

Prednosti i nedostaci obrade tla plugom

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Sve veći proizvodni troškovi u proizvodnji hrane, kao i porast svijesti o potrebi zaštite okoliša, neminovno utječu na promjene u sustava uzgoja usjeva, sukladno principima održive poljoprivrede. U tom smislu sve je šira primjena konzervacijske obrade tla, koja podrazumijeva da je najmanje 30 % površine tla prekrivene žetvenim ostacima nakon sjetve narednog usjeva. Cilj je zadržavanje žetvenih ostataka na površini tla zbog sprečavanje erozije tla vodom i vjetrom, sprečavanje formiranja tzv. pokorice, smanjivanje isparavanja vode (*evaporacija*), odnosno bolja iskoristivost vode te poboljšanje kemijskih i bioloških svojstava tla povezanih s dugoročno održivom produktivnošću tla. Da bi se postigla potrebna razina pokrivenosti proizvodne parcele, konzervacijska obrada najčešće uključuje određeni stupanj smanjenja obrade i to bez prevrtanja oraničnog sloja, čemu potpomaže i izbor adekvatnih i raznovrsnih rotacija usjeva. Na takav način može se postići manja zakorovljenost te manja pojava štetnika i bolesti.

Žetveni ostaci predstavljaju značajnu količinu organske tvari koja utječe na plodnost tla preko poboljšavanja njegovih *fizikalnih* (struktura, zadržavanje vode, prozračnost, ocjeditost tla i dr.), *kemijskih* (humus, hraniva, KIK i dr.) te *bioloških svojstava* (biogenost, ciklus elemenata i dr.). Zapravo, potpuno i pravilno korištenje žetvenih ostataka uvjet je održivog gospodarenja poljoprivrednim zemljištem, odnosno time se postiže poboljšanje vodozračnih odnosa u tlu, veća biološka aktivnost te ubravanje prirodnog ciklusa biogenih elemenata, posebice dušika i fosfora.

Žetveni ostaci su nadzemni, ne merkantilni dijelovi biljaka, a jedan njihov dio uvijek ostaje na proizvodnoj parceli, pa čak i kad se odvoze. Količina žetvenih ostataka ovisi o visini prinosa i vrsti usjeva. Npr., kad je prinos niži i količina ostataka je također manja. Kod strnih žitarica prosječna količina slame jednaka je visini prinosa (žetveni indeks je 0,5 ili 50 %), dok kod nekih usjeva nema slame već zaostaje samo list kao što je to kod šećerne repe. U intenzivnoj biljnoj proizvodnji količina žetvenih ostataka je znatna, odnosno iza ozime pšenice ostaje 5-7 t ha⁻¹, kukuruza 8-12 t ha⁻¹, suncokreta 4-6 t ha⁻¹, soje 3-5 t ha⁻¹, šećerne repe 40-60 t ha⁻¹ itd.

Pod pojmom *rezidue usjeva* podrazumijevaju se polurazloženi žetveni ostaci (npr. *lignin*, *celuloza*, *hemiceluloza* i druge tvari koji sadrže biogene elemente). Potpuna razgradnja rezidua biomase i tvorba humusa (*humifikacija*) ovisi o sadržaju lignina i celuloze u njima, kao i omjeru C/N tih tvari, za što je odgovorna vrsta usjev, ali i uvjeti okoliša, odnosno tla. C/N je najširi u slami strnih žita 50 - 150 : 1, kukuruza 50 - 60 : 1, suncokreta 40 - 50 : 1, kod lucerne 14 : 1 itd., dok je u zreлом stajnjaku C/N omjer 20 : 1, a u stabilnom humusu oko 10 : 1. Žetveni ostaci širokog omjera C/N (npr., C/N slame pšenice je često $\geq 100 : 1$) razgrađuju se polako i često izazivaju tzv. *dušičnu depresiju*, odnosno *mikrobiološku imobilizaciju dušika* koja u našim agroekološkim uvjetima prosječno traje 4 - 6 tjedana) pa je kod zaoravanja slame potrebno dodati određenu količinu N za ubravanje N-mineralizacije. Žetveni ostaci vlaknaste strukture sadrže više lignina i zahtijevaju dulje vrijeme razlaganja, kao što su žetveni ostaci iza kukuruza i suncokreta, a drvena piljevina sadrži 12 - 20 % lignina i veoma se teško razgrađuje.

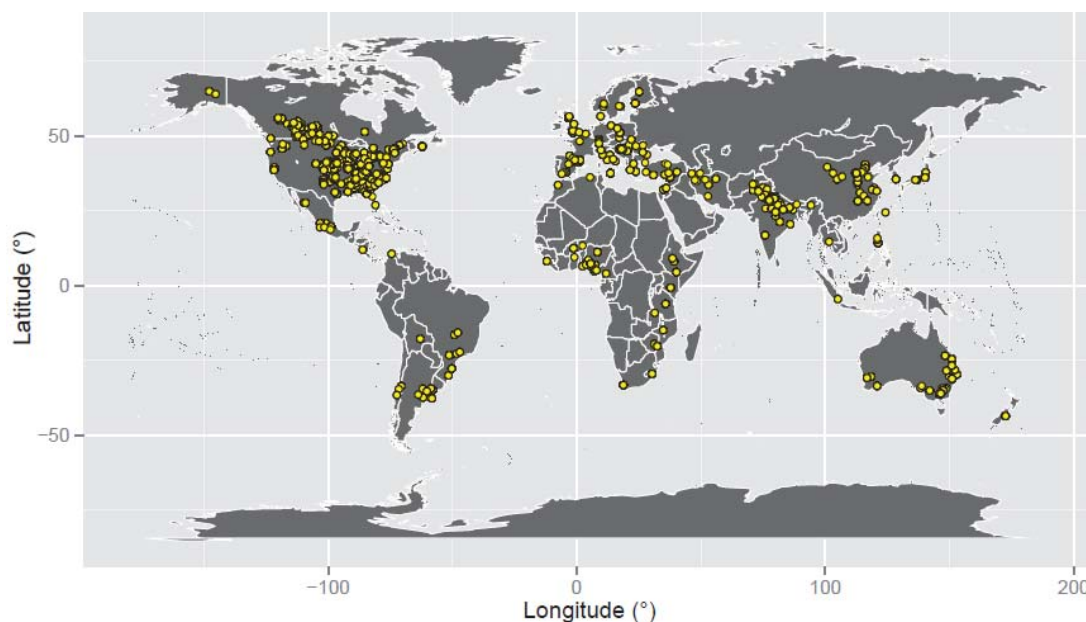
U posljednje vrijeme često se konvencionalna obrada (oranje) okrivljuje za pad biogenosti tala, osobito pad brojnosti populacije gujavica (glista) i mikroorganizama, kao i povećanu razgradnju organske tvari (pad humusa) zbog jačeg prozračivanja tla (*aeracija*), odnosno aktivacije mikrobne aktivnosti (u čemu učestvuju i gujavice mehaničkom i kemijskom aktivacijom), pa je važno dobro proučiti efekte različitih načina obrade na funkcioniranje *biote* (živa frakcija tla) i ciklus hraniva u tlu. Budući da je dobro poznato kako organska tvar ima ključnu ulogu u plodnosti tala (kardinalan uvjet dobre biogenosti, stabilnosti zemljišnih agregata, dobri vodo-zračni odnosi, važan izvor biogenih elemenata i dr.), način gospodarenja žetvenim ostacima i njihova inkorporacija u tlo obradom veoma su važni za potencijalnu plodnost, ali i efektivnu produktivnost tala. Također, agroekološki čimbenici, kao što su klima, tip tla i posebice agrotehnička praksa, utječu na *biotu* tla i njihovo funkcioniranje na različitim razinama. Naime, u većini tala >90% ukupnog dušika i sumpora, kao i >50% ukupnog fosfora povezano je s organskom tvari tla i mikrobiološkom aktivnosti, a antropogeni utjecaji

dramatično mijenjaju cikluse hranjivih tvari u tlu što često rezultira suviškom ili pak manjkom biogenih elemenata za ishranu bilja.

Praksa konzervacijske obrade podrazumijeva zadržavanje cjelokupnih žetvenih ostataka usjeva na površini uz nekonvencionalnu obradu tla što često rezultira povećanjem njegove plodnosti i stabilnosti strukture, olakšanom infiltracijom i zadržavanjem vode u tlu. Međutim, iskustvo je pokazalo da konzervacijska praksa obrade tla ne povećava uvijek raspoloživost vode za usjeve, a prinos često može biti i smanjen te se takva obrada tla mora temeljito istražiti obzirom na lokalne pedo-klimatske uvjete i primijenjenu tehnologiju.

Konvencionalna obrada tla koristi plug, odnosno okretanje oraničnog sloja tla i najčešći je tip obrade u umjerenom klimatskom pojasu, *reducirana obrada* primjenjuje smanjeni intenzitet ili manju dubinu obrade, *strip obrada* podrazumijeva obradu samo sjetvenog reda dok *no-till* (*no-tillage*, *nulta obrada* ili *zero tillage*) podrazumijeva samo bušenje tla za polaganje sjemena (Slika 1.). Žetveni ostaci na površini tla mogu biti zapreka tijekom pripreme tla za sjetvu i u nicanju usjeva, bez obzira jesu li usitnjeni ili nisu. Naime, nicanje proljetnih usjeva može biti produljeno u hladnim i vlažnim uvjetima zbog više vlage u tlu i niže temperature površine (do 2,5°C) zbog povećane refleksije sunca, a slama može biti i izvor biljnih patogena. Međutim, uz strip obradu (obrada sjetvenih traka) prinos može biti jednak onome bez pokrova od žetvenih ostataka, uz napomenu da takva obrada nije pogodna za strne žitarice.

U područjima s razvijenijim stočarstvom uobičajeno je da se jedan dio žetvenih ostataka izvozi i koristi za prostirku ili proizvodnju stočne hrane, a proizvedeni stajski gnoj, gnojovka i gnojnica vraćaju se nazad na poljoprivredno zemljište. Međutim, kad se biljni ostaci koriste za proizvodnju bioenergije spaljivanjem, takav kružni proces najčešće ne postoji i organska tvar se gubi iz agroekosustava. Ipak, u procesu proizvodnje bioplina, dio organske mase može se vratiti u agroekosustav kao vrlo kvalitetni *bihugnoj*, ali najčešće na proizvodne površine u visoko profitabilnoj proizvodnji (npr. povrće, voće, rasad i dr.).



Slika 1. Lokacije istraživanja usporedbe prinosa između no-till i konvencionalnih sustava obrade tla korištenih u meta-analizi (Pittelkow et al., 2015).

Kad se cjelokupna biomasa žetvenih ostatak zadržava na proizvodnoj parceli, veoma je važan način i dubina obrade tla. Naime, dubina i način djelovanja alata za obradu tla različito raspodjeljuju žetvene ostatke unutar profila tla što pak različito djeluje na sadržaj organske tvari, raspoloživost hranjivih tvari i mikrobiološki život, odnosno na poroznost, hidraulička svojstva i produktivnost usjeva. Naime, učinak različitog pristupa žetvenim ostacima često je istraživan je na performanse različitih agroekosustava, ali je najveći dio njih proveden u Aziji, Latinskoj Americi i Africi gdje se općenito dobrim pokazalo zadržavanje žetvenih ostataka. Međutim, agroekološki uvjeti presudni su za razlaganje žetvenih ostataka bitno se razlikuju u Europi i RH, obzirom na velike razlike u temperaturi, količini oborina i različitim tipovima tala. Nedavna meta-analiza nad 610 studija

(Pittelkow et al., 2015.; Slika 1.) uspoređivala je konzervacijsku s konvencionalnom obradom i pokazala korisnost konzervacijska obrade u sušnim uvjetima i suhoj klimi, ali u umjerenim klimatskim područjima, kakvi vladaju u Europi, to nije bio slučaj.

Rezultati mnogobrojnih istraživanja raspoloživosti dušika i fosfora vezanim za gospodarenje žetvenim ostacima su također prilično divergentni, od neznačajnog učinka u odnosu na konvencionalnu obradu plugom pa sve do znatnog povećanja raspoloživosti dušika (N) i fosfora (P). Smanjeno usvajanje N i P kad su žetveni ostaci samo na površini tla uglavnom se objašnjava njihovom sporijom razgradnjom, ali i usvajanje P, jednako kao i N, može biti smanjeno u kratkom vremenskom razdoblju kad su žetveni ostaci uneseni u tlo zbog tzv. *mikrobiološke imobilizacije (N i P depresija)* nakon inkorporacije svježe organske mase.

U već spomenutoj meta-analizi *Pittelkova* i suradnika, utvrđeno je kako se u vlažnim klimatskim uvjetima, kada je *indeks aridnosti* $>0,65$ (indeks aridnosti ili AI = god. oborine/potencijalna evapotranspiracija; Tablica 1.) prinos smanjuje uz nultu obradu (*no-tillage*), bez obzira na zadržavanje žetvenih ostataka. U suhim klimatskim uvjetima, kad je indeks aridnosti $AI < 0,65$, a bez navodnjavanja, *no-tillage* obrada tla uz zadržavanje žetvenih ostataka i rotaciju usjeva povećava produktivnost usjeva. Važno je naglasiti da je ova analiza pokazala kako je u Europi zbog više vlage u tlu uz nultu obradu prinos prosječno niži za sve usjeve 8,5%, dok uzgoj šećerne repa nije bio ekonomski održiv bez obrade tla. Međutim, istraživanja provedena u *Minnesota* (SAD) pokazala su da uklanjanje više od 25% žetvenih ostataka kukuruza izaziva pad prinosa, koji često može biti smanjen u „vlažnim godinama“ zbog veće pojave biljnih infekcija, ali se i to može spriječiti primjenom pravilne sheme rotacije usjeva. *Dakle, vremenski uvjeti identificirani su kao čimbenik koji utječe više na visinu prinosa u odnosu na način gospodarenja žetvenim ostacima.*

Tablica 1. Indeks aridnosti (UNEP, 1992.)

Klasifikacija	Indeks aridnosti (AI)	Globalne površine
Hiperaridna	$AI < 0,05$	7,5%
Aridna	$0,05 < AI < 0,20$	12,1%
Semi-aridna	$0,20 < AI < 0,50$	17,7%
Subhumidna	$0,50 < AI < 0,65$	9,9%
Humidna	$AI > 0,65$	52,8%

često može biti smanjen u „vlažnim godinama“ zbog veće pojave biljnih infekcija, ali se i to može spriječiti primjenom pravilne sheme rotacije usjeva. *Dakle, vremenski uvjeti identificirani su kao čimbenik koji utječe više na visinu prinosa u odnosu na način gospodarenja žetvenim ostacima.*

Zadržavanje žetvenih ostataka, bez obzira na način obrade tla, ima više agroekoloških prednosti koje se manifestiraju poboljšanjem strukture tla i porastom njegove plodnosti. Naime, zaoravanje žetvenih ostataka povećava poroznost tla (osobito raste broj velikih pora) i smanjuje gustoću tla, dok konzervacijska obrada ima za posljedicu porast mikro i mezo (malih i srednjih) pora. Konzervacijska obrada, također povećava sadržaj organskog ugljika, ali samo u blizini površine tla, dok se konvencionalnom obradom organska tvar ravnomjerno distribuira do dubine obrade plugom. Budući da tla s višim sadržajem organske tvari imaju i veću stabilnost agregata, smanjen je rizik od zbijanja i erozije tla.

Mnoga istraživanja su pokazala kako je u smislu povećanja zaliha organskog ugljika bolje koristiti organsku tvar (žetveni ostaci, pokrovni usjevi, organski gnoj itd.) nego smanjiti stopu mineralizacije smanjivanjem ili izostavljanjem obrade tla. *Dakle, jasno je da zadržavanje žetvenih ostataka na površini tla nije prikladno za sve agroekosustave.* Npr., kombinacija vlažnog vremena i zadržavanja ostataka može inducirati biljne bolesti i prenositi biljne štetočine i time ugroziti prinose usjeva. U sušnim godinama, ostaci mogu poboljšati očuvanje vode, što u konačnici dovodi do višeg prinosa, ali žetveni ostaci na površini tla mogu spriječiti dobar kontakt sjemena i tla te tako predstavljati prepreku nicanje.

Što se tiče hidrauličkih svojstava tla, prisutnost žetvenih ostataka na površini tla povećava hidrauličku vodljivost na površini, dok obrada tla utječe na hidraulična svojstva tla cijelog oraničnog sloja. Međutim, utjecaj načina gospodarenja žetvenim ostacima na hidraulična svojstva tla ostaje nejasan, jer se ona mogu značajno promijeniti unutar nekoliko tjedana pod djelovanjem više faktora, pri čemu su vremenski uvjeti i tip tla veoma važni čimbenici koji mogu imati jak utjecaj na zadržavanje i kretanje vode u tlu.

Istraživanjima je potvrđeno da česta primjena konvencionalne obrade tla utječe na pad populacije gujavica, osobito u dubljim slojevima, dok konzervacijski sustavi obrade potiču povećanje njihove populacije. Način obrade, osim na brojnost gujavica, izaziva promjene u raznolikosti njihovih vrsta, pa tako smanjena obrada

tla pozitivno utječe na vrste koje buše vertikalne kanale (*anekične vrste*) ili žive na površini (*epigeične vrste*), dok konvencionalna obrada bolje odgovara *endogeičnim vrstama* koje buše horizontalne kanale i manje su osjetljive na sustav obrade. Međutim, u nekim slučajevima, populacija i biomasa gujavica može biti jednaka ili čak nešto niža u no-till u usporedbi s konvencionalnim sustavima obradbe. Pretpostavlja se da je razlog obrada tla koja je često povezana s unosom žetvenih ostataka, a oni su dobar izvor hrane za gujavice. Stoga, ovisno o kvaliteti i količini žetvenih ostataka i načinu obrade, kao i vrsti usjeva koji su uključeni u rotaciju, obrada može inhibirati ili poboljšati populaciju qlista.

Unos organske tvari u tlo, uz varijacije uzrokovane klimatskim i edafskim (fizikalna, kemijska i biološka) svojstvima tla, snažno utječe na mikrobiološku aktivnost koja je osnovni izvor energije za kemosintetske mikroorganizme. Također, na mikrobiološku aktivnost tla značajno utječe i stratifikacija organske tvari u tlu (raspodjela po dubini profila) što kod no-till i konzervacijske obrade rezultira većim sadržajem produkata razgradnje organske tvari blizu površine. Zatim, način obrade, odnosno unos žetvenih ostataka utječe različito i na brojnost pojedinih mikroorganizama, uključujući bakterije, gljivice i arbuskularne mikorizne gljive (AMF). Naime, pokazalo se da konzervacijska obrada tla često pozitivno utječe na povećanje AMF kao i rizosfernih bakterija, osobito iz rodova *Agrobacterium* i *Pseudomonas*, dok pri konvencionalnoj obradi raste brojnost bakterija, a pada gljivica, vjerojatno zbog fizičkog oštećenja micelija (mreže hifa). Osim što je primijećeno da konzervacijska obrada potiče nodulaciju i biološku fiksaciju dušika *Rhizobium* vrstama u lakšim tlima, nisu zabilježene razlike u kolonizaciji rizosfere mikoriznim i saprofitnim gljivicama između obje prakse obrade.



Slika 2. Uzgoj usjeva u no-tillage sustavu obrade tla (gore: sjetva; dolje: izgled usjeva soje; Iowa, USDA)

Literaturni izvori:

Lemtiri, A., Degruene, F., Barbieux, S., Hiel, M-P., Chélin, M., Parvin, N., Vandebol, M., Francis, F. and Colinet, G. (2016): Crop residue management in arable cropping systems under temperate climate. Part 1: Soil biological and chemical (phosphorus and nitrogen) properties. A review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2016 **20**(S1), 236-244.

Hiel, M-P., Chélin, M., Parvin, P., Barbieux, S., Degruene, F., Lemtiri, A., Colinet, G., Degré, A., Bodson, B. and Garré, S. (2016): Crop residue management in arable cropping systems under temperate climate. Part 2: Soil physical properties and crop production. A review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2016 **20**(S1), 245-256.

Pittelkow, C.M., Liang, X., Linquist, B.A., van Groenigen, K.J., Lee, J., Lundy, M.E., van Gestel, N., Six, J., Venterea, R.T. and van Kessel, C. (2015): Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature*, **517**(7534), 365-368.

U Osijeku, 26.05.2017.