. resour.*, 62(4), 12-14.
- Manojlović, M. i Pivić, R. 2020. Uloga zemljišta u kruženju ugljenika i ublažavanju klimatskih promena. Urednik Dragana Vidojević (ISBN: 978-86-900129-5-4), Beograd.
- Marschner, P., Yang, C.H., Lieberei, R., Crowley, D.E. 2001. Soil and plant specific effect on bacterial community composition in the rhizosphere. *Soil biology and Biochemistry* 33: 1437-1445.
- Mathew, R.P., Feng, Y., Githinji, L., Ankumah, R., Balkcom, K.S. 2012. Impact of no-tillage and conventional tillage systems on soil microbial communities. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012.
- McVay, K.A., Budde, J.A., Fabrizzi, K., Rice, C.W., Schlegel, A.J., Thompson, C. 2006. Management effects on soil physical properties in long-term tillage studies in Kansas. *Soil Sci Soc Am J.*, 70(2), 434-438.
- Mele, P.M. & Crowley, D.E. 2008. Application of self-organizing maps for assessing soil biological quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 126(3-4), 139-152.
- Melero, S., López-Garrido, R., Moreno, F. 2009. Conservation tillage: Short-and long-term effects on soil carbon fractions and enzymatic activities under Mediterranean conditions. *Soil Tillage Res.*, 104(2), 292-298.
- Meng, L., Ding, W., Cai, Z. 2005. Long-term application of organic manure and nitrogen fertilizer on N₂O emissions, soil quality and crop production in a sandy loam soil. *Soil Biol. Biochem.*, 37, 2037-2045.
- Menšík, L., Hlisnikovský, L., Kunzová, E. 2018. The effect of application of organic manures and mineral fertilizers on the state of soil organic matter and nutrients in the long-term field experiment. *J. Soils Sediments*, 18 (8).
- Milošević, N., Govedarica, M., Ubavić, M., Hadžić, V., Nešić, Lj. 2003. Mikrobiološke karakteristike zemljišta - osnova za kontrolu plodnosti. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, br. 39, str. 93-100.
- Moreno, F., Pelegrin, F., Fernández, J. E., Murillo, J. M. 1997. Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain. *Soil Tillage Res.*, 41(1-2), 25-42.
- Moscatelli, M.C., Di Tizio, A., Marinari, S., Grego, S. 2007. Microbial indicators related to soil carbon in Mediterranean land use systems. *Soil and Tillage Research*, 97(1), 51-59.
- Nešić, Lj., Belić, M., Savin, L., Čirić, V., Stefanović, M., Manojlović, M. 2014. Effect of organic production on soil structure. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(5): 1168-1174.
- Neve, S., Hofman, G. 2000. Influence of soil compaction on carbon and nitrogen mineralization of soil organic matter and crop residues. *Biol. Fertil. Soils*. 30, p. 544-549.
- Nicholson, F.A., Chambers, B.J., Williams, J.R., Unwin, R.J. 1999. Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. *Bioresource Technology*, 70(1), 23-31.
- Nikolić, R. & Savin, L. 2005. Soil compaction problems. *Economics of Agriculture*, 52(4), 439-454.
- Nortcliff, S. 2002. Standardisation of soil quality attributes. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 88(2), 161-168.
- Nozdrovický, L. 2007. Analiza efekata konzervacijske obrade na fizičke osobine zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 33(3-4), 263-273.
- Obalum, S.E., Chibuike, G.U., Peth, S., Ouyang, Y. 2017. Soil organic matter as sole indicator of soil degradation. *Environmental monitoring and assessment*, 189(4), 176.
- Oldeman, L., Lynden, G., Engelen, V. 1995. An international methodology for soil degradation assessment and for a soils and terrain digital database (soter).
- Pagliai, M., Vignozzi, N., Pellegrini, S. 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil Tillage Res.*, 79(2), pp. 131-143.
- Phogat, V.K., Tomar, V.S., Dahiya, R. 2015. Soil Physical Properties. In book: *Soil Science: An Introduction* (pp.135-171). First edition. Indian Society of Soil Science.
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., Seidel, R. 2005. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience*. 55(7): 573-582.
- Poudel, D.D., Horwath, W.R., Lanini, W.T., Temple, S.R., van Bruggen, A.H.C. 2002. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 90, 125-137.
- Radivojević, Lj., Šantrić, Lj., Stanković-Kalezić, R. 2007. Pesticidi u zemljištu: delovanje na mikroorganizme. *Pestic. fitomed.* 22: 11-24.
- Radivojević, Lj., Šantrić, Lj., Gajić-Umiljendić, J., Jovanović-Radovanov, K., Đurović, R., Marisavljević, D. 2011. Uticaj nikosulfurona na neke fiziološke grupe mikroorganizama u zemljištu. *Acta herbologica*, 20, 5-13.
- Rahman, M.H., Okubo, A., Sugiyama, S., Mayland, H.F. 2008. Physical, chemical and microbiological properties of an Andisol as related to land use and tillage practice. *Soil and Tillage Research*, 101(1-2), 10-19.
- Reeves, D.W. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil & Tillage Research* 43: 131-167.
- Ruser, R., Flessa, H., Schmidt, G., Buegger, F., Munch, J.C. 2006. Emission of N₂O, N₂ and CO₂ from soil fertilized with nitrate: effect of compaction, soil moisture and rewetting. *Soil Biol. Biochem.*, 38(2), 263-274.
- Savin L, Nikolić R, Simikić M, Furman T, Tomić M., Jarak M., Đurić S., Sekulić P, Vasin J. 2009. Uticaj sabijenosti zemljišta na promene u zemljištu i prinos suncokreta, *Savremena poljoprivredna tehnika*, 35(1-2), 26-32.
- Savin L, Simikić M, Furman T, Tomić M, Gligorić R, Đurić S, Vasin J. 2010. Uticaj agrotehničkih mera na zapreminsku masu zemljišta, *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36(1):1-9.
- Savin L, Simikić M, Tomić M, Gligorić R, Đurić S, Ponjičan O, Vasin J. 2011. Uticaj agrotehničkih mera u proizvodnji soje na otpor prodiranja konusa u zemljište, *Savremena poljoprivredna tehnika*, 37(1):1-10.
- Schrama, M., De Haan, J.J., Kroonen, M., Verstegen, H., Van der Putten, W.H. 2018. Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 256, 123-130.
- Schulz, E. 2004. Influence of site conditions and management on different soil organic matter (SOM) pools. *Archives of Agronomy and Soil Science* 50: 33-47.

- Sekulić, P., Kastori, R., Hadžić, V. 2003. Zaštita zemljišta od degradacije. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo. Novi Sad.
- Shafiani, S. & Malik, A. 2003. Tolerance of pesticides and antibiotic resistance in bacteria isolated from wastewater-irrigated soil. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19(9), 897-901.
- Sihi, D., Dari, B., Sharma, D.K., Pathak, H., Nain, L., Sharma, O.P. 2017. Evaluation of soil health in organic vs. conventional farming of basmati rice in North India. *J. Plant. Nutr. Soil Sci.*, 180(3), 389-406.
- Singh, B.K., Walker, A., Wright, D.J. 2001. Degradation of pesticides in combination and their effect on soil microbial activity. Monograph-British Crop Protection Council, 145-150.
- Službeni glasnik RS br. 41/2009. Zakon o sredstvima za ishranu bilja i oplemenjivačima zemljišta.
- Službeni glasnik RS br. 95/2020 i 24/2021. Pravilnik o kontroli i sertifikaciji u organskoj proizvodnji i metodama organske proizvodnje.
- Spiegel, H., Zavattaro, L., Guzmán, G., D'Hose, T., Pecio, A., Lehtinen, T., Schlatter, N., ten Berge, H. Grignani, C. 2015. Compatibility of Agricultural Management Practices and Mitigation and Soil Health: Impacts of Soil Management Practices on Crop Productivity, on Indicators for Climate Change Mitigation, and on the Chemical, Physical and Biological Quality of Soil. Deliverable reference, (D3), 371, CATCH-C Project.
- Stamenov, D., Đurić, S., Jafari, T.H., Ćirić, V., Manojlović, M. 2018. Microbiological Activity in the Soil of Various Agricultural Crops in Organic Production. *Contemporary Agriculture*, 67(1), pp.34-39.
- Stark, C., Condrón, L.M., Stewart, A., Di, H.J., O'Callaghan, M. 2007. Influence of organic and mineral amendments on microbial soil properties and processes. *Applied Soil Ecology*, 35(1): 79-93.
- Swift MJ & Palm CA. 2000. Soil fertility as an ecosystem concept: A paradigm lost or regained? In: Accomplishments and changing paradigm towards the 21st Century.
- Šantrić, Lj., Radivojević, Lj., Gajić-Umljendić, J., Đurović-Pejčev, R., Sarić-Krsmarović, M. 2014. Assessment of microbial activity and biomass in different soils exposed to nicosulfuron. *Pestic. Phytomed.*, 29(3), 213-219.
- Šeremešić, S., Ćirić, V., Jaćimović, G., Milošev, D., Belić, M., Vojnov, B., Živanov, M. 2016. Uticaj konvencionalne i redukovane obrade zemljišta na sadržaj ukupne i lakopristupačne organske materije. *Zemljište i Biljka – Soil and Plant*, Vol. 65, No. 1: 7-18.
- Štrbac, M., Čabilovski, R., Petković, K., Kovačević, D., Manojlović, M. 2019. Uticaj načina korišćenja zemljišta i sistema proizvodnje u Vojvodini na zapreminsku masu zemljišta. Simpozijum Srpskog društva za proučavanje zemljišta „Zemljište- osnovno prirodno dobro- ugroženost i opasnost“, Srpsko društvo za proučavanje zemljišta, pp. 34-34, Goč, Srbija, 19.-21. Jun, 2019.
- Tejada, M. & Gonzalez, J.L. 2007. Influence of organic amendments on soil structure and soil loss under simulated rain. *Soil and Tillage Research*, 93(1), 197-205.
- Tian, J., Lou, Y., Fang, H., Liu, S., Kuzyakov, Y. 2017. Response of soil organic matter fractions and composition of microbial community to long-term organic and mineral fertilization. *Biol. Fert. Soils*, 53, 523–532.
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
- Tobiašová, E. 2011. The effect of organic matter on the structure of soils of different land uses. *Soil and Tillage Research*, 114(2): 183-192.
- Tóth, G., Stolbovoy, V., Montanarella, L. 2007. Soil quality and sustainability evaluation. An integrated approach to support soil-related policies of the European Union, JRC position paper, JRC, Italy.
- Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P., Macdonald, D.W. 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research. *J. Environ. Manag.*, 112, 309–320.
- Van Bruggen, A.H.C., Francis, I.M., Krag, R. 2015. The vicious cycle of lettuce corky root disease: Effects of farming system, nitrogen fertilizer, and herbicide. *Plant Soil*, 388, 119–132.
- Van Capelle, C., Schrader, S., Brunotte, J. 2012. Tillage-induced changes in the functional diversity of soil biota: a review with a focus on German data. *Eur. J. Soil Biol.* 50, 165–181.
- Velmourougane, K. 2016. Impact of organic and conventional systems of coffee farming on soil properties and culturable microbial diversity. *Scientifica*, 2016.
- Von Arb, C., Bünemann, E.K., Schmalz, H., Portmann, M., Adamtey, N., Musyoka, M.W. Fließbach, A. 2020. Soil quality and phosphorus status after nine years of organic and conventional farming at two input levels in the Central Highlands of Kenya. *Geoderma*, 362, 114112.
- Wang, J., Tu, X., Zhang, H., Cui, J., Ni, K., Chen, J., Cheng, Y., Zhang, J. Chang, S.X. 2020. Effects of ammonium-based nitrogen addition on soil nitrification and nitrogen gas emissions depend on fertilizer-induced changes in pH in a tea plantation soil. *Science of The Total Environment*, 747, 141340.
- Williams, D.M., Blanco-Canqui, H., Francis, C.A., Galusha, T.D. 2017. Organic farming and soil physical properties: An assessment after 40 years. *Agronomy journal*, 109(2), 600-609.
- Wuddivira, M.N. & Camps-Roach, G. 2007. Effects of organic matter and calcium on soil structural stability. *European Journal of Soil Science*, 58(3), 722-727.
- Yvan, C., Stéphane, S., Stéphane, C., Pierre, B., Guy, R., Hubert, B. 2012. Role of earthworms in regenerating soil structure after compaction in reduced tillage systems. *Soil Biol. Biochem.* 55, 93–103.
- Zaccone, C., Di Caterina, R., Rotunno, T., Quinto, M. 2010. Soil–farming system–food–health: Effect of conventional and organic fertilizers on heavy metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) content in semolina samples. *Soil and tillage research*, 107(2), 97-105.
- Zhong, W.H. & Cai, Z.C. 2007. Long-term effects of inorganic fertilizers on microbial biomass and community functional diversity in a paddy soil derived from quaternary red clay. *Applied Soil Ecology*, 36(2-3), 84-91.
- Zhou, J., Xia, F., Liu, X., He, Y., Xu, J., Brookes, P.C. 2014. Effects of nitrogen fertilizer on the acidification of two typical acid soils in South China. *Journal of soils and sediments*, 14(2), 415-422.

Influence of organic and conventional systems of agricultural production on soil quality

Maja Manojlović^{a*}, Mirna Štrbac^a, Vladimir Ćirić^a, Ranko Čabilovski^a,
Dragan Kovačević^a, Klara Petković^a

^aUniversity of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: maja.manojlovic@polj.uns.ac.rs

ABSTRACT

Human, through his activity, primarily agricultural production, can increase or decrease the fertility of the soil, one of its most important properties for food production. Soil fertility is a dynamic state of all physical, chemical and biological properties and processes in the soil, on which the productivity of production depends. The intensive using of soil over the last decades has greatly influenced the change in its properties. The deterioration of soil properties was equally contributed by the chemicalization of agriculture, as well as the more intensive using of agricultural mechanization. The most important harmful processes that take place in agricultural soil are: decrease in the content of organic matter, deterioration of the structure, compaction and contamination of the soil, salinization, alkalization, acidification... The system of organic production implies the application of appropriate agrotechnical measures such as crop rotation, reduced tillage, application of organic and green manures, cultivation of cover crops and plowing of crop residues. All these measures lead to the activation of microbiological processes and the improvement of physical, chemical and microbiological properties of the soil with reduced erosion. Due to reduced manure production, there is a need for finding alternative organic materials that could replace it and increase soil fertility.

KEY WORDS: soil fertility; agricultural production systems; organic farming; conventional farming

PRIMLJEN: 26.05.2021.

PRIHVAĆEN: 12.10.2021.