

Pokrovni usjevi u konzervacijskoj poljoprivredi

Sažetak

Konzervacijska poljoprivreda sa svojim temeljnim principima (trajna pokrovnost tla, minimalna obrada i plodored) jedan je od najučinkovitijih sustava za prilagodbu poljoprivredne proizvodnje nepovoljnim uvjetima klimatskih promjena. Brojne prednosti konzervacijske poljoprivrede dodatno su izražene integracijom pokrovnih usjeva u plodored. Pokrovni usjevi uvode se u inovativne sustave biljne proizvodnje u svrhu poboljšanja kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava tla uz pozitivan utjecaj na bioraznolikost i doprinos održivosti poljoprivredne proizvodnje. Cilj ovoga rada je pregledno prikazati neke od glavnih uloga pokrovnih usjeva u konzervacijskoj poljoprivredi s osvrtom na zaštitu tla od erozije, konzervaciju vode i hraniva te utjecaj na organsku tvar i strukturu tla.

Ključne riječi: pokrovni usjev, zaštita tla, pokrovnost tla, konzervacijska obrada tla

Uvod

Konzervacijska poljoprivreda (CA) smatra se jednim od najpogodnijih poljoprivrednih sustava koja svojim osnovnim principima pozitivno utječe na održivost i produktivnost poljoprivredne proizvodnje u uvjetima sve izraženijih klimatskih promjena. Temelji se na načelima minimalne obrade tla, trajnoj pokrovnosti tla, pravilnom plodoredu i integriranoj zaštiti bilja (FAO, 2016, Jug i sur., 2018, Friedrich i sur., 2012). Konzervacijski sustavi obrade tla s minimalnom pokrovnosću biljnim ostatcima od 30% pokazuju izraženu učinkovitost u prilagodbi i ublažavanju nepovoljnih utjecaja klimatskih promjena s biljno-uzgojnog aspekta. Pozitivan utjecaj konzervacijske poljoprivrede proizlazi iz pozitivnog utjecaja na povećanje plodnosti tla, produktivnosti biljne proizvodnje i stabilnosti prinosa (Hobbs, 2007, Verhulst i sur. 2010). Neizostavan je i doprinos konzervacijske poljoprivrede povećanju bioraznolikosti kao posljedica smanjenja zahvata u tlo, intenzivnije izmjene kultura i odgovornom primjenom agrokemikalija što rezultira aktivacijom biološke komponente tla i doprinosi kvaliteti vode, sekvestraciji ugljika te smanjenju ukupnih troškova proizvodnje (Corsi i sur., 2012, Crabtree, 2010, Baker i sur., 2007). Primjena konzervacijskih sustava te diverzifikacija plodoreda s ciljem povećanja održivosti poljoprivredne proizvodnje dio je općih ciljeva i strategija Zajedničke poljoprivredne politike Europske unije i Europskog zelenog plana (ZPP). Pokrovni usjevi svojim višestrukim pozitivnim utjecajem na agroekosustav integrirani su u potpunosti u načela konzervacijskih sustava proizvodnje, te objedinjuju agrotehničke mjere vezane uz tlo, usjev i štetne organizme (Barberi, 2022). Doprinosi diverzifikaciji plodoreda konzervacijskih sustava, trajnoj pokrovnosti, učinkovitosti sustava reducirane ili izostavljene obrade, statusu hraniva u tlu te integriranoj zaštiti bilja (Lal, 2021, Biswakarma, 2022). Upotreba pokrovnih usjeva prepoznata je kao jedna od neizostavnih mjera konzervacijske poljoprivrede koja se sve više istražuje i implementira u poljoprivrednu proizvodnju (Jacobs i sur., 2022, Wulanningtyas i sur., 2021). Uzgoj pokrovnih usjeva u temelju je konzervacijske poljoprivrede, a odnosi se na zaštitu tla od erozije vodom i vjetrom te ostalih negativnih abiotskih čimbenika. Zaštitna uloga pokrovnih usjeva u konzer-

¹ Izv. prof. dr. sc. Bojana Brozović, prof. dr. sc. Irena Jug, prof. dr. sc. Boris Đurđević, prof. dr. sc. Danijel Jug, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska
Autor za korespondenciju: bojana.brozovic@fazos.hr

vacijskim sustavima osobito je izražena u razdoblju između žetve i sjetve sljedeće kulture koje može trajati i nekoliko mjeseci kada je zaštita tla od negativnih vremenskih utjecaja biljnim ostatcima ponekad nedovoljna (Quintarelli i sur., 2022), a nedovoljna pokrivenost tla u odsutvu usjeva omogućuje povećanu zakorovljenost. Široka primjena konzervacijske obrade tla većinom ovisi o očekivanim promjenama u korovnoj zajednici te mogućoj povećanoj razini zakorovljenosti, prilagođenoj primjeni herbicida i kontroli zakorovljenosti. Pokrovni usjevi predstavljaju ključni čimbenik koji doprinosi stabilnosti konzervacijskih sustava biljne proizvodnje u pogledu poboljšanja kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava tla te njihovih kapaciteta za povećanje bioraznolikosti agroekosustava (Quintarelli i sur., 2022).

Uloga pokrovnih usjeva u konzervacijskim sustavima biljne proizvodnje **Zaštita tla od erozije**

Pokrovni usjevi imaju visok potencijal u ublažavanju i sprečavanju procesa erozije što je uz pokrivenost tla njihova primarna funkcija (Sharma i sur., 2018) te su dugo smatrani glavnim „alatom“ u smanjenju erozije i povećanja kvalitete tla. Izravan utjecaj pokrovnih usjeva u kontroli erozije proizlazi iz stvaranja nadzemne biomase koja prekriva tlo i štiti ga od erozije vodom i vjetrom dok pozitivnim djelovanjem na fizikalna i kemijska svojstva tla neizravno utječe na smanjenje erodibilnosti tla (Morgan, 2005). Osobito su učinkoviti višegodišnji pokrovni usjevi u trajnim nasadima koji ne zahtijevaju česte agrotehničke zahvate. Prema navodima Langdale i sur., (1991), pokrovni usjevi smanjili su intenzitet erozije preko 60%. Uloga pokrovnog usjeva u izravnoj zaštiti tla od erozije ovisit će o vrsti pokrovnog usjeva kao i o vremenu uspostave samog usjeva. Pokrovni usjevi s vlaknastim korijenjem poput raži (*Secale cereale* L.), zobi (*Avena sativa* L.) i engleskog ljulja (*Lolium perenne* L.) učinkovitiji su u odnosu na usjeve s vretenastim korijenom kao što su bijela gorušica (*Sinapis alba* L.), krmna rotkva (*Raphanus sativus* L.) i dr. Nekoliko provedenih istraživanja ukazuje na učinkovitost pojedinih pokrovnih usjeva u kontroli erozije. Smanjenje erozije od gotovo 98% s upotrebom engleskog ljulja navode Le Bissonnais i sur., (2004) i Gómez i sur., (2009), dok je u istraživanju Dong i sur. (2015) pokrivenost engleskog ljulja od 50 i 75% rezultirala smanjenjem erozije od 69 i 75%. Učinkovitost u smanjenju erozije u slučaju grahorice (*Vicia sativa* L.) – 87%, ječma (*Hordeum vulgare* L.) – 92%, raži – 74% i crvene djeteline (*Trifolium pratense* L.) – 78%, navode Parlak i Parlak (2010) te Wall i sur. (1991).

Količina formirane biomase također je važan čimbenik u učinkovitosti zaštite tla o erozije. Mjerenjem količine erodiranog tla, smjese pokrovnih usjeva pokazale su se učinkovitije u odnosu na samostalne usjeve. U istraživanju Parlak i sur. (2015) uz pokrivenost stočnog graška (*Pisum arvense* L.) i grahorice preko 30%, količina erodiranog tla kretala se od 303 do 260 g m⁻², dok je sa smjesama grahorice i pšenice (*Triticum aestivum* L.) te stočnog graška i pšenice (47 i 64%) erozija bila manja, (147 i 47 g m⁻² erodiranog tla). Međutim, u istraživanjima Stipešević i sur. (2008) veću pokrivenost ostvarili su ozimi pokrovni usjevi sijani samostalno u odnosu na smjese. Najučinkovitija pokrivenost ostvarena je ozimom pšenicom (85%) i raži (80%) dok su smjese pšenice i raži sa stočnim graškom imale nižu pokrivenost. Smjese pokrovnih usjeva produktivnije su u stvaranju biomase zbog početnih kompetitivnih odnosa između dvije vrste koji su najizraženiji u smjesama trava i leguminoza gdje trave zbog morfoloških svojstava imaju brži početni porast te služe kao „nosač“ leguminozama i uvjetuju njihov brži razvoj (Brozović, 2014). Količina i brzina formiranja nadzemne biomase pokrovnih usjeva značajno utječe na zaštitu tla od erozije. Tijekom zime, kada se ozimi pokrovni usjevi uzgajaju između razdoblja uzgoja glavnih kultura, osobito je važno vrijeme sjetve usjeva koje treba biti što ranije kako bi razvoj nadzemne biomase bio što brži, a korijen što razvijeniji (Baldwin i Creamer, 2006) što uvjetuje dobru pokrivenost tla već u jesen i učinkovitu zaštitu od erozije. Kao primjer pogodnih ozimih pokrovnih usjeva u zaštiti od erozije navode se ozima grahorica i raž te njihova smjesa.

Raž omogućuje dobru pokrovnost tla već u jesen dok ozima grahorica glavninu pokrovnosti ostvaruje u proljeće. U istraživanjima s ozimim pokrovnim usjevima u Istočnoj Hrvatskoj kojeg su proveli Brozović i sur. (2014), početni razvoj smjesa stočnog graška s raži i pšenicom (Slika 1. i 2.) bio je brži u odnosu na stočni grašak. Smjesa stočnog graška s raži ostvarila je 70% veći sklop i brži početni razvoj u odnosu na stočni grašak (Slika 3.) kao samostalan usjev. U istom istraživanju raž, grahorica i njihova smjesa (Slika 4.) pokazali su se najučinkovitiji u pokrivanju tla formiranjem najveće biomase (Brozović i sur, 2020).



Slika 1. Smjesa stočnog graška i raži

Figure 1. Fodder pea and rye mix

Izvor/Source: Brozović, B. (2014)



Slika 2. Smjesa stočnog graška i pšenice

Figure 2. Fodder pea and wheat mix

Izvor/Source: Brozović, B. (2014)



Slika 3. Stočni grašak

Figure 3. Fodder pea

Izvor/Source: Brozović, B. (2014)



Slika 4. Smjesa raži i grahorice/

Figure 4. Rye and hairy vetch mix

Izvor/Source: Brozović, B. (2014)

U konzervacijskim sustavima obrade tla značaj pokrovnih usjeva u zaštiti tla od erozije dodatno je naglašen budući da nakon prekida vegetacije (terminacije) pokrovnih usjeva izostaje inkorporacija biljnih ostataka u tlo što je slučaj u konvencionalnim sustavima obrade. Također, reducirana obrada tla u konzervacijskim sustavima omogućuje brzu uspostavu pokrovnog usjeva u jesen što omogućuje bržu i učinkovitiju zaštitu od erozije tijekom zimskog razdoblja.

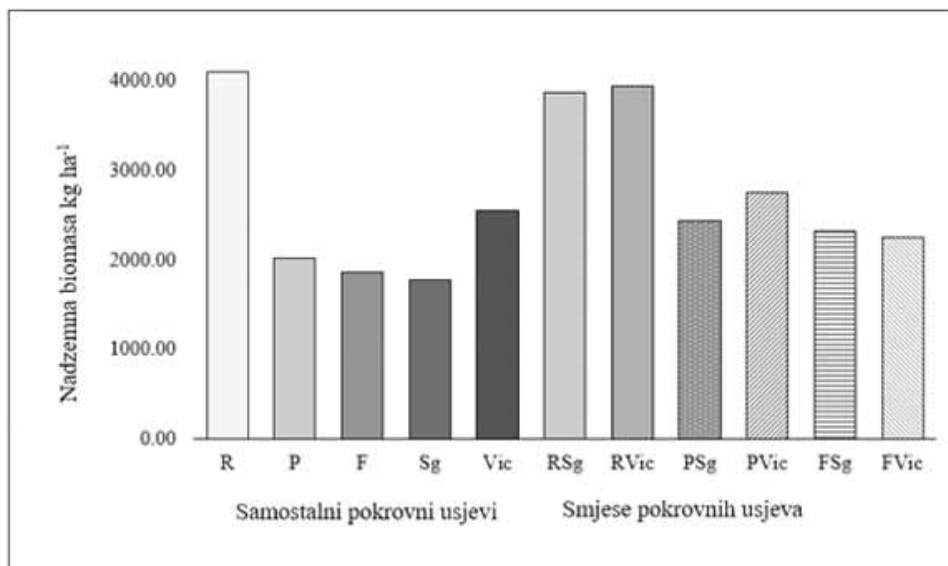
Konzervacija vode

Utjecaj pokrovnih usjeva na sadržaj vode u tlu može biti različit, a ovisi o vremenu, načinu primjene i vrsti pokrovnog usjeva. Dugotrajna upotreba pokrovnih usjeva u konzervacijskim sustavima biljne proizvodnje ima dodatan utjecaj na poboljšanje strukture tla, ukupne poroznosti, povećanja sadržaja organske tvari, a samim time i vododrživosti tla (Lu i sur., 2007). Ostaci pokrovnih usjeva na površini štite tlo od energije kišnih kapi te povećavaju infiltraciju vode, a kao živi malčevi povećavaju albedo, te smanjuju temperaturu tla što rezultira manjom evaporacijom koja je značajan čimbenik u gubitcima vode tijekom ljetnih mjeseci. Smanjivanjem evaporacije povećava se dostupnost vode za sljedeću kulturu u plodoredu (Sharma i sur., 2018). Također, ostaci pokrovnih usjeva zajedno s biljnim ostacima koji su prisutni u konzervacijskim sustavima smanjuju pojavnost pokorice te zadržavanje ili otjecanje vode s površine tla (Sullivan, 2003). Povećanje retencije vode u tlu upotrebom pokrovnih usjeva bilo je povećano za 11%, a sadržaj dostupne vode u tlu za 22% prema istraživanjima Bashe i sur. (2016), dok Folorunso i sur. (1992) navode povećanje infiltracije za oko 40% i učinkovitije usvajanje vode od 20 do 100%. Smanjenjem evaporacije i povećanjem kapaciteta tla za vodu, pokrovni usjevi pozitivno utječu na produktivnost glavnih kultura u sušnim uvjetima. U istraživanjima provedenim s ozimim pokrovnim usjevima u plodoredu kukuruz/soja, prinos kukuruza kokičara bio je najveći nakon inkorporacije smjese pokrovnih usjeva, pšenice i ozime grahorice u 2010. godini te facelije (*Phacelia tanacetifolia* Benth) i ozime grahorice 2009. godini u kojoj je tijekom vegetacije kukuruza kokičara bio prisutan izražen nedostatak oborina na istraživanom lokalitetu (Istočna Hrvatska, Valpovo) (Brozović i sur., 2015). Međutim, iako pokrovni usjevi kao mrtvi ili živi malčevi povećavaju infiltraciju i smanjuju evaporaciju, u obzir treba uzeti i potrošnju u vode od strane živih malčeva te smanjenje njene raspoloživosti sljedećem glavnom usjevu. Isušivanje tla transpiracijom od strane ozimih pokrovnih usjeva može imati pozitivan učinak na tlima težeg mehaničkog sastava u uvjetima veće količine oborina u proljeće što će nakon terminacije pokrovnog usjeva omogućiti bržu sjetvu glavnog usjeva, dok u sušnijim uvjetima na plićim tlima, lakše strukture, s manjim kapacitetom za vodu pokrovni usjevi mogu dovesti do smanjenja prinosa glavne kulture u slučaju nedostatka oborina nakon sjetve i tijekom vegetacije (Campbell i sur., 1984). Spomenuti autori navode smanjeni sadržaj vode u tlu te smanjenje u prinosu kukuruza nakon usijavanja u ostatke raži, a slično potvrđuju i Ewing i sur. (1991) u čijem istraživanju je prinos kukuruza bio smanjen nakon terminacije djeteline inkarnatke (*Trifolium incarnatum* L.). Međutim, neka istraživanja ukazuju na povećan sadržaj vode u tlu u slučaju ostavljanja biljnih ostataka raži na površini i povećanje prinosa kukuruza dok u nekim slučajevima promjene u sadržaju vode u tlu nisu zabilježene (Clark i sur., 1997). Ostaci pokrovnih usjeva općenito će djelovati na povećan sadržaj vlage u tlu dok će dostupnost vode glavnoj kulturi u slučaju živih malčeva ovisiti o specifičnim agroekološkim uvjetima.

Utjecaj na organsku tvar tla

Sadržaj organske tvari u tlu, karakteristična je i stabilna veličina, ovisna o specifičnim agroekološkim uvjetima i fizikalno-kemijskim-biološkim svojstvima tla na koje ima pozitivan utjecaj. Unošenje organske tvari u tlo općenito pozitivno utječe na povećanje plodnosti te na količinu i dostupnost hraniva sljedećem usjevu. Inkorporacija pokrovnih usjeva ili ostavljanje ostataka na površini tla pozitivno utječe na strukturu, infiltraciju, vodozračne odnose i biološku aktivnost u tlu što rezultira učinkovitijim kruženjem hraniva (Sainju i sur., 2005). Jedna od glavnih prednosti inkorporacije pokrovnih usjeva u tlo (zelena gnojidba/sideracija) je upravo dodavanje organske tvari što je od posebnog značaja u povoljnim agroekološkim uvjetima s umjerenim temperaturama tijekom zime ili dostatnom količinom oborina ljeti što će omogućiti zadovoljavajuće formiranje nadzemne mase pokrovnih usjeva koja će biti inkorporirana u tlo

(Nyakatawa i Reddy, 2001). Pokrovni usjevi obogaćuju tlo organskom tvari razgradnjom inkorporiranih ostataka, a količina samog organskog ugljika koji čini glavnu komponentu organske tvari tla ovisit će o vrsti pokrovnog usjeva i količini inkorporirane biomase. Količine organskog ugljika u tlu u sustavu konzervacijske obrade s pokrovnim usjevima iznosile su 9,7, 8,4, 10 i 8,7 g kg⁻¹ nakon inkorporacije ozime grahorice, djeteline inkarnatke, podzemne djeteline (*Trifolium subterraneum* L.) i raži (Hargrove, 1986). U uvjetima prisutnih klimatskih promjena i sve blažih zima, uzgoj ozimih pokrovnih usjeva nema značajnijih ograničenja u agroekološkom području Republike Hrvatske dok se u ljetnom razdoblju odabirom određenih vrsta pokrovnih usjeva također može postići zadovoljavajuća količina biomase unatoč nedovoljnoj i nepravilno raspoređenoj količini oborina i visokim temperaturama. Introdukciju pokrovnih usjeva pogodnih za sušne uvjete proveli su Stipešević i sur. (2014) u kontinentalnoj Hrvatskoj postrnom sjetvom munga (*Guizotia abyssinica* L. f. Cass.) i kameline (*Camelina sativa* L. Crantz) u različitim agroekološkim uvjetima. Ostvarena biomasa munga kretala se od 2968 do 5209 kg ha⁻¹ dok je kod kameline bila u rasponu od 3657 do 6566 kg ha⁻¹. Prosječna biomasa ozimih pokrovnih usjeva u trogodišnjem istraživanju (2009. – 2011.) u Istočnoj Hrvatskoj kretala se od 1775 do 4108 kg ha⁻¹ za stočni grašak i raž (Brozović, 2014). Ozimi pokrovni usjevi inkorporirani su u tlo prije stadija cvatnje, a količine ostvarene nadzemne biomase varirale su ovisno o vrsti ozimog pokrovnog usjeva i načinu primjene (samostalni usjev ili smjesa) (Grafikon 1). Produktivnost smjesa bila je izraženija korištenjem raži u kombinaciji s leguminozama. Inkorporacijom pokrovnih usjeva značajno se može utjecati na povećanje ili održavanje razine organske tvari u tlu, osobito u konzervacijskim sustavima obrade tla gdje izostaje intenzivna obrada koja dovodi do oksidacije organske tvari i otpuštanja CO₂ u atmosferu. Zadržavanju i povećavanju količine organskog ugljika u tlu – sekvestraciji, znatno mogu doprinijeti sustavi biljne proizvodnje koji uključuju konzervacijsku obradu tla i pokrovne usjeve (Fageria, 2007, d'Andréa i sur, 2004).



Grafikon 1. nadzemna biomasa različitih pokrovnih usjeva. R (raž), P (pšenica), F (facelija), Sg (stočni grašak), Vic (grahorica)/**Graph 1.** aboveground biomass of different cover crops. R (rye), P (wheat), F (lacy phacelia), Sg (fodder pea), Vic (hairy vetch)

Izvor/Source: Brozović, 2014

Utjecaj na strukturu tla

Količina organske tvari u tlu izravno je vezana za strukturu tla koja je važan pokazatelj plodnosti tla, a zajedno uz teksturu uvjetuje optimalan rast i razvoj korijenovog sustava, dobru poroznost, vododrživost i prozračnost tla (Fageria, 2007). Pozitivan utjecaj pokrovnih usjeva na poboljšavanje strukture tla dobro je istražen te rezultati brojnih istraživanja ukazuju na značaj pokrovnih usjeva u popravljaju i održavanju povoljne strukture poljoprivrednih tala (Kaspar i Singer, 2011, Lynch i sur., 2012, Blanco-Canqui i Jasa, 2019, Saleem i sur., 2020). Korijenovim sustavom pokrovnih usjeva učvršćuju se strukturni agregati tla, te poboljšava njihova stabilnost djelovanjem različitih korijenskih izlučevina. Tijekom mikrobiološke razgradnje organske tvari od strane inkorporiranih biljnih ostataka pokrovnih usjeva dolazi do formiranja stabilnih spojeva koji povoljno djeluju na formiranje strukture u tlu (Sullivan, 2003). Međutim, intenzitet i način djelovanja na promjene u strukturi tla većinom će ovisiti o vrsti pokrovnog usjeva, trajanju vegetacije, ostvarene količine biomase, tipu tla i agroekološkim uvjetima (Darapuneni i sur., 2021, Blanco-Canqui i Jasa, 2019). Brojna istraživanja ukazuju na pozitivan utjecaj pokrovnih usjeva na strukturu tla u konzervacijskim sustavima obrade (Karlen i sur., 1994, Cassel i sur., 1995, Nouri i sur., 2018, Rigon, 2020). Spomenuti autori navode povećanje poroznosti, infiltracije i veću stabilnost strukturnih agregata u konzervacijskim sustavima s različitim vrstama pokrovnih usjeva u odnosu na površine bez pokrovnih usjeva. Proso (*Panicum miliaceum* L.), raž, ozima grahorica i soja (*Glycine max* (L.) Merr) istraživani su pokrovni usjevi koji pozitivno utječu na strukturu tla. Talijanski ljulj, crvena djetelina i krmna rotkva povećali su stabilnost strukturnih agregata nakon samo jedne godine u plodoredu (Dapaah i Vyn, 1998). Utjecaj na strukturu tla ovisit će također i o vrstama glavnih kultura u plodoredu te o formiranoj masi i dubini prodiranja korijena pokrovnih usjeva koji mogu utjecati na smanjenje volumne gustoće tla, te povećati propusnost zbijenih slojeva tla (Williams i Weil, 2004). Na zbijenim tlima obično se u svrhu smanjenja otpora tla i popravljavanja strukture koriste pokrovni usjevi iz porodice krsašica (*Brassicaceae*) koje osim učinkovitog prodiranja i rahljenja zbijenih slojeva dobro razvijenim korijenovim sustavom služe i kao usjevi „hvatači“ i usvajaju hraniva nedostupna iz dubljih slojeva (Blanco-Canqui i Ruis, 2020).

Konzervacija hraniva

Važna uloga pokrovnih usjeva u plodoredu je poboljšanje dostupnosti hraniva u tlu uz nezostavnu ulogu konzervacije i sprečavanja gubitaka hraniva iz tla ispiranjem. Pokrovni usjevi najčešće će spriječiti ili umanjiti gubitke dušika i fosfora iz tla povećanjem infiltracije i ublažavanjem erozije i izravnim usvajanjem. Ozimi pokrovni usjevi imaju ulogu usjeva hvatača – „catch crop“, te usvajanjem vode i direktnim usvajanjem dušika smanjuju mogućnost njegovog ispiranja, usvajaju ga iz dubljih slojeva, ili omogućuju dodatan dušik glavnom usjevu fiksacijom, ako se kao pokrovni usjev koriste leguminoze (Snapp, 2005, Finney, 2017). Učinkovitost usvajanja dušika ovisi o količini raspoloživog dušika u tlu, klimatskim prilikama, vrsti pokrovnog usjeva, ostvarenom sklopu i trajanju vegetacije pokrovnog usjeva. U svrhu sprečavanja ispiranja i zadržavanja hraniva, pogodni su pokrovni usjevi koji imaju brz početni porast te već u jesen ostvaruju dobru pokrovnost, razvijaju veću količinu nadzemne biomase i tolerantni su na niske temperature poput raži i talijanskog ljulja (*Lolium multiflorum* Lam) (Hanrahan i sur., 2021). Prema McCracken i sur. (1994), ispiranje dušika bilo je smanjeno za 94% kada je kao pokrovni usjev korištena raž dok je ozima grahorica smanjila gubitke dušika iz tla za 48%, a zob za 26% (Bergstrom i Jokela, 2001). Opskrbljenost dušika u poljoprivrednim tlima može biti učinkovito regulirana pokrovnim usjevima i njihovom inkorporacijom budući da dodatne količine dušika koje su raspoložive glavnom usjevu smanjuju potrebe za primjenom mineralnih dušičnih gnojiva (Gabriel i sur., 2013) i samim time troškove proizvodnje (Peyrard i sur., 2016). Količine

dostupnog dušika nakon inkorporacije pokrovnih leguminoznih usjeva obično se kreću od 40 do 60% od ukupnih potreba glavnog usjeva, a procjenjuje se da oko 40% dušika usvojenog od pokrovnog usjeva bude dostupno glavnoj kulturi u prvoj godini nakon terminacije u slučaju ostavljanja ostataka pokrovnih usjeva kao malča, dok će inkorporacijom ta količina biti veća i iznosi oko 60% (Sullivan, 2003). Sadržaj dušika u nadzemnoj masi pokrovnih usjeva varira u odnosu na različite vrste, a prema literaturnim podacima kreće se od 30 do 200 kg ha⁻¹. Sadržaj vode, pH reakcija, i temperatura, svojstva su tla koja utječu na učinkovitost fiksacije dušika leguminozama, a količina fiksiranog i kasnije dostupnog dušika glavnom usjevu u nekim slučajevima je dovoljna za ostvarenje zadovoljavajućeg prinosa (Fageria, 2007). Dostupna količina dušika glavnom usjevu nakon terminacije pokrovnih usjeva njihovom inkorporacijom uvelike ovisi o brzini mineralizacije u tlu, te o C:N odnosu pokrovnih usjeva u trenutku prekidanja vegetacije (Kaspar i Singer, 2011) (Tablica 1). Rezidui trava i žitarica imaju širi C:N odnos u odnosu na leguminoze (Tablica 1). Dekompozicija njihovih ostataka na tlu odvija se sporije, a može doći i do imobilizacije dušika već prisutnog u tlu (Rosecrance i sur., 2000). U slučaju leguminoza razgradnja je zbog užeg C:N odnosa brža kao i pristupačnost mineralnog dušika glavnom usjevu.

Tablica 1. Uobičajeni C:N odnos u nekim vrstama pokrovnih usjeva
Table 1. Common C:N ratio in some cover crops species

Vrsta pokrovnog usjeva	C:N odnos
Mlade biljke raži	14:1
Raž u cvatnji	20:1
Ozima grahorica	10:1 do 15:1
Inkarnatka	15:1
Kukuruzovina	60:1
Pšenična slama	100:1

Izvor/Source: Sullivan, 2003

Dostupnost mineralnog dušika trebala bi biti najveća tijekom najvećih potreba glavne kulture jer u protivnom može doći do gubitaka dušika ispiranjem iz tla i volatilacijom (Kaspar i Singer, 2011). Usklađivanje C:N odnosa ovisno o potrebama dušika glavne kulture moguće je ranijim prekidom vegetacije pokrovnog usjeva, sjetvom smjesa pokrovnih usjeva (kombinacija trava i leguminoza) ili inkorporacijom ostataka u tlo (Kaspar i Singer, 2011). Iako usklađivanje dostupnosti mineraliziranog dušika od ostataka pokrovnih usjeva s potrebama glavne kulture nije lako ostvarivo, upotreba pokrovnih usjeva smatra se jednim od najboljih sustava proizvodnje u pogledu održivosti s obzirom na dostupnost i smanjenje gubitaka hraniva iz tla uz ostvarenje stabilnih prinosa (Sainju i sur., 2006). Osim dušika, pokrovni usjevi tlo obogaćuju i drugim hranivima, koja nakon mineralizacije ostataka mogu biti dostupna glavnoj kulturi, a čija količina varira u ovisnosti o vrsti pokrovnog usjeva i količini ostvarene biomase. Također, povećanje količina hranjivih elemenata u tlu od strane pokrovnih usjeva ovisit će i o dubini korijenovog sustava i usvajanja hraniva iz dubljih slojeva koja se nakon prekida vegetacije premještaju u zonu rizosfere glavnog usjeva (Fageria i sur., 2007). Pozitivnim utjecajem na smanjenje erozije pokrovni usjevi indirektno smanjuju i gubitke fosfora iz tla, a prema navodima Zhang i sur., (2017) gubitci fosfora primjenom pokrovnih usjeva smanjeni su oko 26% u odnosu na tlo izloženo eroziji. Također, povećavaju učinkovitost usvajanja fosfora od strane glavne kulture prevodeći nepristupačne oblike fosfora u biljci raspoložive nakon razgradnje biljnih osta-

taka (Fageria i sur, 2007). Pokrovni usjevi uz mikrobiološku aktivnost u tlu povećavaju brzinu kruženja fosfora kroz usvajanje u biljno tkivo, a potom razgradnjom biljnih ostataka što dovodi do njegove mobilizacije (Landry i sur., 2014). Neke vrste pokrovnih usjeva imaju sposobnost učinkovitijeg usvajanja fosfora iz slabo opskrbljenih ili siromašnih tala. Braum i Helmke, (1995) kao takve pokrovne usjeve navode lucernu (*Medicago sativa* L.), crvenu djetelinu, kokotac (*Melilotus officinalis* L. Lam) i bijelu lupinu (*Lupinus albus* L.). Nakon razgradnje biljnih ostataka navedenih pokrovnih usjeva glavnom usjevu na raspolaganju se relativno dostupni oblici fosfora za usvajanje.

Zaključak

Prikaz dosadašnjih spoznaja i rezultata istraživanja utjecaja pokrovnih usjeva na odabrana svojstva tla ukazuju na izniman značaj i ulogu pokrovnih usjeva u održivoj biljnoj proizvodnji u okvirima konzervacijske poljoprivrede. Njihova implementacija rezultira povećanjem ekološke i održive intenzifikacije biljne proizvodnje zbog pozitivnog utjecaja na: plodnost tla (smanjenjem erozije), sadržaj organske tvari u tlu, povoljnu strukturiranost agregata tla, infiltraciju, vododrživost, smanjen gubitak vode (smanjena evaporacija), smanjen gubitak hraniva ispiranjem i površinskim otjecanjem (zaštita okoliša) itd. Učinak i intenzitet utjecaja pokrovnih usjeva na svojstva tla ovise o vrsti pokrovnog usjeva, trajanju vegetacije, sastavu plodoreda i prisutnim agroekološkim uvjetima.

Napomena

"Ovaj je rad financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom "Procjena konzervacijske obrade tla kao napredne metode uzgoja usjeva i prevencije degradacije tla – ACTIVEsoil" (IP-2020-02-2647)

Literatura

- Baldwin, K. R., Creamer, N. G. (2006) Cover Crops for Organic Farms. North Carolina cooperative extension service. URL: <https://www.carolinafarmstewards.org/wp-content/uploads/2012/12/4-CEFS-Cover-Crops-on-Organic-Farms.pdf> (18. 3. 2023.)
- Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, W.C.T., Reicosky, D.C., Ribeiro, M.F.S., Justice, S.E., Hobbs, P.R. (2007) No-Tillage Seeding in Conservation Agriculture – 2nd edn. Wallingford, CABl and FAO.
- Barberi, P. (2002) Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues. *Weed Research*, 42 (3), 177-193. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2002.00277.x>
- Basche, A.D., Kaspar, T.C., Archontoulis, S.V., Jaynes, D.B., Sauer, T.J., Parkin, T.B., Miguez, F.E. (2016) Soil Water Improvements with the Long-Term Use of a Winter Rye Cover Crop. *Agricultural Water Management*, 172, 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.006>
- Bergstrom, L.F. Jokela, W.E. (2001) Ryegrass Cover Crop Effects on Nitrate Leaching in Spring Barley Fertilized with 15NH4 15NO3. *Journal of Environmental Quality*, 30, 1659-1667. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.3051659x>
- Biswakarma, N., Koushik, B., Priti, T., Sourav S. (2022) Cover Crops under Conservation Agriculture. *Food and Scientific Reports*, 3 (7), 48.
- Blanco-Canqui, H., Jasa, P. (2019). Do grass and legume cover crops improve soil properties in the long term? *Soil Science Society of America Journal*, 83, 1181-1187. <https://doi.org/10.2136/sssaj2019.02.0055>
- Blanco-Canqui, H., Ruis, S.J. (2020) Cover crop impacts on soil physical properties: A review. *Soil Science Society of America Journal*, 84, 1527-1576. <https://doi.org/10.1002/saj2.20129>
- Braum, S.M., Helmke, P.A. (1995) White lupine utilizes soil phosphorus that is unavailable to soybean. *Plant and Soil*, 176, 95-100.
- Brozović, B. (2014) Utjecaj ozimih pokrovnih usjeva na populaciju korova u ekološkom uzgoju kukuruza kokičara (*Zea mays everta* Sturt). Doktorski rad. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
- Brozović, B., Stipešević, B., Jug, D., Jug, I., Vukadinović, V., Đurđević, B., Medvečki, A. (2015) Utjecaj pokrovnih usjeva na prinos i komponente prinosa kukuruza kokičara (*Zea mays everta* Sturt.) u ekološkom uzgoju. U: Baban, M., Rašić, S., ur. *Zbornik radova 8. međunarodnog znanstveno/stručnog skupa Poljoprivreda u zaštiti prirode i okoliša*. Vukovar, 1.-3.6. 2015. Osijek: Glas Slavonije, 66-70.
- Brozović, B., Jug, D., Jug, I., Stipešević, B., Đurđević, B., Vidić, D. (2020) Soil protection with different cover crops in the fallow period. U: Jug, D, Ravlić, M., ur. *Zbornik radova 13. međunarodne znanstveno/stručnog skupa Poljoprivreda u zaštiti prirode i okoliša*. Osijek, 7-9. 9. 2020. Osijek: Glas Slavonije, 154-160.
- Campbell, R.B., Karlen, D.L., Sojka, R.E. (1984) Conservation tillage for maize production in the U.S. Southeastern Coastal Plain. *Soil and Tillage Research*, 4, 511-529. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(84\)90002-3](https://doi.org/10.1016/0167-1987(84)90002-3)
- Cassel, D.K., Raczkowski, C.W., Denton, H.P. (1995) Tillage effects on corn production and soil physical conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 59, 1436-1443. <https://doi.org/10.2136/sssaj1995.03615995005900050033x>
- Clark, A.J., Decker, A.M., Meisinger, J.J. McIntosh, M.S. (1997) Kill date of vetch, rye, and a vetch-rye mixture: II. Soil

- moisture and corn yield. *Agronomy Journal*, 89, 434–441. <https://doi.org/10.2134/agronj1997.00021962008900030011x>
- Corsi, S., Friedrich, T., Kassam, A., Pisante, M., de Moraes, S. J. (2012) Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from Conservation Agriculture: A literature review. *Integrated Crop Management*, 16, 89.
- Crabtree, B. (2010) In Search for Sustainability in Dryland Agriculture, Crabtree Agricultural Consulting, Australia. 204. URL: www.no-till.com.au (19. 3. 2023.)
- d'Andréa, A.F., Silva, M.L.N., Curi, N., Guilherme, L.R.G. (2004) Carbon and Nitrogen Storage, and Inorganic Nitrogen Forms in a Soil under Different Management Systems. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39, 179–186. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000200012>
- Dapaah, H.K., Vyn, T.J. (1998) Nitrogen fertilization and cover crop effects on soil structural stability and corn performance. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29:2557–2569. <https://doi.org/10.1080/00103629809370134>
- Darapunen, M.K., Idowu, O.J., Sarihan, B., DuBois, D., Grover, K., Sanogo, S., Djaman, K., Lauriault, L., Dodla, S. (2021) Growth characteristics of summer cover crop grasses and their relation to soil aggregate stability and wind erosion control in arid southwest. *Applied Engineering in Agriculture*, 37(1), 11e23. doi: 10.13031/aea.13972
- Dong, Y., Lei, T., Li, S., Yuan, C., Zhou, S., Yang, X. (2015) Effects of rye grass coverage on soil loss from loess slopes. *International Soil and Water Conservation Research*, 3 (3), 170–182. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.006>
- Ewing, R.P., M.G. Waggar, M.G., Denton, H.P. (1991) Tillage and cover crop management effects on soil water and corn yield. *Soil Science Society of America Journal*, 55, 1081–1085. <https://doi.org/10.2136/sssaj1991.03615995005500040031x>
- Fageria, N.K., Baligar, V.C., Bailey, B.A. (2007) Role of Cover Crops in Improving Soil and Row Crop Productivity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36, 19–20. <http://doi.org/10.1080/00103620500303939>
- FAO. 2016. What is Conservation Agriculture? URL: <http://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/what-is-conservation-agriculture/en/> (18. 3. 2023.)
- Finney, D.M., Murrell, E.G., White, C.M., Baraibar, B., Barbercheck, M. E., Bradley, B.A., Cornelisse, S., Hunter, M.C., Kaye, J.P., Mortensen, D.A., Mullen, C.A., Schipanski, M.E. (2017) Ecosystem Services and Disservices are Bundled in Simple and Diverse Cover Cropping Systems. *Agricultural and Environmental Letters*, 2 (1), 170033. <https://doi.org/10.2134/aes2017.09.0033>
- Folorunso, O., Rolston, D., Prichard, T., Loui, D. (1992) Soil Surface Strength and Infiltration Rate as Affected by Winter Cover Crops. *Soil Technology*, 5, 189–197. [https://doi.org/10.1016/0933-3630\(92\)90021-R](https://doi.org/10.1016/0933-3630(92)90021-R)
- Friedrich, T., Derpsch, R., Kassam, A.H. (2012) Global overview of the spread of conservation agriculture. *Field Actions Science Reports*, 6, 1–7.
- Gabriel, J.L., Garrido, A., Quemada, M. (2013) Cover Crops Effect on Farm Benefits and Nitrate Leaching: Linking Economic and Environmental Analysis. *Agricultural Systems*, 121, 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2013.06.004>
- Gómez, J.A., Guzmán, G., Giraldez, J.V., Fereres, E. (2009) The influence of cover crops and tillage on water and sediment yield, and on nutrient, and organic matter losses in an olive orchard on a sandy loam soil. *Soil and Tillage Research*, 106, 137–144.
- Hanrahan, B.R., King, K.W., Duncan, E.W., Shedekar, V.S. (2021) Cover crops differentially influenced nitrogen and phosphorus loss in tile drainage and surface runoff from agricultural fields in Ohio, USA. *Journal of Environmental Management*, 2021, 293, 112910. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112910>
- Hargrove, W.L. (1986) Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. *Agronomy Journal*, 78, 70–74. <https://doi.org/10.2134/agronj1986.00021962007800010016x>
- Hobbs, P.R., Sayre, K., Gupta, R. (2008) The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, 543–555. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2169>
- Jacobs, A.A., Evans, R.S., Allison, J.K., Garner, E.R., Kingery, W.L., McCulley, R.L. (2022) Cover crops and no-tillage reduce crop production costs and soil loss, compensating for lack of short-term soil quality improvement in a maize and soybean production system. *Soil and Tillage Research*, 218, 105310. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105310>
- Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., Đurđević, B. (2018) The role of conservation agriculture in climate change mitigation. *Poljoprivreda*, 24, 35–44. <https://doi.org/10.18047/poljo.24.1.5>
- Kaspar, Z., Singer, J.W. (2011) The Use of Cover Crops to Manage Soil. U: Hatfield, J., Sauer, T.J., ur. *Soil Management: Building a Stable Base for Agriculture*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison.
- Karlen, D.L., Cambardella, C.A. (1996) Conservation strategies for improving soil quality and organic matter storage. U: Carter, M.R., Stewart, B.A., ur., *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. New York: *Advances in Soil Science*. CRC
- Lal, R. (2021) Soil management for carbon sequestration. *South African Journal of Plant and Soil*, 38 (3), 231–237. <https://doi.org/10.1080/02571862.2021.1891474>
- Landry, G.M., Scow, K., Brennan, E. (2014) Soil phosphorus mobilization in the rhizosphere of cover crops has little effect on phosphorus cycling in California agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 78, 255–262. DOI: 10.1016/j.soilbio.2014.08.013
- Langdale, G.W., R.L. Blevins, D.L., Karlrn, K.K., McCool, M.A. Nearing, E.L., Skidmore, A.W., Thomas, D., Tyler, D., Williams, J.R. (1991) Cover crops effects on soil erosion by wind and water. U: Hargrove, W.L., ur. *Cover crops for clean water*. Ankeny: *Soil and water conservation Society*, 15–22.
- Le Bissonnais, Y., Lecomte, V., Cerdan, O. (2004). Grass strip effects on runoff and soil loss. *Agronomie*, 24 (3), 129–136. <https://doi.org/10.1051/agro:2004010>
- Lynch, D. H., Halberg, N., Bhatta, G. D. (2012) Environmental impacts of organic agriculture in temperate regions. *CAB Review*, 7(10). <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20127010>
- Lu, Y. C., Watkins, K.B., Teasdale, J.R., Abdul-Baki, A.A. (2000) Cover crops in sustainable food production. *Food Reviews International*, 16(2), 121–157. <https://doi.org/10.1081/FRI-100100285>
- McCracken, D.V., Smith, M.S., Grove, J.H., Blevins, R.L., MacKown, C.T. (1994) Nitrate leaching as influenced by cover cropping and nitrogen source. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 1476–1483. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050029x>
- Morgan, R. P. C. (2005) *Soil Erosion and Conservation*. 3rd Edition. Blackwell Publishing, Oxford: Blackwell Publishing.
- Nouri, A. N., Lee, J., Yin, X., Tyler, D. D., Saxton, A. (2018). Thirty-four years of no-tillage and cover crops improve soil quality and increase cotton yield in Alfisols, Southeastern USA. *Geoderma*, 337, 998–1008. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.10.016>
- Nyakatawa, E.Z., Reddy, C.S.K. (2001) Tillage, cover cropping, and poultry litter effects on selected soil chemical pro-

- perties. *Soil and Tillage Research*, 58(1), 69-79 [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00183-5](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00183-5)
- Parlak, M., O., Parlak, A. (2010). Measurement of splash erosion in different cover crops. *Turkish Journal of Field Crops*, 15(2), 169-173.
- Parlak, M., Parlak, A.O., TÜRKMEN, E. (2015) The Effect of Cover Crops to Soil Erosion in Olive Orchards. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52 (1), 49-56. <https://doi.org/10.20289/euzfd.69346>
- Peyrard, C., Mary, B., Perrin, P., Véricel, G., Gréhan, E., Justes, E., Léonard, J. (2016) N₂O emissions of low input cropping systems as affected by legume and cover crop use. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 224, 145-156. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.028>
- Rigon, J.P.G., Franzluebbbers, A. J., Calonego, J. C. (2020). Soil aggregation and potential carbon and nitrogen mineralization with cover crops under tropical no-till. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(5), 601e609. <http://dx.doi.org/10.2489/jswc.2020.00188>
- Rosecrance, R., McCarty, G., Shelton, D. (2000) Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and rye (*Secale cereale* L.) cover crop monocultures and bicultures. *Plant and Soil*, 227, 283-290. <https://doi.org/10.1023/A:1026582012290>
- Quintarelli, V., Radicetti, E., Allevato, E., Stazi, S.R., Haider, G., Abideen, Z., Bibi, S., Jamal, A., Mancinelli, R. (2022) Cover Crops for Sustainable Cropping Systems: A Review. *Agriculture*, 12, 2076. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122076>
- Sainju, U. M., Whitehead, W. F., Singh, B. P. (2005): Biculture legume – cereal cover crops for enhanced biomass yield and carbon and nitrogen. *Agronomy Journal*, 97, 1403-1412. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0274>
- Saleem, M., Pervaiz, Z. H., Contreras, J., Lindenberger, J. H., Hupp, B. M., Chen, D., Zhang, Q., Wang, C., Iqbal, J., Twigg, P. (2020) Cover crop diversity improves multiple soil properties via altering root architectural traits. *Rhizosphere*, 16, 100248. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.10>
- Sharma, P., Singh, A., Kahlon, C. S., Brar, A. S., Grover, K. K., Dia, M., Steiner, R. L. (2018) The role of cover crops towards sustainable soil health and agriculture – A review paper. *American Journal of Plant Sciences*, 9, 1935-1951.
- Snapp, S. S., Swinton, S.M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J.R., Leep, R., Nyiraneza, J., O'Neil, K. (2005) Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. *Agronomy Journal*, 97, 1-11.
- Stipešević, B., Jug, D., Samota, D., Jug, I., Kolar, D., Vrkljan, B., Birkas, M. (2008) Ekonomska održivost primjene postrnih usjeva u ekološkom uzgoju kukuruza. *Agronomski glasnik*, 70(5), 451-464.
- Stipešević, B., Brozović, B., Jug, D., Jug, I., Đurđević, B., Vukadinović, V. (2014) Održivost uzgoja munga (*Guizotia abyssinica*) u kontinentalnoj Hrvatskoj. U: Baban, M., Đurđević, B., ur. *Zbornik radova 7. međunarodnog znanstveno/stručnog skupa Poljoprivrede u zaštiti prirode i okoliša*. Osijek, 28.-30. 5. 2014. Osijek: Glas Slavonije, 180-180.
- Sullivan, P. (2003) Overview of cover crops and green manures. ATTRA, NCAT publication, 1-16. URL: <https://attra.ncat.org/publication/overview-of-cover-crops-and-green-manures/> (19. 3. 2023.)
- Verhulst, N., Govaerts, B., Verachtert, E., CastellanosNavarrete, A., Mezzalama, M., Wall, P., Sayre, K. D. (2010) Conservation agriculture, improving soil quality for sustainable production systems. U: Lal, R., Stewart, B.A., ur. *Advances in soil science: Food security and soil quality*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 137-208.
- Wall, G. J., Pringle, E. A., Sheard, R. W. (1991). Intercropping red clover with silage corn for soil erosion control. *Canadian Journal of Soil Science*, 71, 137-145.
- Williams, S. M., Weil, R. R. (2004) Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on Soybean crop. *Soil Science Society of America Journal*, 68, 1403e1409. <https://doi.org/10.2136/SSSAJ2004.1403>
- Wulanningtyas, H.S., Gong, Y., Li, P., Sakagami, N., Nishiwaki, J., Komatsuzaki, M. A. (2021) Cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. *Soil and Tillage Research*. 205, 104749. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104749>
- Zhang, Q., Tan, C.S., Zheng, Z.M., Welacky, T., Wang, Y.T. (2017) Drainage water management combined with cover crop enhances reduction of soil phosphorus loss. *Science of The Total Environment*, 586, 362-371. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.025>

Prispjelo/Received: 21.3.2023.

Prihvaćeno/Accepted: 4.4.2023.

Review paper

Cover crops in conservation agriculture

Abstract

Conservation agriculture with its basic principles (permanent soil cover, minimal soil disturbance and crop rotation) is one of the most effective tools for adapting agricultural production to the adverse conditions of climate change. The numerous advantages of conservation agriculture are further expressed by the integration of cover crops into the crop rotation. Cover crops are introduced into innovative plant production systems for the purpose of improving the chemical, physical and biological properties of the soil with a positive impact on biodiversity and contributing to the sustainability of agricultural production. The aim of this paper is to present some of the main roles of cover crops in conservation agriculture with emphasis on soil erosion protection, water and nutrient conservation, and the impact on organic matter and soil structure.

Keywords: cover crop, soil protection, soil cover, conservation tillage