

# Obrada tla

(Odabrani nastavni materijal za studente  
diplomskog studija – Bilinogojstvo; smjer: Biljna  
proizvodnja)

Modul

AGROTEHNIKA I SUSTAVI BILJNE PROIZVODNJE

Prof. dr. sc. Danijel Jug  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Sadržaj**

Reducirana obrada tla - drugačiji pristup obradi.....	2
Prilagodba obrade tla klimatskim promjenama.....	4
Razvoj i smjerovi reducirane obrade tla.....	6
Agroekološki preduvjeti uvođenja reducirane obrade tla.....	8
Reducirana obrada tla u sprječavanju erozije.....	10
Reducirana obrada tla i važnost malčiranja.....	12
Biogenost tla – bioraznolikost agroekosustava.....	14
Reducirana obrada tla – važnost organizama tla.....	17
Pokazatelji kvalitete tla.....	19
Odnos mehaničkog sastava (teksture) i obrade tla.....	22
Strukturni agregati tla.....	25
Organska tvar tla – pokazatelj kvalitete tla.....	28
Zbijenost tla – uzroci i posljedice.....	31
Žetva pšenice i ječma – što sa žetvenim ostacima.....	34
Povijesni razvoj i perspektive obrade tla.....	36
Pojmovnik.....	47

### Reducirana obrada tla - drugačiji pristup obradi

Intenzivan uzgoj ratarskih kultura, s težnjom za što višim i stabilnijim urodima, zahtijeva i intenzivnu obradu tla, te primjenu ostalih visokih tehničko-tehnoloških inputa. U današnje se vrijeme u Republici Hrvatskoj u uzgoju ratarskih kultura gotovo redovno primjenjuje konvencionalna obrada tla. Ovakva obrada tla podrazumijeva oranje na 25-30-35 cm (ovisno o kulturi u uzgoju), tanjuranje, pripremu tla sjetvo spremačima, itd. No, ovakva koncepcija za sobom povlači i niz pitanja, a u prvom redu, i posebice u današnje vrijeme, sve dominantniji postaju ravnotežni odnosi kvalitete i kvantitete proizvoda i sve naglašenija ekološka održivost u uzgoju kultura, naravno, uz sve veću brigu o ekonomskoj isplativosti ovakvih sustava. Ovakva, konvencionalna ili standardna obrada tla, na koju su naši poljoprivredni proizvođači navikli, ima svoje velike prednosti, ali i velike nedostatke. Prednosti se prvenstveno očituju u zaoravanju (inkorporaciji) žetvenih ostataka i korova, rahljenju korijenske zone (lakše ukorjenjivanje biljaka), inkorporaciji organskih i mineralnih gnojiva, akumulaciji vlage u jesensko-zimskom razdoblju, kontroli bolesti i štetnika (poljski miševi, voluharice i dr.).

Međutim, ovakav tradicionalni, konvencionalni pristup obradi tla, sa svim svojim prednostima koje pruža kulturama u uzgoju, ima i svoje negativne strane, prvenstveno u domeni fizikalnog, kemijskog i biološkog kompleksa plodnosti tla, uzrokujući sve veću degradaciju i onečišćenje tla i okoliša. Glede navedenog, među najznačajnije promjene koje se javljaju primjenom konvencionalnih sustava uzgoja kultura, u prvom redu obrade tla, može se navesti slijedeće: antropogeno zbijanje tla, gubitak humusa i stabilne strukture tla, nepoželjne promjene reakcije tla, adsorpcijskog kompleksa i mikrobiološke aktivnosti tla, eksterna i interna erozija tla, itd. Nadalje, konvencionalna obrada tla je skupa (40% svih troškova poljoprivredne proizvodnje pripisuje se obradi, a od toga 80% oranju), iziskuje puno vremena, ljudskog i strojnog angažmana, teža organizacija poslova u optimalnom roku. Na osnovu navedenoga, jasno je da se o današnjoj poljoprivredi sve više govori s ekološkog aspekta, odnosno onečišćavanja okoliša, ali i s ekonomskog aspekta, te se iznalaze rješenja koja mogu pomoći u sprječavanju, ali i popravljanju degradacije tala, a time i okoliša.

Jedno od mogućih putova u rješavanju navedenih problema nalazi se u domeni obrade tla, koja je predstavljena kao koncepcija *reducirane obrade tla*, unutar koje su i tzv. "*konzervacijska obrada tla*", "*minimalna obrada tla*", "*racionalna obrada tla*" i "*no-tillage*" (ili "*direktna sjetva*" ili "*izostavljena sjetva*"). Različite koncepcije reducirane obrade tla, javile su se upravo zbog rješavanja, u prvom redu erozije tla vjetrom i vodom, problema akumulacije i čuvanje vode tla u sušnim područjima, sprječavanja onečišćenja podzemnih voda, ali i smanjenja potrošnje energenata, u prvom redu nafte i njenih derivata, itd.

Čovjek se reduciranom obradom tla i direktnom sjetvom u tratinu, bavio od samih početaka svjesnog uzgoja biljaka, ali ona ni u kom slučaju nije bila ono što danas percipiramo pod takvom obradom. Konstruiranje prvih učinkovitih plugova u 18 stoljeću, označilo je revoluciju u poljoprivredu, s kojom je ujedno došlo i do napuštanja "reducirane obrade tla". Poljoprivrednici su tada mislili, intenzivnija obrada – veći urod, ali istina je bila, intenzivnija obrada – veća degradacija tla. Tek nakon više desetaka godina, po prvi su puta uočene i negativnosti koje prate duboko oranje tla. Plug, koji je tada čovječanstvo spasio od gladi, otvorio je put mnogim degradacijskim procesima u tlu. U modernoj, mehaniziranoj poljoprivredi, bilo je više pokušaja uvođenja reducirane obrade tla i no-tillage tehnologije u uzgoj ratarskih kultura, ali do pojave modernih herbicida bez većih uspjeha. Tek se od

40-tih godina prošlog stoljeća, pronalaskom efikasnih herbicida i učinkovitim uništavanjem korova, moglo razmišljati o zamjeni pluga, kao osnovnog oruđa u obradi tla.

Današnje površine pod reduciranom obradom tla u uzgoju kultura nisu nimalo zanemarive, a kao primjer treba navesti podatke koji se odnose na površine pod direktnom sjetvom. Tako se procjenjuje da je od ukupnih svjetskih površina pod no-tillage tehnologijom uzgoja (cca 60 milijuna hektara) bilo u SAD-u 35%, Brazilu 22%, Argentini 15%, Australiji 14%, itd. Treba napomenuti da glede primjene no-tillage tehnologije u svjetskim razmjerima, Amerika (sjeverna i južna) dominira s čak 96%, dok ostatak svijeta pokriva svega 4%.

Iz navedenoga slijedi, kako su razvijenije zemlje svijeta bile spremnije i otvorenije u prihvaćanju tehnologija reducirane obrade tla. Ovakvim su pristupom napravili veliki iskorak u rješavanju svojih velikih i nagomilanih problema glede ekološkog, proizvodnog, organizacijskog, energetskog i ekonomskog aspekta. Isto tako treba reći, da u većini europskih zemalja reducirana obrada tla nije prihvaćena u razmjerima koji su bili realni za očekivati prema njihovim agroekološkim uvjetima. Za ovakvo je stanje djelom "krivac" ekonomska sposobnost pojedine zemlje u prihvaćanju novih znanstvenih spoznaja i novih tehničko-tehnoloških dostignuća, a dijelom različiti pristupi koncepciji obrade tla, kao i opterećenost tradicijom. Europa, a posebice istočna, raspolaže najvećim potencijalom za širenje ovakve tehnologije.

Ni na prostoru Hrvatske, reducirana obrada tla ne predstavlja novinu (prva istraživanja provedena su sredinom 70-tih godina prošlog stoljeća). Nažalost, ova se tehnologija još uvijek primjenjuje vrlo sporadično i na malim površinama, s rijetkim primjerima u praksi, a najčešće se primjenjuje tanjuranje u osnovnoj obradi tla za ozimu pšenicu. Razlozi našem velikom kašnjenju za razvijenim svijetom glede reducirane obrade tla su mnogostruki, a kao glavni razlog valja navesti veliko opterećenje tradicijom, odnosno teško prihvaćanje novih koncepcija, naročito ako one iz temelja mijenjaju ustaljene norme. Slijedeći je razlog slaba tehničko-tehnološka razvijenost naših gospodarstava, te niska razina potrebnog znanja u kontinuiranoj primjeni ovakve tehnologije.

Da bi primjenjivost novi tehnologija u obradi tla (ali i šire) bila što uspješnija, odnosno da bi se provela na zadovoljavajući način, potrebna je i puno veća otvorenost i povezanost između privrednih subjekata i znanstvenih institucija. Nažalost, nerijetko se dešava da proizvodna praksa ide ispred znanstvene provjere mogućnosti primjene neke tehnologije bez dovoljno jake eksperimentalne podloge, s obzirom na veliku divergentnost naših agroekoloških i uzgojnih uvjeta i mogućnosti.

Svjedoci smo velikih klimatskih promjena (prvenstveno promjene u vodnom i temperaturnom režimu), koje imaju veliki, a možda i najveći utjecaj na ratarsku proizvodnju. U tom smislu, i obrada tla se nužno mora mijenjati u cilju što sigurnije i stabilnije proizvodnje. Ulaskom u EU javljaju se novi momenti u proizvodnji i trgovini poljoprivrednim proizvodima, koji našim poljoprivrednim proizvođačima nalažu veću konkurentnost na tržištu, kao uvjet opstanka. Upravo pojednostavljena, jeftinija, racionalnija reducirana i konzervacijska obrada tla predstavljaju jednu od mogućnosti prevladavanja nastupajućih nepovoljnih klimatskih (sve je više ekstremnih vegetacijskih godina), ekonomskih, tržišnih, organizacijskih, socio-ekonomskih i drugih promjena.

### Prilagodba obrade tla klimatskim promjenama

Prema predviđanjima velikog broja znanstvenika iz cijelog svijeta, klimatske promjene su najveća prijetnja našem planetu i današnjem načinu života, a glavni razlog takvom stanju je upravo neodgovorno djelovanje samog čovjeka. Kao osnovni "krivac" ovom zagrijavanju, pored izgaranja nafte, ugljena, plina i sječe šuma, ubraja se i intenzivna poljoprivreda. Posljedice takvog Čovjekovog djelovanja, u prvom redu se odražavaju na onečišćenje atmosfere stakleničkim plinovima, što uzrokuje zagrijavanje našeg planeta. Prema provedenim istraživanjima, zadnjih je 15-tak godina bilo najtoplije razdoblje u zadnjih milijun godina. Sudeći prema predviđanjima koje su proveli znanstvenici u Trstu (Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics), u budućnosti Mediteran može očekivati više poplava, sjeveroistočna Europa više snijega, a Sjeverna Amerika neuobičajene vremenske prilike. Međutim, isti znanstvenici navode kako se najekstremnije promjene očekuju upravo na Mediteranu i u Europi, s tim da se suše očekuju svake tri godine (prije su se događale svakih dvadeset godina). Prema domaćim proračunima i scenarijima, uz povećanje temperatura a samim tim i evapotranspiracije, a uz neznatno povećanje količine oborina, veći dio nizinskog i obalnog dijela Hrvatske biti će ugroženo sušama. Ove se promjene, dakle, u prvom redu odnose na povećanje prosječne temperature zraka i na povećanje ukupnih količina oborina (promjene ovih pokazatelja lako su uočljive prostim okom, za razliku od promjena nekih slabije uočljivijih pokazatelja, npr. koncentracija CO<sub>2</sub> u atmosferi). Povišene temperature i povećana količina oborina bitno će utjecati na biološke, kemijske, a samim tim i na fizikalne značajke tla. Očekivano povećanje oborina može tek djelomično kompenzirati utjecaj pojačane evapotranspiracije uslijed povećanih temperatura. Uz osiguranje dovoljnih količina vode ili uz povoljan raspored oborina mogao bi se očekivati pozitivan utjecaj na prinos poljoprivrednih kultura u uvjetima povećanih temperatura.

Navedene promjene već danas utječu ili će uskoro utjecati i na poljoprivrednu proizvodnju, koja nikako više neće moći ostati u ovim okvirima kakvu danas poznajemo i primjenjujemo, a u kojem će obimu te promjene biti, teško je naslutiti. No, osvrnimo se samo na manji segment poljoprivredne proizvodnje, na obradu tla, odnosno njenu prilagodbu nepovoljnim klimatskim prilikama.

Kako je poznato, jedan od glavnih ciljeva duboke jesenske obrade tla oranjem je akumulacija i čuvanje vlage tla, tijekom jesensko-zimskog razdoblja, za razdoblje kada će ta vlaga biti potrebna usjevu. Međutim, ovakvoj, nama svima dobro poznatoj praksi, danas se upućuje sve više kritika, i to s razlogom. Tragom već ranije spomenutih sve češćih pojava suše, i sami smo svjedoci nekoliko izrazito sušnih godina tijekom zadnjih 10 godina. Upravo tih sušnih godina izostala je očekivana akumulacija vode (jer oborina gotovo da i nije bilo), štoviše, ovako razrahljeno tlo bilo je izloženo vrlo intenzivnom isušivanju. Ranije navedena činjenica da će doći do povećanja ukupnih količina oborina, vrlo lako može zavarati. Naime, radi se o tome da, iako je ukupna suma oborina tijekom godine povećana, njen raspored ne mora biti zadovoljavajući. Tako da u razdoblju s najvećom potrebom biljaka za vodom nje može nedostajati. "Rješenje" za ovakve "slučajeve" mnogi istraživači nalaze upravo u sustavu uzgoja ratarskih kultura s obradom tla koja će čuvati vodu.

Jedan od takvih mogućih rješenja koji čuvaju vodu je sustav No-tillage. Zašto izostavljanje obrade tla? Kao prvo, kod ovako koncipiranog sustava uzgoja kultura nema narušavanja plastice tla, odnosno nema narušavanja uspostavljenog kapilariteta tla. Upravo ovo će biti ključni faktor u opskrbi biljaka

vodom iz dubljih slojeva tla u sušnim razdobljima. Nadalje, kod sustava izostavljene obrade tla, na površini se gomila određena količina žetvenih ostataka stvarajući malč koji sprječava isparavanje, odnosno gubitak vode iz tla.

Kao drugo moguće rješenje, pored potpunog izostavljanja obrade tla, je primjena reducirane obrade tla. Razlozi primjene reducirane obrade tla su mnogostruki, a kao vrlo bitan razlog je i akumulacija i konzervacija vode tla. Glavni zahtjev kod ovih sustava obrade je vrlo plitko unošenje žetvenih ostataka, odnosno njihovo ostavljanje što bliže površini. Koji sustav obrade tla odabirati ovisi o više činjenica, a prema riječima prof. dr. Birkas Marte sa Sveučilišta Szent Istvan u Gödöllő-u u Mađarskoj, akumulacija vode u tlu za kulture u uzgoju u tekućoj godini, započinje već prethodne godine, odnosno nakon berbe/žetve prethodne kulture, a uspješnost prvenstveno ovisi o ispravno odabranom sustavu obrade tla.

Koliko će koji sustav biti uspješan u čuvanju vode, u velikoj mjeri ovisi o količini odnosno o pokrivenosti površine tla žetvenim ostacima, i tu vrijedi relacija; više žetvenih ostataka na površini tla – više vode u tlu. Nažalost, zahtjev za što većom količinom žetvenih ostataka na ili blizu površini tla, "pada u vodu", budući da se na našim njivama prečesto uočava loša (i zabranjena) praksa neopravdanog paljenja žetvenih ostataka.

Ova, predstojeća vegetacijska godina, sudeći barem prema količini oborina i akumulaciji vode u njene prirodne spremnike, počela je dobro. Za nadati se da će količina oborina tijekom cijele slijedeće vegetacijske godine biti zadovoljavajuća i dostatna. No, na količinu oborina i njen raspored ne možemo utjecati, ali ono na što djelomično možemo je ravnomjernija potrošnja i štednja vode obradom tla. Kako to napraviti? Pa, vrlo jednostavno, dovoljno je samo odabrati i primijeniti jedan od sustava reducirane obrade tla, koji će učinkovito utjecati na štednju vode u tlu, a da istovremeno neće utjecati na smanjenje visine uroda. Međutim, to i nije uvijek tako jednostavno, jer je obrada tla samo dio kompleksnog sustava; biljka-tlo-čovjek-okoliš, i ne može se promatrati izdvojeno iz navedenog sustava.

## Razvoj i smjerovi reducirane obrade tla

Donedavno su osnovna načela suvremene proizvodnje bilja podrazumijevala ispunjavanje tri osnovna uvjeta, i to: maksimalizacija, specijalizacija i učinkovitost. No, u današnje vrijeme takvi zahtjevi u zemljama sa naprednom poljoprivrednom proizvodnjom nisu održivi, a u nerazvijenijim zemljama prolaze ozbiljnu reviziju. Zašto je to tako?

Uobičajeni razvojni put obrade tla oduvijek je bio usko vezan uz razvoj poljoprivredne tehnike, odnosno razvoj vučnih strojeva, ali i oruđa koja su ti strojevi vukli. Razvojem poljoprivredne tehnike dubina obavljanja osnovne, kao i dopunske obrade tla, kao i intenzitet prohoda strojevima i oruđima po površini, sve se više povećavao. Ovakva intenzifikacija zahvata obrade tla, bila je daleko izraženija u razvijenijim zemljama svijeta, dok je u slabije razvijenim zemljama taj razvojni put obrade tla bio daleko ekstenzivniji. Tako se u današnje vrijeme poljoprivredni proizvodni sustav dijeli na **ruralni** i **industrijski**. Gledajući u svjetskim, (pa i regionalnim) razmjerima, istovremeno imamo obradu tla čiji zahvati mogu preći dubinu veću od 100 cm, ali i uzgoj poljoprivrednih (najčešće ratarskih kultura), bez ikakve obrade tla.

Međutim, dubina zahvata obrade tla često puta ne mora i ne smije biti znak razvijenosti ili nerazvijenosti poljoprivrede neke regije, gdje plića obrada tla najčešće predstavlja siromašniju, a dublja obrada tla bogatiju poljoprivrednu praksu. Da je to tako, vidi se iz pet osnovnih koncepcija, ciljeva reducirane obrade tla:

- **Reduciranje klasičnih sustava obrade tla**
- **Minimalizacija obrade tla (minimalna obrada ili minimum tillage)**
- **Izostavljanje obrade tla, tj. korištenje kulturnog tla bez obrade**
- **Konzervacijska obrada tla**
- **Racionalna obrada tla**

Pri reduciranju klasičnih sustava obrade tla u ovom smislu, prvenstveno se misli na sustave obrade tla za ozime i jare kulture, u višefaznoj obradi. Ovim se pristupom mogu izostaviti jedan ili više radnih zahvata uobičajene obrade tla, kao što su npr. plitko oranje, ljetno oranje (u kolovozu), prašenje strništa itd., odnosno može se obaviti neposredno oranje na punu dubinu za slijedeći usjev.

Pri koncepciji minimalne obrade tla smanjuje se broj radnih operacija (zahvata) obrade, i to po principu da se neki od klasičnih zahvata u potpunosti izostavljaju, neki se međusobno povezuju, smanjuje se dubina ili površina obrade, a kao rezultat svega proizlazi smanjenje troškova obrade tla. Mogućnosti ovakve koncepcije nalaze se u: pozitivnom naknadnom djelovanju duboke obrade tla za pretkulturu, velikom broju mogućih kombinacija radnih operacija i oruđa, reduciranju dubine osnovne i dopunske obrade tla, reduciranju površine tla za obradu i to obrada samo u trake - u redu za sjeme, a ostali dio se ne obrađuje (odatle naziv Strip tillage). Prema mnogim dosadašnjim istraživanjima, može se bez bojazni zaključiti, da pri minimalnoj obradi tla nema opasnosti od pada visine prinosa na plodnim tlima, pri intenzivnoj upotrebi mineralnih gnojiva i pesticida. Dakako, ovakvu obradu tla ne treba promatrati samo s ekonomskog motrišta, premda je to vrlo važno, već i sa drugih motrišta, npr.: manje prohoda - manje gaženja tla - manje zbijanje; bolja vodo propusnost, osobito donjih slojeva tla; bolja aeracija i bolji životni prostor za biljku. Jednom riječju- čuvanje tla od pogoršanja njegovih fizikalnih i bioloških svojstava.

Treća po redu ovdje navedena koncepcija ili tehnologija, je izostavljena obrada tla, odnosno još poznata kao nula obrada, direktna sjetva, No-tillage, Zero-tillage, direct drilling itd. Izostavljanje obrade tla predstavlja krajnji oblik reduciranja zahvata obrade tla, i podrazumijeva potpuno izostavljanje bilo kakve obrade tla u uzgoju usjeva. Ovakav koncept uzgoja usjeva bez obrade tla, mogao je zaživjeti tek nakon ispunjavanja odgovarajućih potrebnih preduvjeta za njegovu primjenu. Kao jedan od najvažnijih preduvjeta bio je pronalazak dovoljno učinkovitih herbicida kojima je cilj bio zamijeniti obradu tla u kontroli korova. prvi veliki uspjeh na tom polju bio je pronalazak totalnih herbicida na bazi *Diquata (Reglone)* i *Paraquata (Gramoxone)*, a današnji totalni herbicidi na osnovi *Glifosata* još su učinkovitiji. Drugi važni preduvjet bio je (i još je uvijek imperativ), osmisliti dovoljno učinkovitu sijačicu, koja ima zadatak da u jednom proходу; razmakne površinski nagomilane žetvene ostatke, otvori brazdicu za ulaganje sjemena, gnojiva i zaštitnih sredstava i položi ih na željenu dubinu, te zatvori sjetvenu brazdu.

Konzervacijska obrada tla je sustav obrade tla u kojem se biljni ostaci zadržavaju na ili blizu same površine, ili se održava neravnost površine, ili pak oboje, da bi se suzbila erozija i postigli povoljni odnosi tlo:voda (čuvanje vlage u tlu). Misli se da bi na tlu trebalo biti barem 30% žetvenih ostataka (biljnih rezidua), da bi se erozija tla vodom i/ili vjetrom smanjila za 50%. U SAD-u je ovakva obrada 1982. godine obuhvaćala 25% obradivih površina.

Racionalna obrada tla predstavlja više načelo nego li proizvodnu praksu. Odnosno, ona predstavlja pojednostavljenje zahvata (radnih operacija) obrade, tj. reduciranje frekvencije (broja prohoda), dubine i intenziteta obrade, sve do faze koja predstavlja stvarne potrebe biljaka, uvažavajući borbu protiv korova i strukturu tla. U osnovi riječ je o pristupu, da se zahvati obrade tla svedu na minimum, ali da se osigura potreban i kvalitetno pripremljen "sjetveni sloj". Dakle, gledajući s organizacijskog i ekonomskog aspekta to je minimalizacija obrade tla. Činjenično, to je izvođenje obrade na najracionalniji način – kombiniranjem oruđa, zamjene jednog drugim, kombiniranje zahvata, itd., s ciljem povećanja učinkovitosti obrade tla, pojeftinjenja, brzine izvođenja, itd.

Dakle, na osnovu do sada rečenog uočava se velika različitost sustava i koncepcija obrade tla, pa i njenog potpunog izostavljanja. Svaki od opisanih sustava može biti više ili manje učinkovit, što ovisi o jako puno elemenata, a samo neki od važnijih su: podneblje ili klimat uzgoja (vremenske prilike, tlo), dostupnost odgovarajuće mehanizacija, odgovarajući kultivari (sortiment), itd. Ako je poznata činjenica da se u najrazvijenijim zemljama svijeta površine pod reduciranom obradom tla, pa i direktnom sjetvom bez obrade tla, mjere u milijunima hektara, jasno je da smanjenje dubine i intenziteta obrade tla ne ide samo u najsiromašnijim zemljama. Reducirana obrada tla predstavlja rezultat ozbiljnih znanstvenih istraživanja i praktičnih provjera, odnosno ona je rezultat čovjekovog kvalitetnijeg i sveobuhvatnijeg sagledavanja i shvaćanja svog prirodnog okoliša.



### Agroekološki preduvjeti uvođenja reducirane obrade tla

U primjeni reducirane obrade tla agroekološki aspekti svakako imaju najvažniju ulogu u njenoj prosudbi. U najvažnije čimbenike koji čine preduvjet bilo kakve poljoprivredne proizvodnje, svakako se ubrajaju klima i tlo, a zajedno sa biljkom čine cjeloviti i jedinstveni proizvodni lanac. Ovu problematiku treba promatrati s aspekta izvjesnih prirodnih ograničenja, koja definiraju granice, odnosno areal uzgoja pojedinih usjeva. No, ni jedan od agroekoloških elemenata ne djeluje izolirano, već u interakciji s drugima, što svakako otežava pravovaljano definiranje uzgojnog areala i primjenu reducirane obrade tla. Ovaj problem postaje još složeniji, ako u poljoprivrednu praksu uvodimo sustav direktne sjetve. Klimatske prilike u Hrvatskoj jako se razlikuju od regije do regije, a budući da se "ozbiljnija" primjena reducirane obrade tla za ratarske kulture može obavljati u nizinskom dijelu Hrvatske, treba istaknuti neke bitne značajke klime ovog područja. U Gorskoj i primorskoj regiji Hrvatske, također se može provoditi neki od oblika reducirane obrade tla, ali s obzirom na specifičnost terena reduciranje zahvata obrade tla prvenstveno se provodi za vinograde i voćnjake.

Dakle, Panonski dio Hrvatske može se, obzirom na količinu oborina, ugrubo podijeliti na zapadni i istočni dio. Zapadniji dio ima vrlo značajne odlike humidnosti, s količinom oborina i do 1000 mm godišnje, a koja značajno opada prema istočnijim dijelovima regije s količinom oborina manjom od 700 mm godišnje. Međutim, navedene vrijednosti predstavljaju prosječne višegodišnje izmjere, dok se količine oborina po godinama mogu vrlo značajno razlikovati. Prisjetimo se samo izrazito sušnih godina 2000. i 2003., ali i prošle godine koja je bila s ispod prosječnom količinom oborina. Navedene godine predstavljaju ekstreme, ali na koje sve više možemo računati i u narednim godinama (barem tako kažu predviđanja), što u svakom slučaju može implicirati izvjesne prilagodbe u načinu uzgoja poljoprivrednih usjeva, a time i izvjesne prilagodbe u načinima obrade tla. Dodatni problem kod oborina predstavlja i njihov raspored, što često puta predstavlja veći problem nego njihova ukupna količina. Na osnovu bilance vode u tlu u istočnom dijelu hrvatske, lako se uočava da je stvarna evapotranspiracija manja od potencijalne, što znači da na tom području nedostaje izvjesna količina vode. Nedostatak vode javlja se tijekom toplog dijela godine i to najčešće u srpnju i kolovozu, no u zadnjih desetak godina sve češće se nedostatak vode (suša), može javiti i u lipnju i rujnu. U hladnom dijelu godine (jesensko-zimsko razdoblje), gotovo redovno imamo suvišak vode. Na obradi tla je, pored ostalih njenih zadataka, sačuvati viškove vode iz hladnog dijela godine i racionalno njima gospodariti u toplom dijelu godine. Raspored oborina u zapadnom dijelu Panonske regije sličan je onom u istočnom, no s vrlo značajnom razlikom, u količini oborina, odnosno bilanci vode. Tako u zapadnom dijelu imamo određenu količinu viškova vode, što pred obradu tla kao izazov stavlja borbu protiv tih viškova.

Drugi vrlo važan klimatski element je temperatura zraka, koja se u ravničarskom dijelu Hrvatske, u višegodišnjem prosjeku kreće oko 11°C, a srednje godišnje temperature po godinama su relativno blage. Međutim, češća su kolebanja ekstremnih vrijednosti maksimalnih i minimalnih temperatura tijekom godine. Pojavnost visokih temperatura zraka poklapa se sa manjkovima vode u tlu, što dodatno opterećuje uzgoj ratarskih kultura, jer biljkama upravo tada treba najviše vode. U smislu količine vode u tlu i temperature zraka, obrada tla može poslužiti u djelomičnom korigiranju klime. Ove promjene često puta nisu i ne moraju biti velike, ali ponekad mogu značiti razliku između uspjeha i neuspjeha u uzgoju nekog usjeva. Koliko će biljkama vode biti na raspolaganju, često puta ovisi o načinu obrade tla, a u tom slučaju reducirana obrada tla ima velike izgleda. Drugi pokazatelji,

kao što je npr. nepovoljna ruža vjetrova, relativna vlaga zraka i insolacija, mogu predstavljati izvjesna ograničenja, ali su ona najčešće vrlo ograničena i na malom području.

Pored klime, također vrlo važan agroekološki pokazatelj u primjeni reducirane obrade predstavlja tlo, dakle medij bez kojega, dakako, nema niti uzgoja biljaka. U Hrvatskoj još uvijek nemamo definiranu podjelu tala prema mogućnosti primjene pojedinih sustava reducirane obrade tla, pa i direktne sjetve. Odgovor na to pitanje može se dobiti samo provedbom konkretnih poljskih pokusa, što predstavlja vrlo obiman i složen posao koji nam predstoji u budućnosti. Istraživanja reducirane obrade tla u kontinuitetu se provode na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku već više od 10 godina. Navedena istraživanja bi trebala višestruko proširiti na što veći broj tipova tala ili bar nekoliko dominantnih, više kultura, različitu gnojidbu, specifičnosti zaštite usjeva pod reduciranom obradom, itd. Dakle, u rješavanju ove problematike potreban je multidisciplinarni pristup i bolja suradnja znanosti i prakse. No, ono što je do sada poznato, to je da u većine naših dominantnih tipova tala postoje određena ekološka ograničenja u primjeni nekog oblika reducirane obrade tla, pa i direktne sjetve. Izuzetak predstavljaju neki tipovi tala u istočnim dijelovima nizinske Hrvatske. Ograničenja mogu biti višestruka, a prvenstveno se odnose na nepovoljnu strukturu i stratigrafiju tla, nepovoljni mehanički sastav, nizak sadržaj humusa i hraniva (najčešće P i K), nepovoljan pH, opasnost od erozije vodom i vjetrom, visoku podzemnu vodu, itd. Neka od ovih ograničenja moguće je lako popraviti ili ukloniti, dok druga predstavljaju nepremostivu prepreku, te se na takvim tlima provodi ekstenzivna poljoprivredna proizvodnja. Prema uvriježenom mišljenju, primjena reducirane obrade tla i direktne sjetve, moguća je samo na potpuno uređenim tlima, tj. na tlima bez ekoloških ograničenja. Međutim, postoje i drugačija mišljenja prema kojima je reducirana obrada tla, a posebice no-tillage sustav, taj koji će dovesti (nakon višegodišnje primjene), do poboljšanja nekih ekoloških svojstava tla, odnosno da se na tlima s ekološkim ograničenjima daleko uspješnije mogu primjenjivati reducirani sustavi obrade tla u usporedbi s konvencionalnim.

Uz navedene agroekološke čimbenike, uspješnost primjene pojedinog sustava reducirane obrade tla uvelike ovisi i o biljci, odnosno o specifičnosti reakcije na stanišne uvjete pojedine kulture. Tako se prema specifičnim zahtjevima u obradi tla, kulture mogu grubo podijeliti u tri osnovne grupe: žitarice, leguminoze i okopavine. Prema ovoj podjeli žitarice su kulture kojima ne treba duboka obrada tla, za leguminoze je potrebna nešto dublja obrada, dok je za okopavine neophodna duboka obrada tla. Na osnovu vlastitih, kao i brojnih svjetskih rezultata istraživanja, treba zaključiti da ovakva mišljenja više nisu održiva, odnosno da je reducirana obrada tla moguća za većinu ratarskih kultura u nizinskom kontinentalnom dijelu Hrvatske.

Sigurno je da nema jednog jedinstvenog recepta kojim bi se povezala specifičnost pojedinog staništa sa zahtjevima uzgajanih kultura, a isto je tako sigurno da konvencionalna obrada tla nije jedina "ispravna" tehnologija u uzgoju ratarskih kultura, već da postoje i druga kvalitetna ili kvalitetnija rješenja u vidu reducirane obrade tla.

### Reducirana obrada tla u sprječavanju erozije

Problem erozije pojavio se onog trenutka kada se čovjek počeo baviti poljoprivredom i nastavio se nesmanjenim intenzitetom tijekom cijele povijesti ljudske civilizacije. Godišnje svjetske štete od erozije koštaju milijarde dolara, i to u pogledu smanjenja produktivnosti tla, a kao najvažnije se navodi odnošenje površinskog sloja tla, kao i čitav niz negativnosti koji nastaju uslijed smanjenja sadržaja humusa.

Erozija tla se ubraja u jedan od najbitnijih degradirajućih elemenata poljoprivrednih tala, a u našoj zemlji je veoma raširena. Budući da je slavonsko-baranjska regija pretežito ravničarska, u odnosu na ostale regije ne pripada izrazito pogođenom području, glede nepovoljnih hidroerozijskih procesa. Istovremeno, zbog takvog reljefa i "konstrukcije", odnosno veličine poljoprivrednih površina, dominira eolska erozija. Međutim, učinci vodene erozije daleko su uočljiviji i izraženiji od erozije vjetrom, iako su posljedice istovjetne. Što je to negativno kod erozije tla. Moglo bi se reći da erozija tla čovjeku ne donosi ništa dobro, te da su sve njene implikacije negativne, a one se očituju u nekoliko osnovnih činjenica. Kao prvo, procesi stvaranja novog tla u načelu su puno sporiji nego što je tlo moguće erodirati. Zatim, erozija čini štetu tlu na kojem započinje, vodi koja ju uzrokuje i u konačnici površini na kojoj se erodirani materijal taloži. Erodirano tlo, osim direktnih i uočljivih šteta na samom poljoprivrednom tlu, štete čini i onečišćujući rijeke, jezera i mora (pesticidi, visoka koncentracija hraniva itd.). Tako je erodirano tlo najveći svjetski polutant površinske vode, a računa se da se svake godine u svjetske oceane slije preko 20 milijardi tona erozijskog materijala.

Čimbenici koji utječu na stupanj erozije tla jesu oborine, površinsko otjecanje (otplavlivanje), vjetar, tlo, nagib, biljni materijal i prisutnost odnosno odsutnost mjera zaštite tla. Sam proces erozije se odvija u tri faze:

- odvajanje pojedinih čestica od mase tla,
- prenošenje erozijskog materijala (vodom i vjetrom),
- taloženje.

Stupanj gubitka tla obično se izražava u jedinicama mase ili volumena po jedinici površine u jedinici vremena.

Erozija tla vodom može se podijeliti u nekoliko osnovnih grupa:

- erozija tla nastala udarom kišnih kapi
- erozija tla pod utjecajem otplavlivanja
- međubrazna erozija
- brazdasta erozija
- jaružna ili bujična erozija

Jedan od glavnih uzročnika erozije tla je izraženi reljef. Stoga, obrada tla mora uvažiti osnovne principe, shodno podjeli površina prema reljefu. Tako se, npr., intenzivna obrada tla, odnosno njegovo intenzivno korištenje treba obavljati do nagiba terena od 3°. Na nagibu od 3-7° obrada tla se mora obavljati po izohipsama, a uzgoj ratarskih kultura treba obavljati u pravilnom plodoredu i sjetvom u trake. Na nagibu terena od 7-15° prave se terase, a pretežno se uzgajaju drvenaste kulture. Na nagibima većim od 15° najčešće se nalaze permanentni travnjaci i šume. Mjere borbe protiv erozije su u pravilu vrlo skupe i složene, pa se često puta upravo zbog skupoće i ne provode. Tlo je neobnovljivi i nezamjenjivi prirodni resurs, te za njegovo očuvanje ne bi trebala biti preskupa niti

jedna mjera, ali na žalost to nije tako. U ovakvom slučaju pravilno gospodarenje tlom dolazi u prvi plan. Zbog izostanka specifičnih zahvata borbe protiv erozije, redovne mjere gospodarenja poljoprivrednim tlom nisu dostatne da u potpunosti zaustave ove negativne procese, ali ih mogu u velikoj mjeri ublažiti.

Glavni aspekti tih mjera jesu:

- upotreba konturne obrade tla
- zatravljivanje pojaseva između obrađenih površina
- kontinuirana (neprekidna) smjena uzgajanih biljaka na površini
- obogaćivanje tla humusom (stvaranje organo-mineralnog kompleksa)
- izbjegavanje prekomjernog gaženja tla poljoprivrednom mehanizacijom
- održavanje biološke raznolikosti sjetvom kultura u konsocijaciji
- konzervacija vlažnih tala

### **Efekt kišobrana**

Pored ovih mjera vrlo značajnu ulogu može odigrati i reducirana obrada tla, koja prema svojoj ulozi u ovom slučaju prvenstveno nosi predznak konzervacijske obrade tla. Konzervacijska obrada tla je prema definiciji sustav obrade tla pri kojem se biljni ostaci zadržavaju **na** ili **pri** površini, ili se održava izvjesna neravnost površine, ili pak oboje, da bi se suzbila erozija i postigli povoljni odnosi tlo:voda. Tako se navodi da bi na tlu trebalo biti barem 30% žetvenih ostataka (rezidua), da bi se erozija smanjila za 50%, jer malč rezidua smanjuje odnošenje i slijeganje tla, te stvaranje pokorice. Dakako, postoje mnogi aspekti obrane od erozije koji su u domeni agrotehnike, ali se kao najvažnija spominje distribucija biljnih rezidua. Na golom tlu bez žetvenih ostataka (konvencionalno obrađeno tlo), uslijed raspršivanja energije kojom kišne kapi padaju na površinu tla, dolazi do disperzije čestica tla, razaranja strukturnih agregata tla, slijeganja tla, stvaranja pokorice, a samim tim i lakšeg odnošenja tla. S druge pak strane, izvjesna količina žetvenih ostataka djeluje na površinu tla poput kišobrana, te na taj način sprječava negativno i razorno djelovanje kišnih kapi. Nerijetko se na našim poljima, a posebice na jače nagnutim terenima, na kojima se gotovo redovno obavlja konvencionalna obrada tla, uočava nepravilnost oranja tla niz padinu. Pri ovakvoj obradi tla drastično se multiplicira potencijalna opasnost od erozije tla, a u tom je slučaju dostatna i kiša slabijeg intenziteta da dođe do pojave odnošenja tla niz padinu. Ne treba niti spominjati djelovanje oborina jačeg intenziteta i obilnosti. Ovakvu praksu bi u svakom slučaju trebalo izbjegavati, te obradu tla oranjem obavljati na pravilan način, odnosno orati okomito na smjer nagiba terena i prateći izohipse, odnosno konture terena. Vjetrena erozija kontinentalnog dijela Hrvatske nema toliko značaj kao vodena erozija, mada se zadnjih godina (prema nekim istraživačima), učestalost i intenzitet vjetra drastično povećala, što znači da i eolska erozija dobiva na značaju. Postoji nekoliko osnovnih pravila u borbi protiv erozije vjetrom, a to su: 1-kontinuirani vegetacijski pokrivač; 2-skraćivanje dužine polja u smjeru dominantnih vjetrova; 3-stvaranje stabilnih strukturnih agregata tla; 4-održavanje površine tla neravnom; 5-održavanje prirodnih prepreka u smjeru kretanja dominantnih vjetrova (živice, šumarci itd.).

Različiti sustavi obrade tla ostavljaju različitu količinu žetvenih ostataka, a to znači da su i različito uspješni u borbi protiv erozije tla. Iz dosada rečenog može se izvesti vrlo jednostavan zaključak, odnosno vrijedi pravilo:

**Jače reduciranje obrade tla = veća količina žetvenih ostataka na površini tla = manja erozija tla vodom i vjetrom.**

## Reducirana obrada tla i važnost malčiranja

**Primjenjivost i važnost malča u različitim sustavima reducirane obrade tla.** U reduciranoj obradi tla naglasak se uvijek stavlja na malč organskog porijekla (u odnosu na malč anorganskog porijekla), koji ujedno čini vrlo važnu biokomponentu tla. U ovom slučaju malč ili zastor tla može biti mrtvi ili živi, a uglavnom je nastao *In situ*. Koja će se vrsta malča upotrijebiti, ovisi o klimatskim prilikama uzgojnog područja. Odnosno, najčešće se, mada ima i drugačijih slučajeva, u područjima s manje od 700 mm oborina godišnje, primjenjuje mrtvi malč, a u područjima s više od 700 mm oborina godišnje, živi malč. U uzgoju ratarskih kultura po sustavu reducirane obrade tla, najvažniji su malčevi od žetvenih ostataka prethodne kulture.

Sustav obrade tla pri kojem se na površini tla ostavlja strn od slame i obrađuje se podpovršinski sloj tla, naziva se "**Stubble mulch farming**" ili "**obrada tla u malč**". Ovakav sustav za cilj ima prvenstveno konzervaciju vlage i sprječavanje erozije tla, odnosno žetveni ostaci (biljni rezidui) ostavljeni na površini tla, smanjuju njegovo slijeganje i stvaranje pokorice, čime omogućuju ulaženje većih količina vode u tlo.

U aridnim područjima ispod 300 mm oborina (SAD) prakticira se diskontinuirani sustav biljne proizvodnje uglavnom žitarica – tzv. "**Dry farming system**" ili "**sustav suhog ratarenja**". U ovom sustavu je vrlo važno čuvanje vlage, a jedan od načina je ostavljanje žetvenih ostataka – slame – na tlu i obrada tla plitko ispod njega – radi smanjenja evaporacije.

U ovome slučaju koriste se posebna oruđa, odnosno vrsta kultivatora s velikim noževima u obliku pačje noge. Primjena ovih oruđa ubraja se u **posebne načine obrade**, jer se prema podjeli obrade tla u konvencionalnoj poljoprivredi, ne ubraja niti u osnovnu niti u dopunsku obradu. Ova se oruđa u SAD-u nazivaju "**chisel**" (čizl), a u Rusiji "**ploskorez**". Dubina rada ovih oruđa uglavnom se kreće od 5-15 cm, a svodi se na rahljenje podpovršinskog sloja tla, iznad kojeg ostaje sloj strnjike. Budući da su čizeli namijenjeni posebnim potrebama u obradi i za određene ekološke uvjete, posebne su i konstrukcije takvih oruđa.

Osim obrade cijele širine površine tla ispod malča, postoji i tzv. "**Strip tillage**" ili "**obrada u trake**". Dakle, pri ovoj sustavu obrade tla ne obrađuje se ukupna površina tla, već samo uži dio (traka) gdje će se položiti sjeme, ali i obaviti gnojidba. Ovakva obrada tla se provodi tako da se posebnim zvjezdastim diskovima odgrču žetveni ostaci u stranu, iza čega se obrađuje tlo za sjetvu uz moguću istovremenu inkorporaciju gnojiva. Na ovaj se način obrađuje tlo za širokoredne kulture, a međuredni prostor ostaje neobrađen, odnosno prekriven žetvenim ostacima. No, osim odgrtanja žetvenih ostataka u stranu i obrade "čistog" tla, postoji i moguć inkorporiranja biljnih rezidua u tlo u uskom trakastom području.

Strip tillage je obrada tla koja se može obavljati u:

- a) živi i
- b) mrtvi malč.

**a) Obrada tla u živi malč;** za širokoredne kulture obavlja se u usjev niskog habitusa, odnosno gustog sklopa, npr. u usjev bijele djeteline, travnih ili djetelinsko travnih smjesa. Obrada u živi malč obavlja se tako da posebni stroj pripremi trake širine 30-70 cm i dubine 5-15 cm, u koje se zatim usijavaju, u pravilu širokoredni usjevi (kukuruz, soja, pamuk). Ovakva se obrada tla, kao što je prethodno napomenuto, može prakticirati u području sa više od 700 mm oborina godišnje, ali postoje i drugi slučajevi.

**b) Obrada tla u mrtvi malč;** u ovom slučaju mrtvi malč obično čini sasjeckana slama ili kukuruzovina koja ostaje ležati na tlu nakon žetve prethodne kulture. Obrada se obavlja po istom principu kao i obrada u živi malč (malo drugačiji radni organi), s tim da je prikladnija za područja s manje od 700 mm oborina godišnje. Preporuka je da se nakon nekoliko godina kontinuirane primjene ovakve obrade, mrtvi malč mora zaorati, da ne bi došlo do "zagušenja" tla i negativnih implikacija po usjev u uzgoju, npr. intenzivna pojava bolesti i štetnika, inaktivacija biljnih hraniva (prvenstveno dušika), itd. Ovakva obrada tla je nepogodna za šećernu repu, žitarice, djeteline i bilje sitnog sjemena.

No-tillage, odnosno direktna sjetva, odnosno izostavljena obrada tla, tehnologija je uzgoja biljaka, koja u svojoj osnovi podrazumijeva permanentni (kontinuirani) malč od biljnih rezidua na površini tla. Da bi se takva površina posijala, moraju biti ispunjeni određeni zahtjevi i obavljene neke osnovne predradnje.

Nakon žetve no-tillage površina, a prije sjetve naknadne kulture, gotovo redovno dolazi do jačeg ili slabijeg razvoja mase korova. Budući da pri no-tillage tehnologiji nema oranja kojim bi se korovi inkorporirali u tlo, oni se moraju uništiti herbicidima. Zato, kao obavezna mjera pri ovakvoj tehnologiji dolazi aplikacija totalnih nesistemičnih herbicida, i to herbicida na bazi glifosata, a primjenjuju se desetak dana prije sjetve. Specifičnost ovih herbicida je u tome što vrlo učinkovito uništavaju, pored jednogodišnjih i višegodišnje korove (pirika, sirak itd), koji su ujedno i jedna od najvećih prepreka u primjeni no-tillage tehnologije. Da bi se na tako "pripremljenu" – "spaljenu" površinu, s velikom količinom biljnih rezidua, valjano obavila sjetva potrebna je i dobra sijačica. Takva sijačica mora ispunjavati više specifičnih zahtjeva i radnih operacija u jednom proходу, kao npr.:

- razgrtanje biljnih ostataka (malč),
- otvaranje brazdice za ulaganje gnojiva i sjemena,
- deponiranje gnojiva i zaštitnih sredstava,
- sjetva.

Bit ovakve tehnologije je u tome da se, što je više moguće, oponašaju prirodni uvjeti, odnosno da se što više zadržava homogenost tla, odnosno da se što manje zadire u tlo. Shodno tome, površina je redovno i neizostavno prekrivena žetvenim ostacima, a pri sjetvi kultura obavlja se samo minimalna obrada tla, tj. u tlo se zadire samo toliko koliko je potrebno da se otvori sjetvena brazdica i položi sjeme.

Pri prvom spomenu tehnologije direktne sjetve, najčešća prva reakcija je da je to nemoguće, a zatim da je to vrlo jednostavna tehnologija, odnosno "treba samo posijati". No, da to i nije baš tako, potvrđuje djelomično i ovaj tekst, u kojem se kroz problematiku biljnih rezidua tek naslućuje kompleksnost nekih postupaka pri ovakvoj tehnologiji. Zato bih radije rekao da je ovo zahtjevna tehnologija koja traži iskusnog i obrazovanog agronoma.

## Biogenost tla – bioraznolikost agroekosustava

Jedna od najvažnijih sastavnica tla, pored kemijske i fizikalne, je i njegova biološka komponenta, odnosno organizmi tla, koji su, manje ili više, odgovorni za njegovu "kvalitetno-vitalno-normalno" funkcioniranje. Biološka komponenta, odnosno bioraznolikost tla je vrlo važna, ali istovremeno i nedovoljno poznata komponenta zemljišnog ekosustava. Biološku raznolikost čine organizmi tla koji svoj životni ciklus, u potpunosti ili djelomice, provode ili u tlu ili na njegovoj površini (uključujući žetvene ostatke ili malč), a odgovorni su za procese vrlo važne za zdravlje i plodnost tla.

Zajednice organizama tla tvore vrlo jaku i povezanu hranidbenu mrežu, čiju aktivnost određuju organizmi tla u interakciji i suživotu sa živim i mrtvim biljkama i životinjama tla. "Struktura" hranidbene mreže tla je vrlo kompleksna, a sastavljena od relativnog broja pripadnika pojedine grupe organizama u tlu, odnosno direktno je ovisna o razlici između pojedinih agroekosustava. Npr., u zdravom tlu veliki je broj bakterija i organizama koji se njima hrane, ali ako u tlo dospije velika količina pesticida, mineralnih gnojiva i sl., može se drastično smanjiti brojnost korisnih organizama u korist patogena. Ovaj nepovoljni debalans organizama tla, u konačnici, dovodi do pojave bolesti ali i drugih problema. Biljke, mahovine i neke alge su autotrofi i igraju najvažniju ulogu u primarnoj produkciji, odnosno produkciji organske tvari, koristeći svjetlosnu energiju, vodu i ugljik (iz CO<sub>2</sub> iz atmosfere). Drugi autotrofi koriste energiju trošenjem minerala tla. Fauna tla i većina gljivica, bakterija i aktinomiceta su heterotrofi, koji se u svojoj potrebi za energijom oslanjaju na organsku tvar dobivenu iz primarne produkcije ili preko posrednika (sekundarni i tercijarni konzumenti).

Najjednostavniji i najrašireniji način klasificiranja organizama tla je prema njihovoj veličini, odnosno oni se dijele na tri glavne grupe, i to: mikrobiota, mezobiota i makrobiota.

### Mikroorganizmi

To su najmanji, najraznovrsniji i najrašireniji organizmi u tlu (<0,1 mm u promjeru). Ova grupa uključuje alge, bakterije, cijanobakterije, gljive, kvasce, miksomicete i aktinomicete. Mikroorganizmi su u mogućnosti razgraditi gotovo svaku organsku tvar prevodeći ju u biljci pristupačne oblike hraniva. U poljoprivrednim tlima uobičajeno se mogu naći dvije grupe: bakterije i mikorizne gljive.

#### Bakterije

Bakterije su vrlo sitni ali i najbrojniji organizmi tla koji čine najveći udio u njegovoj biomasi. Postoji puno različitih vrsta bakterija, a u poljoprivredi je najvažniji rod *Rhizobium*. Bakterije su važne u poljoprivrednim tlima, budući da doprinose kruženju ugljika procesima fotosinteze i dekompozicije. Također, jedna od najvažnijih uloga im je da omogućuju veću pristupačnost biljnih hraniva, razgradnjom organske tvari, otpuštajući npr. dušik, sumpor, fosfor i mikroelemente. Druge vrste iz minerala tla oslobađaju kalij, fosfor, magnezij, kalcij i željezo. Neke vrste oslobađaju biljne hormone stimulatore rasta. Sustav obrade tla ima vrlo važnu ulogu u strukturi bakterijskih zajednica, prvenstveno preko pristupačnosti pojedinih hraniva, ali i djelujući na njihovu brojnost i sastav. Neke vrste bakterija prevode elementarni dušik iz zraka u oblik pristupačan biljkama, a postoje dvije osnovne grupe, simbiotske i nesimbiotske. Nadalje, bakterije su odgovorne i za transformaciju amonijačnog u nitratni oblik dušika, ali i obratno, popravljaju strukturu tla, uništavaju druge štetne uzročnike bolesti, obavljaju detoksikaciju tla, itd.

### Gljive

U tlu postoji veliki broj različitih vrsta, veličina i oblika gljiva. Njihov značaj u tlu očituje se u tome što vrlo učinkovito razgrađuju organsku tvar, oslobađajući hraniva višim biljkama. Neke gljive proizvode biljne hormone, ali i antibiotike uključujući penicilin, a postoje i vrste koje štetno djeluju na parazitarne nematode. Mikoriza je simbioza korijena i gljiva. Korijenje mnogih biljnih vrsta, pa tako i ratarskih, živi u simbiozi s gljivama. Mikorize omogućuju lakše usvajanje vode i hraniva (posebice fosfora) od strane biljke, a posebno su značajne u degradiranim tlima i tlima smanjene plodnosti. Mikorize također proizvode hormone i antibiotike, te omogućuju pojačani rast korijena i supresiju biljnih bolesti.

### Mikrofauna

U mikrofaunu se ubrajaju organizmi manji od <math>0,1\text{ mm}</math> u promjeru, a obično se, kao najvažniji spominju **nematode i protozoe**. Ovi organizmi žive u vodenom filmu tla i hrane se mikroflorom, korijenjem biljaka, mikrofaunom, a ponekad i s većim organizmima. U tlu su vrlo važni, jer hraneći se bakterijama oslobađaju imobilizirana biljna hraniva, koja na taj način postaju vrlo pristupačni elementi biljne ishrane.

### Mezofauna

U ovu grupu ubrajamo organizme čiji je promjer tijela od 0,1-2 mm. Mezofauna ima vrlo ograničenu sposobnost kopanja kanalića i uglavnom žive u porama tla, hraneći se organskom tvari, mikroflorom, mikrofaunom i dr.

### Makrofauna

Članovi ove skupine organizama tla vidljivi su golim okom, a obično su veći od 2 mm u promjeru. Makrofauna uključuje *kralježnjake* (zmijske, guštore, miševce, zečevce, krtice, itd.), koji primarno kopaju rupe u tlu u potrazi za hranom ili skloništem, i *beskralježnjake* (puževi, gujavice i neki člankonošci, kao što su mravi, termite, gusjenice, stonoge, kukci u stadiju larvi i odrasli, pauzi, žohari, itd.), koji žive i hrane se u ili na površini tla. U agroekosustavu, makrofauna tla je vrlo važan regulator dekompozicije, kruženja hraniva, dinamike organske tvari tla, putova kretanja vode u tlu, a navedeno proizlazi kao posljedica njihovog načina hranjenja i kopanja hodnika u tlu.

### Opća razmatranja

Dakle, iz do sada navedenog razvidno je da tlo nije beživotno tijelo, već da je to izrazito živi i heterogeni sustav. Istovremeno, ovaj je sustav izrazito osjetljiv na sve promjene koje se dešavaju u i na površini tla.

Obrada tla tako pripada najagresivnijim aktivnostima, kojima čovjek djeluje na biološku ravnotežu tla. Općenito uzevši, dublja i frekventnija obrada tla pojačava negativan utjecaj na organizme tla, dok no-till, strip-till i kompatibilni sustavi obrade tla čuvaju biološku raznolikost i brojnost organizama tla u uzgoju ratarskih, ali i drugih kultura. Nepravilnom i neodgovarajućom obradom tla dolazi do jačeg sabijanja tla, odnosno do narušavanja kontinuiteta većih pora tla, kao i hodnika organizama u tlu. Navedeno djeluje prvenstveno na brojnost, ali i raznolikost biološke komponente tla, jer se uslijed jačih zbijanja tla stvaraju nepovoljniji životni, a prvenstveno anaerobni uvjeti, koji odgovaraju manjem broju organizama tla. Pesticide primjenjujemo kako bismo suzbili štetne insekte ili uzročnike biljnih bolesti, ali istovremeno uništavamo i korisne organizme tla. Ako su pravilno primijenjeni, herbicidi i folijarni insekticidi manje su štetni od fungicida, fumiganata i zemljišnih insekticida. Plodnost i povoljno izbalansirana hraniva u tlu, djeluju pozitivno na biološku raznolikost. Ugljik, koji je



sastavni dio organske tvari, limitirajući je faktor za biološku aktivnost, a žetveni ostaci, kompost, organska gnojiva, su vrlo bogat izvor ugljika. Poznato je da plodored djeluje povoljno na raznolikost organizama tla, dok sam taj mehanizam nije u potpunosti jasan. No, u svakom slučaju, primjenom kvalitetnijih plodoreda obogatit ćemo tlo biološkom komponentom i po brojnosti i po raznovrsnosti.

Ukratko, svi navedeni organizmi imaju vrlo važnu ulogu u tlu, npr., popravljaju infiltraciju vode u tlo i vododržnost tla, umanjuju opasnost od erozije, obavljaju razgradnju organske tvari i omogućuju bolju pristupačnost hraniva biljkama, itd. Međutim, "najuočljiviji" i najlakše "mjerljiviji" utjecaj negativnih čimbenika na biološke sastavnice tla je djelovanje na brojnost gujavica tla. Tako su gujavice indikatori plodnosti tla, odnosno zdravlja tla.

### Reducirana obrada tla – važnost organizama tla

U tlu postoji izrazito veliki broj organizama, a prema njihovom djelovanju na tlo-biljku, obično ih dijelimo na korisne (beneficijelne) i nekorisne (štetne). Opća ocjena kvalitete odnosno plodnosti nekog tla, donosi se (između ostalih pokazatelja) i na osnovu razvijenosti njegove bio-komponente. Često puta se kao jedan od najvažnijih indikatora kvalitete i plodnosti tla navodi brojnost gujavica, a najznačajnije štetnike ubrajaju se poljski miševi i voluharice.

#### U čemu je tolika vrijednost gujavica?

Gujavice u tlu doprinose odnosno potpomažu slijedećim funkcijama tla:

- usitnjavaju biljne rezidue potičući njihovu mikrobiološku razgradnju i otpuštanje hraniva;
- izmet gujavica iznimno je bogat osnovnim biljnim hranivima (N, P, K), ali i mikroelementima;
- poboljšavaju stabilnost strukturnih agregata tla, poroznost i sposobnost zadržavanja odnosno reguliranja vlažnosti tla;
- miješaju slojeve tla iznoseći "sirovo tlo" na površinu, a unoseći organsku tvar u dublje slojeve poboljšavajući i potičući mikrobiološku aktivnost u tim slojevima;
- poboljšavaju infiltraciju i procjeđivanje vode u dublje slojeve, tako da voda i pri jačem intenzitetu kišenja ne leži na površini tla;
- potpomažu rast korijenja kopajući duboke vertikalne kanale kroz koje korijenje biljaka lakše prodire dublje u tlo u potrazi za biljnim hranivima.

Mnogi zagovornici primjene reducirane obrade tla tvrde da gujavice toliko intenzivno miješaju tlo da se neki agresivni i skupi zahvati obrade tla mogu potpuno izostaviti.

Općenito uzevši, manji broj zahvata obrade tla, kao i manja dubina obrade tla, bolji su za jači i intenzivniji razvoj gujavica. Njihov broj može biti reduciran i za više od 90% uporabom duboke i učestale obrade tla. Intenzivna i duboka obrada tla djeluje na smanjenje brojnosti gujavica na više načina. Gujavice ugibaju ako je vlažnost tla manja od 20% vode, a poznato je da duboka obrada jako isušuje tlo. Nadalje, obradom se uništavaju vertikalni hodnici, kao i same gujavice. Gujavice su u stanju mirovanja (dormantnost) tijekom vrućeg dijela godine, kao i u zimskom razdoblju. Razvoj mladih gujavica nastupa u proljeće i jesen, dakle upravo u vrijeme najintenzivnijih agrotehničkih zahvata u tlo.

Postoji nekoliko osnovnih pravila kojim se može povećati brojnost gujavica, a to su: reduciranje ili izostavljanje obrade tla (posebno duboka jesenska obrada), izostavljanje pluga u obradi tla, intenzivnije usitnjeni biljni-žetveni ostaci (sječkalica na kombajnu), dodavanje stajskog gnojiva, uzgoj usjeva za zelenu gnojidbu (velika masa organske tvari).

Gujavice preferiraju; tlo sa pH što bližim neutralnom, a ispod pH 5, nema razvoja gujavica, zatim vlažne uvjete tla i veliku količinu žetvenih ostataka na površini tla. Izrazito su osjetljive na većinu insekticida i neka mineralna gnojiva, dok većina herbicida nema značajnog utjecaja na njihovu brojnost. Istraživanja utjecaja reduciranih sustava obrade tla na brojnost gujavica tla, provode se na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku na katedri za Opću proizvodnju bilja. Dobiveni rezultati u osnovi potvrđuju do sada rečeno o obradi tla i brojnosti gujavica. Odnosno, u usporedbi prema konvencionalnoj obradi tla (oranje), na sustavu obrade tla rahljenjem došlo je do povećanja broja gujavica za 43%, na obradi tla tanjuranjem povećanje je bilo 97%, dok je na izostavljenoj obradi tla (no-tillage) broj gujavica bio veći za čak 178%.

### Utjecaj sustava obrade tla na razvoj voluharica

Poljska voluharica (*Microtus arvalis* Pallas, 1778) je vrlo značajan polifagni štetni glodavac u poljoprivrednoj proizvodnji. U našim agroekološkim uvjetima nastanjuje različita staništa, a najjače je zastupljen na lucerištima i usjevima ozime pšenice, gdje se hrani zelenim dijelovima biljaka. U usjevima štete čini tijekom vegetacije od sjetve do žetve. Osnovni problem s kojim su povezani štetnost poljske voluharice u ratarskim usjevima i uspjeh njenog suzbijanja je dinamika populacije. Jako je migratorna vrsta i seli se od staništa do staništa. Tako npr. tijekom jeseni imigrira s okolnih staništa u usjev ozime pšenice gdje izgradnjom kolonija i ishranom čini značajna oštećenja usjeva. Promjene njihove brojnosti treba promatrati u ovisnosti od složenog kompleksa utjecaja mnogih čimbenika.

Napomena: od 0 do 10 aktivnih otvora/voluharica/ha = 1. kategorija  
 od 10 do 500 aktivnih otvora/voluharica/ha = 2 kategorija  
 od 500 do 5 000 aktivnih otvora/voluharica/ha = 3 kategorija  
 od 5000 do 20 000 aktivnih otvora/voluharica/ha = 4 kategorija  
 od 20 000 do 50 000 aktivnih otvora/voluharica/ha = 5 kategorija

1. kat. = vrlo niska brojnost
2. kat. = niska brojnost
3. kat. = srednja brojnost
4. kat. = visoka brojnost
5. kat. = vrlo visoka brojnost

Kod prirodnih promjena brojnosti značajan utjecaj imaju i klimatski uvjeti (relativno suha i topla jesen i zima), te brojnost predatora. U uvjetima kada je većina čimbenika povoljna za njihov razvoj, tada dolazi do trenda povećanja njihove brojnosti. Tako se tijekom više godina a i tijekom godine mijenja dinamika populacije. U uvjetima kada je razina intenziteta napada 2. kategorije brojnosti, a to je kada broj aktivnih otvora poljske voluharice u usjevu ozime pšenice tijekom jeseni veći od 2/100 m<sup>2</sup> ili 200/ha, treba provoditi kemijske mjere zaštite, primjenom rodenticida. Izvođenje deratizacije najpovoljnije je u jesen ili tijekom zime kada su hranidbeni uvjeti za poljsku voluharicu nepovoljni. Primjenom odgovarajućeg rodenticida smanjujemo brojnost populacije i na taj način sprječavamo značajnija oštećenja usjeva ozime pšenice. Različiti načini obrade tla također znatno utječu na dinamiku populacije poljske voluharice i to u pravilu prema shemi: jače reduciranje obrade tla – više voluharica.

U osnovi radi se o tome da se pri konvencionalnoj obradi tla oranjem uništavaju staništa (gnijezda), voluharica kao i sami pojedinci vrste, dok na sustavima reducirane obrade tla na kojima nema duboke obrade tla, dolazi do nesmetanog razvoja njihovih zajednica. Ovom se problematikom također bave stručnjaci s Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, a prema njihovim rezultatima vidljiva je tendencija povećanja brojnosti (samim tim i štete), voluharica s povećanjem reduciranja zahvata obrade tla.

Problematika oba ova člana bio-komponente tla, dobivaju na većoj važnosti, ako ih promatramo u sklopu različitih sustava obrade tla. Uvjeti staništa koje nude reducirani sustavi, kao i izostavljena obrada tla, pogodni su za razvoj gujavica (pozitivan utjecaj), ali i za razvoj voluharica (negativan utjecaj). Općenito dakle vrijedi, što je sustav obrade tla jače reduciran, to je njihova brojnost veća.

## Pokazatelji kvalitete tla

Postoje mnoge definicije tla, koje na jednostavan način pokušavaju definirati njegovu višeznačnost i neprocjenjivu ulogu u živom svijetu kakvog poznajemo. Tako bi jedna od definicija mogla biti slijedeća; "Tlo je dinamički izvor koji podržava život biljaka". Ono je sastavljeno od mineralnih čestica različite veličine (pijesak, prah i glina), organske tvari i brojnih vrsta živih organizama. Dakle, tlo čine biološke, kemijske i fizikalne sastavnice, odnosno njihova dinamička svojstva, koja se manje ili više mijenjaju u ovisnosti o načinu gospodarenja tlom.

### Ključne funkcije – vrijednosti tla

**Tlo** potpomaže rast i diverzitet biljnih i životinjskih vrsta, osiguravajući fizikalne, kemijske i biološke uvjete za izmjenu vode, hraniva, energije i zraka.

**Tlo** regulira distribuciju vode (kiša i navodnjavanje) između infiltracije i površinskog otjecanja i regulira tok i zadržavanje u tlu vode i otopljenih tvari, uključujući dušik, fosfor, pesticide i ostala hraniva.

**Tlo** zadržava, prevodi u druge oblike i otpušta biljna hraniva i druge tvari potrebne u životnom ciklusu biljaka.

**Tlo** služi kao filter u očuvanju kvalitete vode, zraka i ostalih prirodnih izvora u okolišu.

Naravno, ovo su samo osnovni "poslovi" koje obavlja tlo, a pod svakom navedenom točkom sadržane su sve poznate i manje poznate aktivnosti i svojstva koja čine naše tlo.

### Što je to kvaliteta tla?

Kvaliteta tla predstavlja prirodni i/ili proizvodni kapacitet pojedinih tipova tala, odnosno njihovu funkcionalnost u odnosu na ekosistem, podržavajući njegovu biljnu i životinjsku produktivnost, održavanje ili poboljšavanje kvalitete vode i zraka, te stvaranje povoljnog okruženja za zdrav život ljudi. Promjene kapaciteta funkcionalnosti tla direktno su pod utjecajem svojstava tla, koje su ovisne o načinu gospodarenja ili klimatskim prilikama.

Gospodarenje koje za cilj ima i povećavanje kvalitete tla, pozitivno će utjecati na produktivnost ratarskih, povrtlarskih, vinogradarskih, voćarskih, pa i šumskih proizvodnih površina.

Povećana kvaliteta tla pomaže u reduciranju direktnih i indirektnih troškova od erozije (vodom i vjetrom), povećava efikasnost iskorištavanja vode i hraniva tla, te osigurava održivost proizvodnog sustava gospodarenja u budućnosti. Također, pozitivno djeluje na kvalitetu vode, zraka i biološku raznolikost.

### Kako procijeniti kvalitetu tla

Kvaliteta tla se procjenjuje pojedinačno za svaki od indikatora kvalitete koji utječe na promjene kapaciteta funkcije tla. Vrsta i broj indikatora korištenih u procjeni ovisi o "širini" procjene (npr. polje, poljoprivredno gospodarstvo, regija), ali i o funkciji odnosno načinu korištenja tla (npr. ratarska, voćarska, vinogradarska površina).

Indikatori kvalitete tla mogu se podijeliti u četiri osnovne grupe: vizualni, fizikalni, kemijski i biološki.

**Vizualni indikatori** (pokazatelji) mogu biti dobiveni promatranjem ili fotografskom interpretacijom. Kao primjeri indikatora u vizualnoj interpretaciji mogu se navesti: nagib poljoprivredne površine, boja tla, erozija, ležanje vode na površini, vrsta i pojavnost korova, izgled biljaka, i dr., a predstavljaju

potencijalne indikatore određenih promjena. Vizualno utvrđeni pokazatelji mogu jasno indicirati na određene promjene u promjeni kvalitete tla.

**Fizikalni indikatori** (pokazatelji) uglavnom se odnose na uređenost – odnos – strukturu čestica tla i pora. Kao primjer može se navesti; dubina soluma, gustoća tla, porozitet, stabilnost strukturnih agregata, tekstura, pokorica, zbijenost tla. Fizikalni indikatori primarno ograničavaju rast i razvoj korijena, nicanje, infiltraciju, uzlazno i silazno kretanje vode kroz profil tla.

**Kemijski indikatori** (pokazatelji) uključuju sljedeća mjerenja: pH, salinitet, organska tvar, koncentracija fosfora, KIK, ciklus dušika, koncentracija potencijalno opasnih elemenata (teški metali, radioaktivni elementi i td.) ili elemenata neophodnih za normalan rast i razvoj biljaka. Kemijski uvjeti u tlu direktno i indirektno utječu na odnose tlo-biljka, kvalitetu vode, pristupačnost hraniva i vode biljkama i drugim organizmima u tlu, mobilnost kontaminanata, ali i neka fizikalna stanja (npr. tendencija stvaranja pokorice).

**Biološki indikatori** (pokazatelji) uključuju mjerenja mikro- i makroorganizama preko njihove brojnosti, aktivnosti, odnosno njihovih produkata. U našim se uvjetima kao bioindikator najčešće koriste gujavice tla, ali to mogu biti i nematode, određeni sojevi bakterija, gljivice, aktinomicete, određene vrste kukaca i td. Primjerice, jačina respiracije može upućivati na mikrobiološku dekompoziciju organske tvari. Zatim, produkti gljivica tla (npr. ergosterol) mogu upućivati na njihovu određenu aktivnost, a oni su vrlo važni u formiranju i stabilnosti strukturnih agregata tla.

**Evaluacija kvalitete tla može se utvrditi na jednoj točki u vremenu (jednom na određenoj površini, npr. oranica) ili se može provoditi periodično u vremenskim intervalima (1-10 godina, a najčešće svake četiri godine) u cilju utvrđivanja trendova.**

Dobivene informacije pružaju uvid u trenutni funkcionalni status ili kvalitetu tla, te mogu poslužiti u identificiranju problematičnih površina ili područja. Ocjena kvalitete tla, da bi bila valjana, mora biti usporediva sa standardnim – referentnim vrijednostima ili se mogu uspoređivati površine s različitim načinom korištenja tla. Ovakvi dobiveni podaci mogu koristiti vlasnicima poljoprivrednih površina u donošenju pravilnih odluka o načinu korištenja poljoprivrednih površina.

#### **Što obuhvaća kvaliteta tla?**

Procjena kvalitete tla može pružiti odgovore na mnoge zahtjeve o kojima se vodi računa u provedbi kontrole kvalitete tla, a neki od njih su slijedeći:

- gubitak tla erozijom,
- depozicija sedimenata vodom ili vjetrom,
- zbijenost površinskih slojeva tla,
- degradacija agregata ili strukture tla,
- smanjenje infiltracije vode i pojačavanje površinskog otjecanja,
- stvaranje pokorice,
- gubitak hraniva ili njihov debalans,
- prevelika količina pesticida,
- zaslanjivanje tla,
- nepovoljne promjene pH,

- gubitak organske tvari,
- smanjenje biološke aktivnosti,
- smanjenje poroziteta,
- infestacija korovima ili patogenima,
- ekscesivna vlažnost,
- smanjenje kvalitete vode,
- emisija stakleničkih plinova.

Dakle, pojednostavljeno rečeno, prvi korak je utvrđivanje početnog, zatečenog stanja poljoprivrednih površina - INVENTARIZACIJA, a zatim slijedi periodična kontrola -MONITORING, na osnovu kojeg se donose daljnje odluke o korištenju tih površina.

## Odnos mehaničkog sastava (teksture) i obrade tla

Mehanički sastav ili tekstura tla (kao i struktura tla), ubraja se u jedan od najznačajnijih pokazatelja fizikalnih svojstava tla. Tlo je polidisperzni trofazni sustav, koji se sastoji od tekuće, plinovite i krute faze. Tekstura tla predstavljena je relativnim odnosom mehaničkih elemenata i/ili pojedinih kategorija čestica tla različitih veličina. Njihovim međusobnim nakupljanjem, odnosno sljepljivanjem, nastaju nakupine većih dimenzija, koje nazivamo strukturni agregati tla. U proizvodnoj poljoprivrednoj praksi, teksturu i strukturu tla bi trebalo promatrati zajedno, jer je jedan pokazatelj, direktno ili indirektno, ovisan o drugom pokazatelju. Tako su tla povoljnih teksturnih (i strukturnih) svojstava porozna (dobri uvjeti za rast i razvoj korijena) i povoljnih vodozračnih odnosa (vododržnost i prozračnost tla). Općenito se može reći da su tla povoljnije teksture obično i kvalitetnija, odnosno da su bolje potencijalne plodnosti.

Dimenzije pojedinih mehaničkih elemenata (čestica) tla, ovise o matičnom supstratu, odnosno podlozi na kojoj je tlo tijekom svog evolutivnog razvoja nastalo, kao i procesima koji su taj evolutivni razvoj uvjetovali. Veličina pojedinih čestica tla (mehaničkih elemenata) određuje se laboratorijskim putem prema određenim i propisanim metodama. Međutim, često puta se zbog praktičnih potreba tekstura tla "određuje na polju" opipom i/ili vizualno: pijesak, prah, glina, odnosno kažemo da je tlo *pjeskovito, praškasto ili glinasto*.

Problematika obrade tla usko je povezana sa stanjem fizikalnog kompleksa tla, pa tako i sa mehaničkim sastavom, odnosno teksturom tla.

**Tradicionalna praksa** u obradi tla temelji se na različitim zahvatima osnovne obrade kojima se tlo dovodi u grudasto stanje i dalje se zahvatima predsjetvene pripreme usitnjava, ponovo zbija i ravna. Za razliku od prethodnog, **moderniji pristup** obradi tla podrazumijeva, u pogledu stvaranja povoljne strukture tla, na primjer kod okopavinskih usjeva, barem dvije različite zone obrade:

1. **sjetvena zona**, u kojoj uvjeti za sjetvu trebaju biti optimalni za brzo klijanje i nicanje usjeva, i
2. **zona gospodarenja vodom u međurednom prostoru**, u kojoj struktura treba biti gruba i otvorena da može maksimalno primati – upijati vodu i zrak, uz minimalnu eroziju i širenje korova.

Neki autori govore i o **trećoj zoni**, koja bi bila rezervirana za **prolaze transportnih sredstava ili kotača traktora** pri obavljanju svih zahvata u uzgoju kultura. To su tzv. "stalni tragovi" koji bi bitno smanjili gaženja po tlu namijenjenom za normalan rast i razvoj usjeva.

Koji će od ovih sustava, tradicionalni ili moderniji, prevladati, uvelike ovisi i o mehaničkom sastavu tla, odnosno uzročno-posljedično i o strukturi tla koja proizlazi iz teksturnog sastava, kao i načina gospodarenja tlom. Shodno tome proizlazi i problematika istraživanja u poljoprivredi kao i praktična problematika gospodarenjem tlima. U današnje se vrijeme tradicionalnoj poljoprivredi sve više nameću:

- novija dostignuća znanosti o tlu,
- dostignuća na polju poljodjelske tehnike (strojevi i oruđa),
- zahtjevi prakse za pojednostavljenjem obrade tla.

U pogledu reguliranja strukture tla obradom, nameću se dva aspekta:

- a) definiranje optimalnog fizikalnog stanja tla i
- b) određivanje najpogodnijeg načina da se to postigne

Zadatak definiranja optimalnog fizikalnog stanja tla je težak, ali je određivanje najpogodnijeg načina za postizanje tog stanja, još teži. Odnosno, postavlja se pitanje kako ostvariti praktično, ono što je definirano kao povoljno stanje tla. Naime, mnogo je čimbenika u interakciji, koji se međusobno nalaze u pozitivnom, ali često puta i u negativnom odnosu. Tu je i reakcija kultura, bolesti, štetočine, klimatski stresovi, a veliku ulogu imaju i ekonomski čimbenici.

### Utjecaj obrade tla na fizikalna svojstva i procese u tlu

Promjene u tlu izazvane obradom uglavnom djeluju na promjene njegovih fizikalnih svojstava:

1. povećava se volumen tla, u korist mikropora,
2. smanjuje se otpor tla i koherencija,
3. popravljaju se struktura,
4. povećava se propusnost za vodu i zrak,
5. smanjuje se ili povećava vododrživost i oksidacijski procesi,
6. smanjuje se kapacitet za toplinu i vodljivost,
7. raste površina – raste evaporacija, (zagrijavanje),
8. regulacija vodo-zračnih odnosa, a ovo ima,
9. Lančane posljedice za rad biokomponente:
  - a) Disanje: više CO<sub>2</sub>, veća aktivnost tekuće faze tla. Negativno: gubitak Ca (kalcijev bikarbonat koji je mobilan i dovodi do ispiranja kalcija)
  - b) Veća mineralizacija organske tvari, ali i mobilizacija hraniva, što može djelovati pozitivno ali i negativno (brzi gubitak organske tvari) na stanje kvalitete tla.

Postoji još niz gubitaka plodnosti tla, tj. negativnih učinaka obrade koji su često "prikriveni" rastućim tehnološkim razvitkom u poljodjelstvu. Neki od najčešćih, ali i najtežih promjena uslijed neadekvatne provedbe zahvata obrade tla su:

- kvarenje strukture tla,
- mehanička disperzija zbijanjem tla u vlažnom stanju,
- erozija vodom i vjetrom,
- stvaranje plužnog tabana (bolest "tabana pluga"),
- stvaranje diskontinuiteta u tlu (dubinska zbijanja),
  - nepropusni slojevi, barijere za prodor korijena, zraka, vode, topline
- pogoršanje hidrauličkih svojstava tla – retencija vode, hidraulička vodljivost (vodopropusnost), infiltracija, uskladištenje vode (kapacitet za vodu),
  - promjene u specifičnoj (volumnoj) gustoći – tj. porozitet i distribucija pora
  - obrada tla dovodi do nehomogenosti tla (pukotine, kanalići, velike šupljike)
  - amplitude temperatura veće su kod obrađenog tla negoli u neobrađenog

### Podjela obrade tla prema dubini:

1. **Vrlo plitka (do 10 cm):** priprema sjetvenog sloja, razbijanje pokorice, omogućen prodor vode i zraka, disanje, grijanje tla,



2. **Plitka (do 20 cm):** isto kao pod 1, dodatno za unošenje žetvenih ostataka, gnojiva za sjetvu ili sadnju nekih kultura (krumpir),
3. **Srednje duboka (20-40 cm):** za sjetvu, sadnju, unošenje gnojiva, za korekturu klime (ekonomija vlagom) i produbljenje mekote,
4. **Duboka obrada (do 100 cm):** melioracija tla, korektura klime, za tla nepovoljne uslojenosti, za neke kulture (drvenaste), rigolanje,
5. **Vrlo duboka (preko 100 cm):** isto kao 4, ali samo sa meliorativnim značenjem; promjena mehaničkog sastava oraničkog sloja ili horizonta u solumu – rigoleri, dubinski rahljači, beskonačne pužnice za izbacivanje pijeska iz dubine (polderi).

#### **Povoljno stanje tla za obradu**

Sadržaj vode je ključan jer o njemu ovisi niz drugih svojstava, osobito **koherencija i plastičnost** tla. **Koherencija** predstavlja sile koje drže čestice tla (agregate) na okupu. Sile koherencije su veće u suhom, glinenom tlu i vlaženjem tla se smanjuju. **Plastičnost** pak predstavlja sposobnost tla – vlažnog – za modeliranje – promjenu oblika. Raste s vlažnošću tla. Upravo kada sadržaj vode daje povoljan odnos sila koherencije i plastičnosti predstavlja **povoljan moment za obradu**.

Najbolji moment za obradu tla je kada je vlažnost između točke "**krutosti**" i točke "**žitkosti**", a to je u praksi između 40-60% maksimalnog kapaciteta tla za vodu.

Kako se iz grafičkog prikaza vidi, kod teških tala glavni uzročnik kratkom razdoblju za obradu su jače ljepljivi, skloni bubrenju sekundarni minerali gline (montmorilonit) i neke humusne tvari (bitumenskog karaktera). To su tzv. "**minutna tla**", kratkog razdoblja vlažnosti za obradu. Ili su suha, ili mokra.

#### **Praktično određivanje povoljnog stanja vlažnosti tla za obradu**

Ako iz tla pod pritiskom u ruci izlazi voda – tlo je nepovoljno za obradu. Takvo tlo u vlažnom stanju ostaje slijepljeno, odnosno plastično, a kada se osuši tlo ostaje kompaktno i tvrdo.

**Kada je povoljno?** Spustimo grudu zemlje s 1 m visine, ako se raspadne – tlo je povoljno za obradu.

**Ili, lopatom:** ako se tlo mrvi – tlo je povoljno za obradu.

Suho tlo: gromade, jaki otpori, lomovi, loša kakvoća oranja.

Mokro tlo: razmazuje se, lijepi – **Ne obrađivati!** Dugotrajni gubitak povoljne strukture tla.

#### **Redosljed obrade tla na gospodarstvu:**

U principu, tla težeg mehaničkog sastava, uvijek imaju prednost za obradu u usporedbi s tlima lakšeg mehaničkog sastava. "Teška tla" uvijek imaju prednost, jer je optimalno vrijeme za njihovu obradu daleko kraće od "pjeskovitih tala", a posebice ako se radi o tzv. "minutnim tlima".

Pravilo je da se u *jesen* prvo obrađuju tla koja se brzo "zablate", a zatim se obrađuju lakša tla. U *proljeće* se ide obrnutim redom.

**Važno:** ne obrađivati **suviše vlažno-mokro tlo**.

Tada su mikrostrukturni agregati tla posebno osjetljivi na presiju – dolazi do kvarenja strukture, razmazivanja, stvaranja "tabana pluga", pokorice, loše kvalitete obrade, habanja strojeva, zbijanja tla, itd. Na obradivost tla utječu osim mehaničkog sastava (pijeska, praha i gline) i sadržaj vlage, struktura i građa tla, koji mogu znatno proširiti interval obrade, zatim primjena organskih gnojiva, kalcizacija, plodored i način korištenja tla a značajna je i tzv. "zrelost tla", "ugorenost" (sposobnost mrvljenja", rahljenja, miješanja).

## Strukturni agregati tla

Strukturni agregati tla predstavljaju nakupine pojedinih čestica tla (mikroagregati), koje se raspoređuju jedna prema drugoj, stvarajući nakupine većih čestica tla (makroagregati), odnosno strukturnih agregata, a oni zapravo čine strukturu tla. Obično se uzima da mikroagregate čine čestice manje od 0,25 mm, mezoagregate čestice od 0,25-2,0 mm, makroagregate čestice od 2,0-50 mm i megaagregate čestice veće od 55 mm. Prema obliku, strukturni se agregati dijele na: prizmatične, stubaste, plosnate, kockaste i mrvičaste. Veličina prostora između strukturnih agregata tla definira i veličinu i raspored malih, srednjih i velikih pora, koje omogućuju retenciju i izmjenu zraka i vode u tlu.

Tip agregata	Infiltracija	Propusnost	aeracija
pločasta	umjerena	umjerena	umjerena
mrvičasta	dobra	izvrsna	izvrsna
prizmatična	dobra	umjerena	umjerena
stubasta	dobra	dobra	dobra

### Važnost strukturnih agregata tla

Kao što je rečeno, strukturni agregati tla čine strukturu tla, koja sama po sebi nije čimbenik rasta biljaka, ali utječe na gotovo sve čimbenike biljnog rasta. Struktura tla utječe na opskrbu vodom, aeraciju, pristupačnost biljnih hraniva, aktivnost mikroorganizama i organizama tla, rast korijena i druge čimbenike. Shodno tome, nepovoljna struktura tla može biti direktni ograničavajući faktor biljnog rasta. Međutim, povoljna struktura tla omogućuje svim čimbenicima biljnog rasta njihovu optimalnu učinkovitost. S aspekta ratarske proizvodnje idealna struktura tla je zrnasta (iznimno rijetko), mrvičasta ili sitnogradasta.

### Stabilnost strukturnih agregata tla

Agregacija, odnosno stvaranje strukturnih agregata tla, poželjna je prirodna pojava i na tzv. *strukturnim tlima*, ona se odvija uobičajeno, dok na većini pjeskovitih i nekim glinovitim tlima agregacija mehaničkih elemenata izostaje, a takva se tla nazivaju *nestrukturna tla*. Tla slabije ili loše stabilnosti strukturnih agregata, sklona su, između ostalih nepoželjnih procesa u tlu, i stvaranju pokorice sa svim negativnostima koje ona nosi (slabija sposobnost nicanja, veliki gubitak vode kroz raspukline tla itd.).

Strukturna tla imaju stabilne strukturne agregate i obratno, nestrukturna tla imaju nestabilne strukturne agregate. Stabilnost strukturnih agregata određena je kvantitetom i kvalitetom organske tvari u tlu, koja je u stvari "ljepilo" (adhezivno sredstvo), između mehaničkih elemenata tla. Organska tvar tla i mehanički elementi čine tzv. *organomineralni kompleks* tla.

Nadalje, na stabilnost strukturnih agregata utječe sastav i sadržaj gline. Neki tipovi gline ekspandiraju poput harmonike kada upijaju vodu, a ekspanzija i kontrakcija glinenih čestica može savijati i lomiti masu tla, stvarajući veće ili manje agregate tla. Kalcijevi ioni zajedno s česticama gline povećavaju sposobnost stvaranja agregata tla, dok natrijevi ioni utječu na njihovu disperziju. Tla s više od 5% željeznih oksida teže stvaranju stabilnijih strukturnih agregata.

Na povećanu stabilnost strukturnih agregata tla najviše utječu biološki i organski čimbenici. Tako npr. mikroorganizmi tla stvaraju mnoge različite organske produkte, koji pomažu boljoj povezanosti čestica koje čine agregate, a vrste i specijesi mikroorganizama su u cijeloj ovoj priči vrlo bitni. Tako npr., micelije gljiva puno bolje povezuju čestice tla, nego što to čine bakterije. Iznimnu važnost također ima korijenje viših biljaka, odnosno njihove izlučevine, koje pomažu u povezivanju agregata tla.

Stabilnost strukturnih agregata određuje se prema njihovoj otpornosti na raspadanje u vodi, odnosno što se brže raspadnu to su manje stabilnosti. Ovaj je pokazatelj vrlo važan u agrotehničkim zahvatima obrade tla, jer pokazuju stabilnost agregata tla na; raspadanje pri provedbi obrade tla (npr. oranje, tanjuranje), kao i gaženja teškom mehanizacijom, pri izloženosti tla utjecaju oborina (npr. kiša – vlaženje i sušenje), izloženosti nepovoljnim vremenskim prilikama (npr. smrzavanje zimi), erozija vodom i vjetrom i sl. Slika 1 prikazuje reakciju nestabilnih strukturnih agregata na potapanje u vodi: a) početno stanje, b) jedna minuta poslije potapanja u vodu, c) dvije minute nakon potapanja, d) tri minute nakon potapanja.

### Mjere popravka strukture tla

Prvi i najvažniji zahvat u sprječavanju i/ili popravljaju strukture tla, odnosno stvaranju stabilnijih strukturnih agregata tla, je u aktivaciji biološke komponente tla, odnosno u stvaranju biološki aktivnog, "živog" medija-tla. Kako to učiniti? Unošenje većih količina organskih gnojiva (stajski gnoj, humus, zelena gnojidba...), dobar je početak. Organska komponenta tla utječe na stvaranje većeg broja jačih veza s mineralnom komponentom tla, odnosno stvaranje "jačeg" organomineralnog kompleksa tla. Kao što je rečeno, organomineralni kompleks čini tlo – njegove strukturne agregate, otpornijim na nepovoljne čimbenike "razarače strukture tla". Osim toga, organska komponenta aktivira mikroorganizme i organizme tla, sa svim pozitivnim učincima koje oni impliciraju, o čemu je prethodno već bilo riječi. Međutim, sve organske tvari ne stabiliziraju strukturne agregate. Na primjer, neki jednostavni spojevi (primjerice šećeri), nisu efikasni prije nego što se promijene i prijedu u produkte razgradnje. Mast, voskovi, lignini smole i drugi organski spojevi imaju izravan stabilizacijski učinak.

Obrada tla u priči o očuvanju strukture tla, ima izrazito veliku ulogu. Na tlima koja su po svojoj prirodi sklona slabijem stvaranju strukture, kao što su izrazito pjeskovita ili glinovita tla, vrlo povoljno reagiraju na konzervacijsku obradu tla, odnosno reduciranu u smislu ostavljanja žetvenih ostataka na površini ili blizu površine tla. Učinak nadzemnih dijelova biljaka i biljnih rezidua, u očuvanju strukture tla, je indirektan, a ogleda se u zaštiti tla od naglih temperaturnih promjena i kišnih kapi. Naravno, biljni ostaci također služe kao hrana mikroorganizmima, odnosno prvim stvarateljima strukture. Nadalje, pokrivenost tla žetvenim ostacima djeluje i u cilju sprječavanja negativnih utjecaja erozije tla vjetrom i vodom, a poznato je da oni negativno djeluju na stvaranje dobre strukture tla.

Osim popravljavanja strukture tla biološkim ili organskim putem, ona se može provoditi i različitim kemijskim sredstvima, koje zajedničkim imenom nazivamo *kondicioneri tla*. Kondicioneri su prirodni ili umjetni materijali koji uneseni u tlo povoljno djeluju na tlo, odnosno popravljaju njegova fizikalna i kemijska svojstva. Njihov utjecaj ogleda se u pozitivnom djelovanju na strukturne agregate tla, odnosno strukturu, toplinska svojstva, kapacitet izmjene kationa (veća pristupačnost elemenata ishrane), vlaženje tla, bubrenje i stezanje, propusnost za vodu i zrak, smanjuju mogućnost stvaranja

pokorice kada se suše, poboljšavaju flokulaciju strukturnih agregata s ciljem poboljšanja obradivosti tla.

Cilj održavanja povoljne strukture tla je u postizanju optimalnog stanja poroznosti, agregacije i propusnosti tla za zrak, vodu i korijenje biljaka, kako bi se glavnina korjenovog sustava našla u povoljnim uvjetima glede klimatskih i hranidbenih zahtjeva.

Dvije su osnovne skupine stabilizatora strukture tla: *organski* i *anorganski*. Anorganski stabilizatori kao što su npr. cement, vapno, fosforna kiselina i dr. pojačavaju flokulaciju, kao i kemijsko vezanje. Organski stabilizatori stabilizaciju obavljaju na različite načine, kao npr. flokulacijom, ali te materijale razlažu mikroorganizmi pa nisu postojani i dugotrajni kao anorganski stabilizatori.

Učinak kondicionera na povoljno stanje strukturnih agregata tla, odnosno njegovu strukturu, izrazito povoljno djeluje na povećanje plodnosti tla i zasigurno, njihova će upotreba u budućnosti biti velika u popravljaju fizikalnih i kemijskih svojstava tla. Međutim, ono što danas možemo i moramo činiti, ako želimo ostvarivati visoke urode i pri tome čuvati tlo, je pažljivo promišljati svaki naš agrotehnički zahvat i ništa ne provoditi stihijski i prema već unaprijed zadanoj shemi.

## Organska tvar tla – pokazatelj kvalitete tla

### Što je to organska tvar tla

Organska tvar tla je u stvari jedan od brojnih pokazatelja (indikatora) kvalitete tla, a ubraja se među najvažnije. Organska tvar je frakcija tla koju čine sve organske komponente koje su nekada bile žive, odnosno koje su manje ili više raspadnute. U navedeno se ubrajaju nadzemni i podzemni ostaci biljaka, ostaci životinja, te ostaci makro- i mikroorganizama. Dobro razgrađena organska tvar tla čini *humus*, materijal tamno smeđe boje, porozan, spužvast i ugodnog mirisa na zemlju (tlo). U većini poljoprivrednih tala svijeta, pa tako i kod nas, sadržaj organske tvari je manji od 5% volumno. Tako je količina organske tvari, u odnosu na ostale komponente (frakcije) tla (mineralni dio, voda, zrak), relativno mala, ali je njena uloga nezamjenjiva u životu tla, ali i za život na Zemlji.

### Kako nastaje organska tvar tla

Biljke i mikroorganizmi vrše organsku produkciju (asimilaciju), koristeći energiju sunca, ugljičnog dioksida i dušika iz atmosfere i vode iz tla. Organska tvar tla nastaje kruženjem tih (ali drugih) organskih sastavnica preko biljaka i životinja koje dalje razgrađuju mikroorganizmi u tlu. Proces oslobađanja hranjivih elemenata putem mikroorganizama u tlu (bakterije, gljive, aktinomicete, ali i gujavice) naziva se *mineralizacija*, a procesom *mobilizacije* ti elementi postaju pristupačni biljkama.

### Uloga organske tvari tla

Organska tvar je esencijalna (životno važna i nezamjenjiva) komponenta tla iz nekoliko osnovnih razloga:

- osigurava ugljik i izvor je energije za mikroorganizme,
- stabilizira i povezuje čestice tla, reducirajući negativne učinke erozije, stvaranje pokorice i sl.,
- pomaže biljkama u rastu poboljšavajući sposobnost tla za zadržavanje i transmisiju zraka i vode,
- "sprema" i opskrbljuje biljke i organizme tla hranivima koji su neophodni za njihov rast (dušik, fosfor, kalij, sumpor...),
- zadržava hraniva osiguravajući kationski i anionski izmjenjivački kapacitet,
- održava tlo u stanju manje gustoće, odnosno spriječava njegovo zbijanje,
- održava tlo u rastresitijem (suho tlo) i manje ljepljivom stanju (vlažno tlo), te pogodnijem za obradu,
- zadržava (akumulira) ugljik iz atmosfere i drugih izvora,
- smanjuje negativne utjecaje iz okoliša, primjerice pesticida, teških metala i mnogih drugih polutanata.

Organska tvar također olakšava provedbe zahvata obrade tla, smanjuje stvaranje pokorice, povećava i olakšava infiltraciju vode, smanjuje odnošenje tla erozijom (vodom i/ili vjetrom) i olakšava prodiranje korijenja biljaka.

### Što se događa s organskom tvari tla

U poljoprivrednim tlima na kojima se kontinuirano i intenzivno uzgajaju kulture, gotovo redovno dolazi do pada sadržaja organske tvari. Već je na početku spomenuto da se količina organske tvari u tlima obično kreće ispod 5%, ali bi realnije bilo reći da se ta količina u našim uvjetima, u prosjeku,

kreće od 2-2,5%. Mnogi su razlozi za gubitak ili smanjenje sadržaja organske tvari u tlu, a neki od njih su sljedeći:

- Sadržaj organske tvari tla može se smanjiti erozijskim procesima, neovisno radili se o eolskoj (vjetrena) ili hidro (vodenj) eroziji. Ovim se procesima selektivno odvajaju i odnose čestice s površine tla, a te čestice obično sadržavaju visok sadržaj organskih tvari.

- Organsku tvar tla koriste mikroorganizmi kao izvor energije i hrane, nužne u njihovim životnim procesima. Određeni dio se u životnim procesima mikroorganizama inkorporira u njihovim organizmima, koji se nakon njihove smrti ponovo vraća u tlo, ali se veći dio ipak oslobađa kao ugljični dioksid i voda. Dio dušika se oslobađa u plinovitom obliku i vraća u atmosferu, dok se dio zadržava u tlu, kao i većina fosfora i sumpora.

- Kada se tlo obrađuje dekompozicija organske tvari je brža, zbog povećane aeracije (povećani sadržaj kisika), povećanog sadržaja vode i povećanja temperature. Zato vrijedi pravilo, što se tlo intenzivnije obrađuje, intenzivniji je i gubitak organske tvari tla. Najveća smanjenja sadržaja organske tvari tla dešavaju se nakon *gole sječe šume* i *preoravanja prirodnih travnjaka*. Brzina gubitaka organske tvari na ovakvim terenima ovisi o tipu tla i o ostalim agroklimatskim prilikama, ali je značajno to da se većina organske tvari "potroši" u prvih deset godina.

- Stupanj ili brzina dekompozicije je vrlo mala pri temperaturama oko 4°C, ali se vrlo brzo povećava s porastom temperature do otprilike 40°C i s porastom sadržaja vode i zraka. Dakle, gubici su veći pri aerobnoj dekompoziciji (uz prisustvo zraka), a manji pri anaerobnoj dekompoziciji (u izrazito mokrim tlima). Pristupačnost dušika također povećava dekompoziciju organske tvari tla.

#### **Što kontrolira količinu organske tvari u tlu**

Količina ili sadržaj organske tvari u tlu kontrolirana je balansom – omjerom između unosa biljnog i životinjskog materijala i gubitkom organske tvari dekompozicijom. I jedno i drugo, odnosno produkcija i gubitak organske tvari, strogo ovise i mogu se kontrolirati načinom gospodarenja tлом. Količina pristupačne vode za rast biljaka, primarni je faktor koji kontrolira produkciju biljnog materijala. Drugi po važnosti faktori su temperatura zraka i plodnost tla. Salinitet i toksicitet tla uzrokovan kemikalijama prvenstveno, također mogu limitirati produkciju biomase. Ostali faktori su intenzitet sunčevog osvjetljenja, sadržaj ugljičnog dioksida u atmosferi i relativna vlažnost.

Sadržaj ukupne biomase tla koja obogaćuje tlo organskom tvari, uvelike ovisi o životinjama i kukcima, paljenju organske tvari (dosta izražena negativna praksa kod nas), kao i upotreba organske tvari u druge svrhe (npr. za spaljivanje u toplanama ili masa za biogoriva).

#### **Primjeri smanjivanja sadržaja organske tvari tla:**

1. Smanjena produkcija biljnog materijala zbog:
  - zamjene uzgoja višegodišnjih kultura jednogodišnjim,
  - uzgoja u monokulturi umjesto u plodoredu,
  - primjene golog ugara,
2. Smanjenje opskrbe organskim materijalom:
  - paljenjem strništa, odnosno žetvenih ostataka,

- odnošenje uroda žetvom,

3. Povećane razgradnje organske tvari:

- obradom tla,
- provedbom drenaže tla,
- gnojidbom, a posebice povećanom količinom dušika,

**Primjeri povećanja sadržaja organske tvari tla:**

1. Povećana produkcija biljnog materijala zbog:

- navodnjavanja,
- gnojidbe u svrhu povećanja produkcije biljne biomase,
- uzgoja biljaka s povećanom biomasom,
- zadržavanja biljnih rezidua na površini,

2. povećanje opskrbe organskim materijalom:

- čuvanjem umjesto spaljivanjem žetvenih ostataka,
- korištenjem krme za ispašu umjesto žetve,
- zaštitom od insekata i glodavaca,
- primjenom stajnjaka ili drugih organskih gnojiva,

3. Smanjenje razgradnje organske tvari:

- primjenom reduciranih sustava obrade tla ili potpuno izostavljanje obrade tla,
- čuvanje vode tla malčiranjem površine,
- smanjivanje temperature tla malčiranjem.

Naravno, ovdje su navedene samo neke od negativnih i pozitivnih mjera, odnosno načina na koji možemo smanjiti ili povećati sadržaj organske tvari tla. Na svakom je poljoprivrednom proizvođaču da iznađe način za smanjenje negativnih učinaka na sadržaj organske tvari tla, ali istovremeno i da primjeni mjere njenog povećanja. Ovakvim pristupom, svako će gospodarstvo imati koristi, iako se pozitivan učinak ovih mjera često puta ne vidi odmah.

## Zbijenost tla – uzroci i posljedice

Suvremena konvencionalna poljoprivredna ratarska proizvodnja današnjice, ne može se zamisliti bez suvremenih traktora, priključnih strojeva i oruđa općenito. Kako postoji trend da poljoprivredna mehanizacija iz godine u godinu postaje sve teža i veća, samim tim postaje veća i opasnost od zbijanja tla. Zbijanje tla uglavnom je povezano s glavnim operacijama obrade tla, odnosno s primjenom teške mehanizacije, koja može uzrokovati slabije ili jače narušavanje povoljne strukture tla. Struktura tla je vrlo važna zbog toga što ona utječe na zadržavanje i prohodnost vode, zraka i hraniva, koji su nužni za pravilan rast i razvoj korijena. Zsigurno da zbijenost tla ima utjecaj na ekonomski status preko visine ostvarenih prinosa, ali u kojoj mjeri, teško je procijeniti obzirom na velika variranja tipa tla, plodoređa, ali i vremenskih prilika.

### Što je to zbijenost tla

Da bismo razumjeli zbijenost tla, prvo moramo razumjeti kako tlo "izgleda". Dakle, tlo je sastavljeno od organske tvari, minerala i pora tla. Povezivanjem organskih i mineralnih čestica tla nastaju strukturni agregati. Mineralna komponenta tla sastavljena je od različitih kombinacija mineralnih čestica tla; pijeska, praha i gline, koji zajedno čine teksturu tla. Ove se čestice (strukturni agregati tla), međusobno ne drže jakim silama, a okružene su porama, odnosno praznim prostorom, koji je popunjen zrakom u suhom tlu, vodom u saturiranom (mokrom) tlu i kombinacijom zraka i vode u vlažnom tlu. Do pojave zbijanja tla dolazi kada se čestice tla jako međusobno zbijaju, smanjujući prostor za zrak i vodu. Sadržaj vode tla je kritičan faktor koji određuje potencijal nekog tla za zbijanje, odnosno što je tlo suhlje slabije je podložno zbijanju i obratno.

### Zašto je zbijenost tla problem

Problem je prvenstveno u tome što biljkama, odnosno njihovom korijenju teško probiti zbijeni sloj u potrazi za vodom i hranivima u sušnim uvjetima. Nadalje, na takvim se tlima često kao problem javlja i saturacija tla vodom u prevlažnim uvjetima, što dakako, dovodi do slabijeg rasta i razvoja biljaka, a u krajnjem slučaju može dovesti i do ugibanja biljke. Zbijanje tla dovodi do smanjenja veličine pora i normalnog odnosa *zrak : voda*, a samim tim i do snižavanja temperature tla. Navedeno utječe na smanjenu brojnost i aktivnost mikroorganizama tla, što se, dakako, negativno odražava na dekompoziciju, a samim tim i na otpuštanje biljci pristupačnih hraniva. Nadalje, zbijenost smanjuje infiltraciju vode u tlo što dovodi do pojačanog površinskog otjecanja uzrokujući štete od vodene erozije, koja je naročito opasna na nagnutim terenima.

### Vrste zbijanja tla i mjere popravke

#### **Prirodno zbijanje tla**

Gotovo redovno, tla teškog mehaničkog sastava sadrže visok sadržaj gline u nekom od svojih horizonata i daleko su podložnija zbijanju nego tla lakšeg mehaničkog sastava s više pijeska i praha. Da bi se prirodno zbijeno tlo popravilo, trebalo bi primijeniti ogromne količine pijeska, ali su i takve mjere često puta upitne. Obrada tla kod ovakvih tala nudi samo kratkoročna rješenja, a kao najbolja strategija nudi se prevencija zbijanju tla.

#### **Površinsko zbijanje - pokorica**

Neka slabo agregirana tla su posebno osjetljiva na stvaranje pokorice, prvenstveno uzrokovane kišom, a naročito u godinama s izrazito velikom količinom kiše. Biljni ostaci na površini tla ili vegetacija, djeluju vrlo pozitivno na izbjegavanje stvaranja pokorice, dok je na "golom" tlu



onemogućeno normalno izbijanje klice na površinu tla, s tim da nije rijetkost da se zasijane površine na kojima se razvila jaka pokorica moraju "presijati".

#### **Zbijanje uslijed obrade tla**

Uporaba oruđa koja režu tlo, kao što je plug ili tanjurača, djeluje na zbijanje tla, a naročito ako se njima kontinuirano obrađuje u istom smjeru, a što je još važnije na istu dubinu. Ovakvo zbijanje tla obično nazivamo "taban obrade", odnosno "taban pluga" ili "taban tanjurače", ovisno o kojem se preferiranom oruđu radi, a zbijeni sloj može biti debeo i po nekoliko cm. Potencijal stvaranja "tabana obrade" daleko je veći na vlažnom nego na suhom tlu, a njegovim postojanjem reducira se efektivna dubina razvoja korijena do dubine obrade.

#### **Zbijanje kotačima**

Ovaj oblik zbijanja tla može se podijeliti na dva tipa – plitko i duboko zbijanje. *Plitko zbijanje* se definira kao bilo koje zbijanje u zoni obrade tla i ono je obično privremenog, odnosno sezonskog karaktera i popravljiva se uobičajenom obradom tla. *Duboko zbijanje* se definira kao zbijanje dubljih slojeva tla, odnosno ispod razine uobičajene obrade tla. Ono je uzrokovano primjenom teških strojeva i oruđa, odnosno maksimalnim osovinskim opterećenjima. Zbijanje tla na većim dubinama je vrlo teško eliminirati a može i trajno promijeniti strukturu tla, zbog čega je za ovaj tip zbijanja izrazito važna prevencija.

#### **Simptomi i utvrđivanje zbijenosti tla**

Zbijeno tlo ima puno simptoma, a znakovi zbijenosti mogu uključivati:

- vidljive tragove kotača u usjevu;
- deformirano korijenje (najčešće raste i razvija se horizontalno umjesto vertikalno);
- zadržavanje vode na površini tla ili izrazita vodena erozija;
- povećana potrošnja energenata pri obradi tla (potrebno više snage);
- usporen rast biljaka (zbog vode i/ili hraniva);
- smanjenje prinosa.

Ako se sumnja na postojanje zbijenog sloja tla, ono se vrlo lako može provjeriti jednostavnim kopanjem štijačom, ali samo do dubine obrade tla (taban obrade). Utvrđivanje zbijenosti tla na većim dubinama, nastalim uslijed prohoda kotačima, često puta predstavlja ozbiljan problem. Pored navedenog, za utvrđivanje zbijenosti tla može se koristiti i konusni penetrometar, koji može biti mehanički ili elektronski. Upravo se elektronski konusni penetrometar već duži niz godina primjenjuje na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku, u istraživanjima zbijenosti na različitim sustavima obrade tla. Uporaba navedenog instrumenta je u svojoj primjeni vrlo jednostavna, a rezultati mjerenja vidljivi su gotovo istog trenutka. Da bi rezultati mjerenja bili pouzdani i vjerodostojni, odnosno da se ne bi donijeli krivi zaključci, uz mjerenje otpora tla obavezno se mora mjeriti i vlažnost tla.

#### **Prevencija zbijanja tla**

Najbolji lijek za zbijenost tla je njegovo izbjegavanje. Potpuno izbjegavanje zbijanja tla je možda nemoguće, ali je moguće to zbijanje svesti na što je moguće manju mjeru. Kao jedna od najvažnijih mjera za smanjenje zbijanja tla je izbjegavanje obrade tla dok je ono prevlažno. Kao potkrepa navedenog, sjetimo se samo koliko često i koliko loše izgledaju površine tla nakon vađenja šećerne repe, jer se vađenje, manipulacija i transport š. repe vrlo često odvija na prevlažnom tlu, po kojem još nekontrolirano prometuje veliki broj strojeva ali i kamiona. Izbor oruđa obrade tla predstavlja vrlo

bitnu stavku u prevenciji zbijanja, obzirom da plug i tanjurača dovode do stvaranja "tabana obrade", posebice ako se duži niz godina obrađuje na istu dubinu. Oranjem se također u tlo inkorporira previše žetvenih ostataka što negativno djeluje na niz drugih procesa i pojava u tlu (erozija, biota tla...). Kako bi se što više smanjilo tlačenje po jedinici površine tla, trebalo bi odabirati šire pneumatike, kao i udvojene kotače, ali i smanjiti osovinski pritisak. U prevenciji zbijanja tla vrlo važnu ulogu ima i odabir pravilnog sustava obrade tla, odnosno primjena reducirane obrade tla. Teoretski gledano, najmanje zbijanje tla biti će na tlu na kojem se najmanje prometuje, a to bi u ovom slučaju bio sustav direktne sjetve, odnosno izostavljena obrada tla.

### **Popravljanje zbijenih tala**

Plitku zbijenost tla uzrokovanu prirodnim procesima ili poljskim operacijama (obrada, transport...), obično se može ublažiti rahljenjem *chisel* oruđima na manjim dubinama. Međutim, popravljanje zbijenih slojeva na većim dubinama obično pripada u teže zahvate, i gotovo redovno kao mjeru popravka uključuje *podrivanje*. Primjena podrivanja preporuča se samo u slučajevima kada su prinosi limitirani postojanjem zbijenog sloja na većim dubinama. Pozitivan učinak provedenog podrivanja je reverzibilan proces, a koliko će on potrajati do "povratka na staro", ovisi o mnogočemu, a prvenstveno o kontroli prometovanja po tlu, primjeni konzervacijske – reducirane obrade tla, plodoredu, itd. Učinci podrivanja i rahljenja nisu dugog vijeka, skupi su i zahtijevaju dosta uloženog vremena i truda, stoga ove mjere popravka, a posebice podrivanje, treba provoditi samo prema potrebi.

### **Zaključno razmatranje**

Zbijenost tla umanjuje njegovu proizvodnu sposobnost (infiltracija i zadržavanje vode, slabija raspoloživost hraniva, slabije ukorjenjivanje, itd.), nekada i do granice ekonomske neisplativosti. Najbolji "lijek" za zbijenost tla, je njegovo izbjegavanje, jer je jednom zbijeno tlo teško korigirati. Pliće zbijene slojeve tla vrlo je jednostavno utvrditi, ili kopanjem ili konusnim penetrometrom. Treba zapamtiti da je, ako je to ikako moguće, potrebno izbjegavati prometovanje i obradu po prevlažnom tlu, treba reducirati broj prohoda strojevima i oruđima pri obradi tla, treba varirati dubinu obrade tla svake godine.

## Žetva pšenice i ječma – što sa žetvenim ostacima

Nakon žetve strnih žitarica (ozima pšenica, ječam, raž, zob) na polju ostaje slama odnosno žetveni ostaci. Vrijednost i upotrebljivost žetvenih ostataka je vrlo velika, a način njenog iskorištavanja ovisi o mnogim faktorima, kao i aspiracijama samih poljoprivrednih proizvođača. No, ovdje ćemo govoriti o žetvenim ostacima samo s agronomskog aspekta.

Kao prvo, treba reći da se u praksi obično računa odnos zrna i slame 1:1, odnosno, ako smo poželi 6 t/ha zrna pšenice, možemo računati da je na površini tla ostala ista tolika masa slame (6 t/ha). Vrijednost žetvenih ostataka, pored visokog sadržaja organskih tvari, ogleda se i u visokom sadržaju mineralnih (biogenih) tvari. Različite strne žitarice sadržavaju i različitu količinu tih tvari, a vrijednosti se za dušik, fosfor i kalij najčešće kreću od 0,2-0,8% N, 0,09-0,2% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 0,4-1,7% K<sub>2</sub>O.

Općenito, značaj organske tvari u tlu ogleda se u nekoliko slijedećih činjenica:

- 1) Izvor biljnih hraniva
- 2) Osnovni činitelj strukture tla,
  - stabilnost agregata tla,
  - faktor kultivacije tla,
  - potpomaže kretanje vode i zraka u tlu,
  - retencija (zadržavanje) vode,
  - sprječava eroziju
  - „amortizira“ nepovoljne utjecaje u tlu (hraniva, pesticidi itd.)
  - sprječavanje ispiranje hraniva
  - daje boju tlu (zagrijavanje)

S aspekta konvencionalne obrade tla, dobra poljoprivredna praksa podrazumijeva i pravilnu manipulaciju žetvenim ostacima. U samom planiranju žetve treba voditi računa o načinju iskorištavanja žetvenih ostataka nakon provedbe žetve. Npr., ako ćemo slamu koristiti za baliranje, dakle odnošenje s tla, žetvu treba obaviti kombajnom koji će slamu ostavljati na primjeren način, kako bi se laše balirala i kako ne bi bilo suvišnih prohoda strojevima po površini tla. Ako planiramo obaviti inkorporaciju žetvenih ostataka u tlo, kombajn mora imati sječkalice za usitnjavanje i ravnomjerno raspoređivanje slame po površini.

Dakle, ako smo se odlučili nakon žetve strnih žitarica obaviti *prašenje strništa*, odnosno plitku inkorporaciju žetvenih ostataka u tlo, treba voditi računa da se ono obavi na pravilan način. Obradivanje strništa je prva operacija u pripremi oranice za slijedeći usjev, i od njenog pravilnog izvođenja zavisi uspjeh ostalih agrotehničkih mjera. Budući da prašenje strništa pripada zahvatima plitke obrade tla, ono se najčešće obavlja do dubine od 10-15 cm. Oruđe kojim se prašenje najčešće izvodi je lemešni plug, ali se ono može obavljati i diskosnim plugom, ali i tanjuračom. Sto se vremena obrade strništa tiče, treba naglasiti kao je prašenje strništa najbolje obavi neposredno nakon žetve strnih žitarica, a po mogućnosti odmah. Ostavljanjem nezaoranog strništa gubi se vlaga, a to za posledicu može imati povećani vučni otpor, a samim tim i više utrošenog goriva. Brojni su pozitivni razlozi zbog čega prašenje strništa treba provoditi kao redovnu agrotehničku mjeru. Ono utječe na očuvanje vlage tla, borbu protiv korova, a žetveni ostaci se podvrgavaju mineralizaciji. Tlo je nakon žetve, u većem broju slučajeva, dosta zbijeno i prosušeno u površinskom horizontu, dok su dublji slojevi vlažniji. Zaoravanjem strništa i inkorporiranjem žetvenih ostataka, sačuvat će se najveći dio te

dubinske vlage u tla. Zašto je to važno?! Zaoravanjem strništa prekida se kapilaritet tla, odnosno kapilarni uspon i gubitak vode isparavanjem, stvaranjem površinskog rastresitog sloja tla, koji služi kao izolacija. Sačuvana vlaga tla, kao i „novopridošla“ količina kišenjem, omogućit će povoljne uvjete za klijanje korova i nicanje korova (tzv. „provociranje korova“). Ti se korovi vrlo lako mogu uništiti ljetnom obradom tla. Ovo „provociranje korova“ je vrlo važno jer se na vrlo jednostavan način možemo riješiti velikog broja sjemena korova. Također, i mikroorganizmi bolje obavljaju mineralizaciju i razlaganje žetvenih ostataka u prisustvu vlage.

Naša pozitivna poljoprivredna praksa pokazuje, nemali broj puta i svoje drugo lice, odnosno, umjesto zaoravanja žetvenih ostataka oni se pale. Paljenje strništa ne smije biti uobičajena praksa, jer se time nepovratno gube organske tvari (dušik i dio sumpora), dok P, K, Ca, Mg, Fe i drugi mikro elementi ostaju u tlu u vidu pepela. Izuzetak kada se žetveni ostaci mogu i trebaju paliti jesu jako zakorovljene površine i jaki razvoj bolesti. Mjera paljenja žetvenih ostataka negativno djeluje i na degradaciju mikro- i makrofaune tla, što može izrazito negativno utjecati na prirodni biodiverzitet.

Postoji nekoliko razloga za odstupanje od pravila primjene prašenja strništa, a jedan od njih i rješavanje problematike zaraze tla rizomnim korovima (pirika, sirak), a za taj zahvat upravo je idealno vrijeme nakon žetve strnih žitarica. Ova mjera se provodi vrlo jednostavno, odnosno, nakon žetve žitarica, na površini tla, odnosno strništu, se ništa ne radi, već se čeka da se razviju korovi skoro do fenofaze formiranja cvati (sirak visine cca 30- 40 cm). Tada se pristupa tretiranju površine tla na mjestima zaraze ili cjelokupne površine (ovisno o zarazi), totalnim herbicidima na bazi glifosata. Nakon potpunog sušenja korova (2-3 tjedna nakon tretiranja), može se provesti ljetno oranje tla.

Problematika vezana uz zaoravanje žetvenih ostataka ogleda se u povećani C:N odnos (odnos ugljika i dušika), koji može iznositi 50-150:1. Zato se uz zaoravanje žetvenih ostataka redovno, treba primijeniti i određena količina dušičnih gnojiva, kako bi se taj odnos smanjio i ubrzala mineralizacija. Uz preveliki C:N odnos mikroorganizmi privremeno vežu dušik zbog razgradnje, ali on poslije ponovo postane dostupan. Nedostatak dušika naziva se „dušična depresija“, a jednostavno se može izbjeći uz dodavanje, ako se radi o strnim žitaricama, prosječno 8 kg čistog dušika na 1 t mase žetvenih ostataka.

Pri konzervacijskoj obradi tla (naročito No-tillage), problematika manipulacije žetvenim ostacima nešto se razlikuje u usporedbi s konvencionalnom obradom tla. Osnovna razlika je u tome što se ne provodi inkorporacija žetvenih ostataka u tlo, već se oni ostavljaju na površini tla. Pri No-tillage sustavu uzgoja biljaka nema nikakve obrade tla, već se obavlja samo sjetva kultura, direktno u žetvene ostatke. U današnje vrijeme sve se češće čuje i o korištenju žetvenih ostataka kao sirovini za spaljivanje i dobivanje energije. Ovo je apsolutno neispravan stav s aspekta agronomske struke. Navedeno bi vremenom dovelo do izuzetnog osiromašenja tla i izrazito smanjene proizvodne sposobnosti i mnogih drugih negativnih učinaka. Naša tla su, prvenstveno zbog primjene neodgovarajuće agrotehnike, odnosno sustava uzgoja biljaka, doveli do drastičnog smanjenja humusa, iscrpljivanja tla s aspekta mineralne ishrane, općenito do narušavanja fizikalno-kemijsko-biološkog kompleksa tla. Ovo nepovoljno stanje će se i dalje pojačavati, a taj će se proces naročito ubrzati ako budemo palili žetvene ostatke kako bismo dobili „lijepe i čiste“ oranice, radi lakšeg oranja. Zato, svakog ljeta imamo mogućnost dobro razmisliti o tome što i kako sa žetvenim ostacima.

## Povijesni razvoj i perspektive obrade tla

Obrada tla jedan je od glavnih agrotehničkih aspekata uzgoja poljoprivrednih biljnih vrsta – tako je bilo od prvih ljudskih početaka uzgoja biljaka – tako je u današnje vrijeme – a tako će najvjerojatnije biti i u budućnosti.

Promatrajući s današnjeg aspekta, svaka poljoprivredna proizvodnja za svoj krajnji cilj ima ostvarivanje poljoprivrednog prinosa, odnosno poljoprivrednih produkata (kao što su npr. hrana, vlakno, bio gorivo, lijekovi, napitci itd.), a uspješnog svakog poljoprivrednog sustava ovisi o velikom broju "ulaznih parametara". Ovi ulazni parametri, iako ih je veliki broj, mogu se svesti na nekoliko osnovnih, među kojima su: biljka, tlo, obrada, gnojidba, klima, znanje, organizmi i ostalo, a koji zajedničkim "snagama" pridonose ostvarenju glavnog cilja - stvaranje poljoprivrednog prinosa.

Scenarij razvoja poljoprivredne proizvodnje kroz povijest na globalnoj svjetskoj razini, uvelike je ovisio, i još uvijek ovisi, o nebrojeno puno situacija i mogućnosti, povijesnih konotacija, novih otkrića, vjerskih uvjerenja, tehničkih postignuća, klimatskih datosti i drugih prirodnih i društvenih "događanja". Poljoprivredna proizvodnja igra glavnu ulogu u razvoju ljudske civilizacije, a sve do industrijske revolucije (kraj 18. i početak 19 stoljeća), najveći dio ljudske populacije bio je zaposlen u poljoprivredi. Razvoj poljoprivrednih tehnika doveo je do razvoja poljoprivredne proizvodnje, a širenje tih novih tehnika i saznanja, često se naziva i *poljoprivredna revolucija*. Veliki napredak poljoprivredne proizvodnje u prošlom stoljeću, duguje se razvoju novih tehnologija.

Kao što je rečeno, u ostvarivanju poljoprivrednog prinosa (hrane), kao jedna od glavnih, najbitnijih stavki je i obrada tla. Obrada tla se može definirati na različite načine, ovisno s kojeg se aspekta promatra, ali u suštini i tradicionalno gledano, ona predstavlja *svaki mehanički zahvat u pedosferu (tlo)*, s ciljem i zadaćom:

- stvaranja antropogenog (kulturnog) sloja tla,
- stvaranja povoljnih vodozračnih odnosa,
- uništavanja biljnog pokrivača,
- unošenja gnojiva u tlo,
- korigiranja klime (akumulacija, konzervacija, odvodnja),
- popravljanja fizikalnog, kemijskog i biološkog kompleksa tla.

Pod *obradivim tlom*, danas se najčešće podrazumijeva površina koju čovjek sistematski i kontinuirano koristi za biljnu proizvodnju, što ne mora nužno uključivati i obradu tla, dok se pod *oranicom* smatra obradiva površina koja se svake godine redovito obrađuje, u pravilu ore. Pod oranicom se također smatraju i one obradive površine, čija obrada ne uključuje nužno zahvat oranja, već i neke druge zahvate (umjesto oranja), kao što su npr. rahljenje, tanjuranje, uporaba čizla, direktna sjetva itd.

Obrada tla, gotovo svakodnevno, od svojih najranijih početaka, pa sve do današnjih dana, prolazi svojevrsne faze razvoja, bile one revolucionarne ili evolucijske. Svaki je sustav obrade tla u svojoj povijesnoj datosti predstavljao izvjesni konvencionalni pristup i u tom trenutku predstavljao njen najrazvijeniji oblik. Međutim, s današnjeg aspekta, većina tih pristupa je arhaična (zastarjela), a vidjet ćemo i da razvoj sustava obrade tla nije uvijek išao uzlaznom putanjom. Treba znati, da razvoj

spoznaja iz poljoprivrednih znanosti (a s njom i obrade tla kao njenog neizostavnog dijela), nikada nije i ne može biti jednostran, već je on međusobno uvjetovan i ovisan o razvoju drugih znanosti i spoznaja koje iz njih proizlaze (npr. razvoj mehanizacije, kemijska industrija, oplemenjivanje i sl.). Povijest općenito, pa tako i povijesni razvoj poljoprivrede, a s njom i obrada tla, nerijetko se karakteriziraju kao "nešto što je bilo i prošlo i više se neće ponoviti". Naravno, ovo je velika zabluda, jer upravo iz poznavanja povijesnih činjenica možemo puno toga razumjeti, naučiti i kao novu oplemenjenu kvalitetu primijeniti. Ovakav je pristup jednostavno neizbježan, jedini ispravan, a djelovanje po takvim pravilima naziva se *napredak*.

### **Obrada tla – od štapa do pluga**

Počeci poljoprivredne proizvodnje kakvu danas poznajemo, nisu oduvijek bili takvi, zato krenimo od samih početaka, odnosno vratimo se u sam osvit razvoja ljudske civilizacije i trenutka Čovjekove svjesne namjere stavljanja sjemenke u tlo s jednim glavnim i osnovnim ciljem, dobivanja nove uzgojene biljke, isključivo za potrebe njegove prehrane.

Suvremeni pristup obradi tla, ali i agrikulturi općenito, temelji se više tisuća godina iskustva, a sami počeci obrade tla predstavljaju početke stvaranja antropogenog tla. Pretpostavke datiranja prvih početaka obrade tla su različite, što je i razumljivo, jer se zasnivanju na vrlo malo materijalnih, a još manje pisanih dokaza. Ovi su dokazi obično pokoji čup sa sjemenjem, ručna alatka, crtež na zidu pećine i sl. No, i pored toga, većina stručnjaka se slaže da postoje tri glavna perioda u razvoju obrade tla, koja su različito datirana, ovisno o geografskoj regiji iz koje potječu materijalni dokazi. Tako se prvi počeci obrade datiraju prije 13 000 godina za područje današnje Sirije, 10 000 godina za područje koje su naseljavali Indijanci Inke, Maye i Azteci, te 7 000 godina za područje Egipta i Mezopotamije.

Neovisno o kojim se dijelovima svijeta radi, obrada tla je kroz svoju povijest prošla ili prolazi slijedeće glavne razvojne etape, a to su: RUČNA – SPREŽNA – STROJNA obrada tla.

#### *Ručna obrada tla*

Prva razvojna etapa obrade tla trajala je sve do domestikacije domaćih životinja (pripitomljavanje divljih životinja), odnosno do mezolitika. U ovoj etapi su se kao oruđe koristili: drveni štap, drvena kuka, motika, budak, pijuk, lopata i sl. Međutim, ovakav stupanj obrade tla, nazvan "motičarenje", još uvijek je prisutan kao dominantan u nekim dijelovima svijeta i označava vrlo ekstenzivnu poljoprivredu. Ovdje se pod "motičarenjem" ne misli na obradu tla okućnica ili na neku od korekcijskih obrada tla (npr. okopavanje biljaka, prorjeđivanje biljaka i sl.). U ovom su razdoblju još uvijek prisutni selilački tipovi gospodarenja, a poznati su: *preložni* i *zaležajni* sustav. Preložni sustav gospodarenja podrazumijevao je paljenje nekog šumskog ili prašumskog područja i njegovo iskorištavanje do iscrpljivanja, nakon čega je slijedilo napuštanje tog područja i ponavljanje postupka na nekom drugom području. Za razliku od prethodnog, zaležajni je sustav gospodarenja podrazumijevao iste etape u gospodarenju nekim područjem, ali je razlika bila u tome što su se tadašnji poljoprivrednici vraćali na istu površinu nakon više desetljeća obnove prirodne vegetacije. Slični se postupci i danas primjenjuju u nekim dijelovima svijeta.

#### *Sprežna obrada tla*

Nakon etape ručne, uslijedila je razvijenija i naprednija etapa sprežne obrade tla, za čiji se početak uzima vrijeme nakon domestikacije domaćih životinja, odnosno era neolitika. U ovoj su se razvojnoj

etapi koristila slijedeća oruđa za obradu tla: kuka (drvena), ralica (drvo, kamen, metal), plug (drvo, metal). U odnosu na prethodnu, u ovoj su se etapi dogodili veliki pomaci u pristupu obradi tla, a što je omogućeno prvenstveno zbog korištenja domaćih životinja kao ispomoć (a ne samo hrana) čovjeku, ali i revolucionarnim otkrićem obradom i korištenjem metala. Kao što je slučaj s ručnom obradom tla, tako se i sprežna obrada tla danas još uvijek primjenjuje u područjima ekstenzivne poljoprivredne proizvodnje, kao osnovni model obrade tla u nerazvijenim dijelovima svijeta, a ponajviše u Aziji i Africi. Razvoj sprege kroz povijest ovisio je nizu parametara, a ponajviše o dijelu svijeta, što je određivalo vrstu zaprege, ali i o vrsti oruđa za obradu, kao i dubini obavljanja obrade tla. Kao prva zaprega korišten je Čovjek, iza čega su korišteni govedo, deva, ljama, magarac, mazga, mula, konj, ali i druge udomaćene životinje.

Razvojem sprege, dakle, došlo je i do razvoja sve kvalitetnijih oruđa za sprežnu obradu, kojima se tlo moglo obrađivati kvalitetnije, a dubina obrade je postajala sve veća. Dakle, od "pluga" u obliku drvene kuke povijene prema naprijed, kojim se miješalo tlo, s dodatkom manjih grana drveća za ravnanje površine, pa sve do metalnog pluga, kojim se tlo moglo kvalitetno i dovoljno duboko obraditi.

Razvojem sprežne obrade tla nastali su i pojmovi jedinica obradivih površina, koje su imenovane prema površini koju je jedna zaprega, u određenim uvjetima, mogla obraditi za jedan dan, odnosno od jutra do noći. Tako se kod nas razvila jedinica *1 jutro*, u Mađarskoj *1 hold*, u Njemačkoj *1 morgen*, u anglosaksonskim zemljama *1 acre*, itd. Ovakvo određivanje veličine ili "mjerenje" površine je dosta neprecizno, pa i ne čude velike razlike između navedenih kategorija, ali i unutar iste kategorije.

#### *Strojna obrada tla*

Do razvoja i primjene strojne obrade tla, došlo je nakon otkrića parnog stroja u 18. stoljeću. Pronalaskom i primjenom stroja u poljoprivredi otvorena je nova – suvremena epoha u procesu uzgoja biljaka, koja traje još i danas. Dakle, prvi stroj u poljoprivredi je bio parni stroj, koji je, s današnjeg gledišta primjene strojeva u poljoprivredi, bio vrlo male i nerentabilne učinkovitosti. Međutim, u ono je vrijeme takav stroj predstavljao pravu revoluciju i ogroman napredak. Pravi procvat stroja u poljoprivredi dogodio se tek nakon otkrića motora s unutarnjim izgaranjem (SUI motori), koji više nisu koristili ugljen ili drva kao pogonsko gorivo za parni stroj, već derivate nafte. Daljnji razvoj strojeva u poljoprivredi išao je u smjeru primjene električnog motora, ali (barem za sada), još uvijek kao "pripomoć" SUI motorima (npr. primjena elektromotora za stvaranje vibracija kod dubinskih rahljača tla, svjetla na strojevima i sl.).

Prvo oranje u Europi metalnim plugom, koji je bio vučen parnim strojem, dogodilo se ne tako davne 1846. godine. Prva primjena parnog stroja u svrhu oranja, u Hrvatskoj je obavljena na "Belju" 1870. godine (kašnjenje za Europom "svega" 24 godine), dok je zadnje "parno" oranje bilo 1958. godine. Prva oranja parnim strojem, obavljana su na taj način da su dva parna stroja bila postavljena na suprotnim stranama na parceli, a plug je bio smješten između njih i povezan sajlom. Plug je pomoću sajle, koja se namatala, bio vučen od strane jednog stroja, sve do kraja parcele, a zatim je vučnu ulogu preuzimao drugi plug na drugoj strani parcele. Sam plug je opsluživao najmanje jedan radnik, koji je stajao na njemu i vodio računa da plug prati liniju oranja. Ovakav je plug predstavljao izvjesnu preteču današnjih plugova premetnjaka, jer su brazdu mogli okretati u lijevu i desnu stranu, s pluznim

tijelima na dvije osovine. Ovakav princip oranja imao je izvjesne prednosti pred današnjim oranjem, jer nije bilo gaženja površine tla strojevima, a i gotovo da i nije bilo stvaranja tabana pluga.

"Beljsko" je gospodarstvo, na hrvatskim prostorima (ali i šire), oduvijek bilo pionir u prihvaćanju naprednih tehnika i tehnologija uzgoja biljaka. Prvo oranje traktorima na "Belju" bilo je 1927. godine, a zanimljivo je da je istovremena primjena oranja parnim strojem i oranja traktorima, potrajala čak 31 godinu, a izvjestan broj godina (tridesetak), na "Belju" istovremeno je primjenjivana volovska zaprega, konjska zaprega, parni stroj ali i traktori.

Nakon otkrića i primjene prvog stroja u obradi tla, daljnji razvoj strojeva predstavljao je izvjesnu "rutinu", pa su tako, gotovo svakodnevno, uvedene inovacije, stvarani novi strojevi i oruđa. Svaki novi izum, stroj ili oruđe, gotovo redovno su išli u pravcu povećanja zahvata obrade, učinkovitosti, produbljivanja obradivog sloja tla, kvalitetnije pripreme tla za sjetvu, pretvaranja nepoljoprivrednih tala u poljoprivredne i sl.

### **Kratka kronologija evolucije pluga**

Iz do sada rečenog, jasno se vidljivo da niti u jednom razdoblju čovjekov razvoj nije bio toliko brz, inventivan i progresivan, kao što je to bilo od trenutka otkrića stroja. Međutim ono što je uistinu promijenilo, intenziviralo i unijelo pravu revoluciju u obradi tla (i općenito u uzgoju biljaka), prema mnogim autorima, bilo je otkriće klasičnog lemešnog pluga. Ovo je otkriće označeno kao početak ere intenzivne duboke obrade tla. Od samih početaka, pa sve do današnjih dana, plug je "pretrpio" velike promjene, a ove se promjene, u smislu poboljšanja i inovacijskih promjena, događaju i danas.

### **Suvremena načela proizvodnje biljaka**

Najvećim dijelom i u razvijenijim dijelovima svijeta, kao glavni imperativ suvremene biljne proizvodnje postavlja se dubina osnovne obrade tla. Prema ovom načelu, osnovni kriteriji koji se moraju ispuniti da bi biljna proizvodnja bila suvremena su:

MAKSIMALIZACIJA – SPECIJALIZACIJA – EFIKASNOST – UČINKOVITOST

Ovakav pristup "proizvodnji biljaka", a ne "uzgoju biljaka", doveo je do mnogih problema u poljoprivredi, o čemu će biti više riječi kasnije. Već je prethodno bilo rečeno da je razvoj poljoprivrede, pa tako i obrade tla, oduvijek bio usko vezan i ovisan o razvoju poljoprivredne tehnike (ali i drugih znanja i tehnika), pa je dugo vremena osnovni "dokaz" učinkovitosti poljoprivrede, između ostaloga, bila i dubina obrade tla. Iz ovoga proizlazi zaključak: što je obrada tla dublja, intenzivnija i frekventnija, to je obrada tla suvremenija. Na svu sreću, danas to više nije tako ili barem ne bi trebalo tako biti. Zbog ovakve intenzifikacije obrade tla (i drugih mjera), došlo je praktički do podjele poljoprivrednog proizvodnog sustava na *ruralni* i *industrijski*, ili jednostavnije rečeno na siromašni i bogati. Dakako, veliku ulogu u pristupu obradi tla ima, pored razvijenosti nekog društva i specifičnost podneblja, odnosno specifičnost klimatskih prilika neke regije. Primjerice, plug koji se vrlo brzo proširio po cijelom Starom svijetu, u Africi se nije pojavio sve do devetnaestog stoljeća. Koncept biljne proizvodnje prema načelima maksimalizacije i specijalizacije, u ruralnim i siromašnim krajevima nije održiv.

### **Osnovno o obradi tla**

Intenzitet obrade tla često se opisuje preko dubine i volumena obrađenog tla, a u našim agroekološkim uvjetima uvriježena je slijedeća podjela:



1. **Vrlo plitka (do 10 cm):** priprema sjetvenog sloja, razbijanje pokorice, omogućen prodor vode i zraka, disanje, grijanje tla,
2. **Plitka (do 20 cm):** isto kao pod 1, dodatno za unošenje žetvenih ostataka, gnojiva za sjetvu ili sadnju nekih kultura (npr. krumpir),
3. **Srednje duboka (od 20-40 cm):** za sjetvu, sadnju, unošenje gnojiva, za korekturu klime (ekonomija vlagom) i produbljenje mekote,
4. **Duboka obrada (do 100 cm):** melioracija tla, korektura klime, za tla nepovoljne uslojenosti, za neke kulture (drvenaste),
5. **Vrlo duboka (više od 100 cm):** isto kao 4, ali samo sa meliorativnim značenjem, -promjena mehaničkog sastava oraničkog sloja ili horizonta u solumu – rigoleri, dubinski rahljači, beskonačne pužnice za izbacivanje pijeska iz dubine (polderi).

Dubina osnovne obrade tla ovisi o nisu faktora, a uglavnom ju treba uskladiti s ekološkim uvjetima sredine, prilagoditi razini i intenzitetu proizvodnje i mora biti ekonomski opravdana. Primjerice, jača gnojidba tla omogućuje dublju obradu tla, dublja obrada se prakticira u humidnijim ekološkim uvjetima, a u Europi humidnost raste od juga prema sjeveru, pa se prema tome, ovisno o geografskom položaju, razlikuje dubina osnovne obrade tla: Italija 45 cm, Hrvatska i Mađarska 30-35 cm, Austrija 30 cm, Njemačka 25 cm, Norveška 20 cm itd. Bitno je znati da **nema jedinstvene optimalne dubine osnovne obrade tla**.

Kao što je rečeno, dubina osnovne obrade tla ovisi o nisu činitelja, koji se sumarno mogu prikazati na slijedeći način:

- apsolutna dubina tla (dubina do matičnog supstrata),
- stanje podzemnih voda (ocjeditost, zasićenost, godišnje fluktuacije i dr.),
- teksturna građa i uslojenost (stratifikacija),
- reljef (npr. nadmorska visina, nagnutost terena),
- klima (npr. aridnost, humidnost i prijelazna stanja),
- izvor energije (npr. energetska opskrbljenost za intenzivnu i ruralnu poljoprivredu),
- sredstva za obradu (raspoloživost mehanizacije, strojeva i oruđa općenito),
- zahtjev kultura (npr. dubina korijena, namjena uzgoja),
- agrotehnička namjena (meliorativne odlike, privođenje tla kulturi i sl.),
- ekonomska moć gospodarstva (visina očekivanog prinosa, razina gnojidbe i sl.).

Prema prethodno navedenim kriterijima, kod nas su se razvila dva osnovna sustava obrade tla za ratarske kulture:

1. **Sustav obrade tla za ozimine:** prašenje strništa, plitko ljetno oranje, duboko jesensko oranje (ili oranje za sjetvu), predsjetvena priprema, sjetva,
2. **Sustav obrade tla za jarine:** prašenje strništa, plitko ljetno oranje, duboko jesensko oranje, zatvaranje zimske brazde, predsjetvena priprema, sjetva.

#### **Promjena pristupa obradi tla – suvremene tendencije**

Pristup obradi tla mijenjao se kontinuirano kroz cijelu povijest poljodjelstva, i uvijek je bio ovisan o razno-raznim prilikama i uvjetima koji su okruživali Čovjeka u njegovim pojedinim razvojnim etapama. Dubina obrade tla, kao i broj zahvata obrade tla po površini, kroz povijest su se kontinuirano mijenjali, i to gotovo redovno s tendencijom povećanja dubine i intenziteta obrade tla. Međutim, trend povećanja dubine i broja zahvata obrade tla po površini, zaustavlja se početkom 20.

stoljeća. Obrada tla od tada postaje "dvosmjerna", odnosno dobiva izmijenjenu i drugačiju ulogu nego ju je imala tijekom cijele povijesti poljodjelstva. U osnovi, nova je koncepcija dovela do:

- **stagnacije povećanja zahvata dubine obrade tla**, i do
- **smanjenja dubine i broja zahvata pri obradi tla.**

*Koji su tome razlozi?*

Postoji više razloga za mijenjanje (ili korekciju) koncepcije obrade tla, a ovdje su navedeni samo glavni razlozi.

Osnovni razlozi smanjenju dubine obrade tla i broju zahvata pri obradi proizlaze iz negativnih učinaka obrade, a koji su često prikriveni rastućim tehnološkim razvojem u poljodjelstvu, npr:

- kvarenje strukture tla,
- mehanička disperzija zbijanjem tla u vlažnom stanju,
- erozija vodom i vjetrom,
- stvaranje tabana obrade (bolest "tabana pluga" i "tabana tanjurače"),
- stvaranje diskontinuiteta u tlu (dubinska zbijanja)- nepropusni slojevi (barijere za prodor korijena, zraka, vode, topline),
- pogoršanje hidrauličkih svojstava tla – retencija vode, hidraulička vodljivost (vodopropusnost), infiltracija, uskladištenje vode (kapacitet za vodu),
- promjene u volumnoj gustoći – poroznost i distribucija pora,
- intenziviranje nehomogenosti tla (pukotine, kanalići, velike šupljine),
- veće amplitude temperatura kod obrađivanog tla,
- reduciranje biokomponente tla.

Pored prethodno navedenog, nakon drugog svjetskog rata, na Zapadu (najvećim dijelom SAD, ali i razvijena Europa), izvršen je jači pritisak na pojednostavljenje obrade tla, prvenstveno iz ekonomskih, ali i ekoloških razloga. Prema mnogim istraživanjima i gledano s ekonomskog aspekta, 38-42% troškova ukupne biljne proizvodnje otpada na obradu tla, a od ovih troškova 70-80% otpada samo na oranje. Također, od ukupne energije koja se utroši na biljnu proizvodnju, čak 1/3 energije se troši na obradu tla. Ekonomski je aspekt obrade tla tada postao generator promjena u pristupu obradi tla, jer je razvidno da je ekonomski aspekt obrade tla u biljnoj proizvodnji vrlo značajna stavka. Tako je uostalom i u današnje vrijeme, kada svaka "ozbiljna" država subvencionira poljoprivrednu proizvodnju.

Ideja o mijenjanju pristupa u biljnoj proizvodnji postala je perspektivna, odnosno mogla je uspješno zaživjeti iz jednog vrlo bitnog razloga, a to je razvoj kemijske industrije nakon drugog svjetskog rata. Razvoj kemijske industrije doveo je i do razvoja njene primjene u poljodjelstvu, odnosno do razvoja efikasnih herbicida (pesticida općenito) i mineralnih gnojiva. Zbog toga je Obrada tla ili točnije rečeno oranje tla, izgubilo svoju prvotnu i osnovnu ulogu, odnosno oranje radi uništavanja i reguliranja korova, bolesti i štetnika, kao i oranja radi inkorporacije (unošenja) organskih gnojiva.

### **Razvoj reducirane obrade tla**

Reducirana obrada tla predstavlja u odnosu na klasičnu obradu tla, pojednostavljenu, financijski isplativiju, ekološki prihvatljiviju obradu tla, odnosno obradu sa smanjenim brojem radnih operacija i dubine obrade, ovisno o zemljišnim, klimatskim i gospodarskim uvjetima. Sam početak reducirane obrade tla, rečeno je datira s kraja 19. i početka 20. stoljeća, a ovisno o idejama koje su bile nit-

vodilja, vremenom su se razvile i različite koncepcije, odnosno pristupi reduciranoj obradi tla. Razvojni put reducirane obrade tla imao je svoje uspone i padove, ovisno o novim spoznajama. Takav je uostalom i cjelokupni razvojni put obrade tla, od njenih prapočetaka pa sve do današnjih dana. Nakon početnih pokušaja i uglavnom pogrešaka vezanih uz reduciranu obradu tla, prva ozbiljnija istraživanja provode se nakon drugog svjetskog rata, a prvi veliki i uspješni rezultati ostvareni su 60-tih godina 20. stoljeća u SAD-u, a tada počinju prva istraživanja u Zapadnoj Europi i u drugim dijelovima svijeta. Nakon 70-tih godina prošlog stoljeća dolazi do velike ekspanzije reducirane obrade tla, a razlog tomu je pronalazak efikasnih herbicida *diquata* i *paraquata*, a još noviji i učinkovitiji je *glifosat*. Ovi su herbicidi bili daleko uspješniji od prve generacije herbicida, a s njima je vrlo uspješno riješena i zadnja prepreka primjene reducirane obrade tla. Upravo je nerješivost problematike korova bila glavni razlog širenja reducirane obrade tla, a mnogi su prvotni sustavi i koncepcije upravo zbog toga i propali. Prva istraživanja reducirane obrade tla na našim prostorima, također datiraju od 70-tih godina prošlog stoljeća, ali se manji pomaci u primjeni ovih tehnologija osjećaju tek zadnjih nekoliko godina. Danas se npr., na najvećem dijelu površina u SAD-u primjenjuje neki oblik reducirane, a predviđa se da će uskoro na više od 50% obradivih površina biti primijenjena direktna sjetva.

Ovako veliki i pozitivni pomaci u prihvaćanju i primjenjivosti reduciranih sustava obrade tla i uzgoja biljaka po ovom principu, također proizlaze i iz *koncepta održivosti* ovih sustava tla po svim postulatima koje ono implementira. Naime, održivo gospodarenje tlom podrazumijeva: uzgojne zahvate, političke i gospodarske mjere, te aktivnosti usmjerene prema integraciji socioekonomskih načela s brigom za okoliš, uz ispunjavanje slijedećih uvjeta:

- **Proizvodnost** – održava se ili povećava postignuta razina proizvodnje,
- **Sigurnost** – smanjuje se rizik proizvodnje,
- **Zaštita** – štite se prirodni resursi i priječi degradacija tla, vode i zraka,
- **Ekonomičnost** – osigurava se gospodarska opravdanost,
- **Socijalnost** – sustav je socijalno prihvatljiv,
- **Trajnost** – ako se iz bilo kojeg razloga, u nekom vremenskom roku, ne ispuni bilo koji od gore navedenih uvjeta – rezultat je *neodrživost sustava*.

Sustavi gospodarenja tlom podijeljeni su prema IBSRAM pravilniku o održivosti u 6 razreda održivosti.

Održivost	Razred	Opis sustava	Trajanje (godine)
Održivi sustavi	I	Dugoročno održiv	> 25
	II	Srednjoročno održiv	15-25
	III	Kratkoročno održiv	7-15
Neodrživi sustavi	IV	Malo nestabilan	5-7
	V	Srednje nestabilan	2-5
	VI	Jako nestabilan	<2

Postoji više konceptijskih podjela reducirane obrade tla, ali se one uglavnom i u najvećoj mjeri prihvaćaju kako slijedi:

### 1 Minimalna obrada tla

- MINIMUM TILLAGE
- REDUCED TILLAGE

### 2 Izostavljena obrada tla

- NO-TILLAGE ili ZERO-TILLAGE
- TILL PLANTING SYSTEM
- STUBBLE MULCHING SYSTEM

### 3 Konzervacijska obrada tla – CONSERVATION TILLAGE

### 4 Racionalna obrada tla – RATIONAL TILLAGE

#### ❖ Minimalna obrada tla ili Minimum tillage

Pri minimalnoj obradi tla smanjuje se broj radnih operacija (zahvata) obrade, neki od klasičnih zahvata se u potpunosti izostavljaju, neki se međusobno povezuju, smanjuje se dubina ili površina obrade, a kao rezultat svega je:

- smanjenje troškova obrade tla – bolja ekonomika,
- manje prohoda = manje gaženja tla, manje zbijanje,
- bolja vodopropusnost, posebice donjih slojeva tla,
- bolja aeracija tla i bolji životni prostor za biljku.

Pored ovih pozitivnih efekata, minimalna obrada tla ima i neke negativne efekte, ako se provodi stihijski, neplanski i nepravovaljano, a to su:

1. Ne pogoduje težim, nedreniranim tlima niže plodnosti, pri nepovoljnim klimatskim prilikama,
2. Minimalnom obradom se ne rješava pitanje meliorativne gnojidbe i gnojidbe na zalihu,
3. Smanjeno je uništavanje korova i potrebna je povećana primjena herbicida i pesticida općenito,
4. Pri lošem stanju tla smanjena je aeracija tla i aktivnost mikro- i makroorganizama u tlu,
5. Žetveni ostaci na tlu mogu znatnije smanjiti temperaturu tla što usporava početni porast biljaka,
6. Slabije je nicanje pa se traži i do 10% više sjemena,
7. Na nekim tlima smanjen je rast korijena zbog zbijenosti, a hraniva su pri površini,
8. U određenim uvjetima ostvaruju se niži prinosi.

#### ❖ Izostavljena obrada tla ili No-tillage

Predstavlja krajnji stupanj reducirane obrade tla, odnosno uzgoj kultura bez ikakvog mehaničkog zahvata u tlo prekriveno permanentnim malčem od biljnih rezidua. Pri ovom se sustavu koriste samo specijalne sijačice za direktnu sjetvu, koje imaju zadatak "samo" otvoriti sjetvenu brazdicu i položiti gnojivo i sjeme na određenu dubinu, aplicirati zaštitna sredstva. Ovaj sustav uzgoja biljaka, iako istog značenja, ima više sinonima, na istom ili na različitim jezicima: No-tillage, Zero-tillage, Direct drilling, Chemical tillage, Sod planting, Slot planting, Slit planting, Sod seeding, Kill sod planting, Chemisches Pflügen, Labours chimiques, Non lavorazione, Semina su cotica, Nulevaja obrabotka, Direktvetés, Izostavljena obrada i sl.

#### ❖ Konzervacijska obrada tla ili Conservation tillage

Konzervacijska obrada tla se može definirati na više načina, ali u suštini predstavlja sustav obrade tla u kojem se biljni ostaci zadržavaju na ili blizu same površine, ili se održava neravnost površine, ili oboje, da bi se suzbila erozija i postigli povoljni odnosi *tlo:voda* (čuvanje vlage u tlu). Pri ovom sustavu obrade tla, pokrivenost površine mora biti minimalno s 30% žetvenih ostataka (biljnih rezidua), kako bi se erozija tla vodom i/ili vjetrom smanjila za 50%. Razvidno je kako je glavni cilj konzervacijske obrade tla zadržati i sačuvati, odnosno konzervirati vodu.

Sustav konzervacijske obrade tla u SAD-u obuhvaća slijedeće sustave obrade tla-sjetve:

- Izostavljena obrada tla (NO-TILL),

- Obrada tla u grebenove (RIDGE TILL),
- Obrada tla u trake (STRIP TILL),
- Obrada tla u malč (MULCH TILL),
- Reducirana obrada (REDUCED TILLAGE).

#### ❖ **Racionalna obrada tla ili Rational tillage**

Racionalna obrada tla više predstavlja načelo uzgoja biljaka nego li praksu. Izdvajajući prethodno rečeno, ona predstavlja pojednostavljenje zahvata (operacija) obrade, tj. redukciju frekvencije (broja prohoda), dubine i intenziteta obrade, sve do faze koja predstavlja stvarne potrebe biljaka, uvažavajući borbu protiv korova i strukturu tla. Osnova ovog pristupa je da se zahvati obrade tla svedu na minimum, a osigura potreban "sjetveni sloj" ("tvrda posteljica" a "mekan pokrivač") i povoljna "korijenska zona". Promatrano s organizacijskog i ekonomskog aspekta, ovo je oblik minimalne obrade tla, pri čemu se obrada tla izvodi na najracionalniji način, kombiniranjem oruđa, zamjenom jednog oruđa drugim, kombiniranjem zahvata, itd., a sve s ciljem povećanja učinkovitosti obrade tla, pojeftinjenja, brzine izvođenja, itd.

#### **Još ponešto o izostavljenoj i konzervacijskoj obradi tla**

Iz prethodno rečenog za *izostavljenu obradu tla* i *konzervacijsku obradu tla*, vrijedi da su to vrlo jednostavni sustavi uzgoja biljaka, i da je dovoljno "samo ne zaboraviti posijati". Međutim, ovo je samo privid, jer je upravo za ove sustave potrebno veliko znanje poljoprivrednih proizvođača, o gnojidbi, zaštiti, mehanizaciji, karakteristikama tla, klimatskim prilikama, botaničkim svojstvima biljaka i o mnogim drugim agroekološkim elementima. Ova složenost proizlazi iz nekoliko osnovnih činjenica: zbog rezidua se površinska temperatura tla može sniziti od 2-10°C (ovisno o klimatskim prilikama uzgojnog područja); borba s korovima, štetočinama i bolestima je znatno složenija; površina tla izgleda neuredno, zbog čega se ova tehnologija često naziva "dirty technology" ili "prljava tehnologija" (a većina naših poljoprivrednih proizvođača je naučila na "polja bez ijednog korova ili komadića žetvenog ostatka"); ovi sustavi su u prvim godinama primjene uspješniji na plodnim tlima ("proizvođačima se ne da čekati"); za tla s ograničenjima (npr. teška, hladna, nepropusna, kisela) traže se modifikacije, a za što je opet potrebno znanje; ovo je relativno nova tehnologija i malo je iskustva (barem na našim prostorima).

Primjena izostavljene i konzervacijske obrade tla važna je i s energetskog i ekonomskog aspekta. Tako se na izostavljenoj obradi tla utrošak goriva smanjuje za 60-70%, ubrzavaju se radovi čime se postiže povoljan organizacijski i ekonomski aspekt, potrebno je znatno manje opreme i mehanizacije, pri konzervacijskoj obradi se može obrađivati samo dio površine i to u sjetvenom redu, a ne cijela površina, sjetvena je norma nešto povećana (oko 10%), povećana je potreba za herbicidima, manja su antropogena zbijanja tla, zbog slabije mineralizacije organske tvari u početku je potrebna veća količina dušičnih gnojiva, veća je površinska akumulacija slabo pokretnih fosfora i kalija, veći je sadržaj vode u tlu (vrlo bitno u sušnim mjesecima), tlo je hladnije zbog malča na površini pa je početni porast kultura nešto sporiji, izraženija je borba s korovima u prvim godinama i to ponajviše s višegodišnjim rizomnim korovima, veći problem s bolestima i štetočinama, vrlo povoljan utjecaj na sprječavanje erozije, bolja je perkolacija vode, veća je biološka aktivnost tla.

Iz prethodno navedenih pozitivnih i negativnih aspekata izostavljene i konzervacijske obrade tla, nameću se i izvjesna ograničenja uvođenju ovih sustava uzgoja biljaka, kao što su npr.: rezidue

biljaka, antropogena zbijanja, dreniranost tla, potrebe za vertikalnim dubinskim rahljenjem, kontrolirano gaženje, potreba za posebnim strojevima, borba s korovima, ograničenja klime i tla. Rješavanje ili prilagođavanje njihove problematike ujedno je i strategija kojom ovi sustavi dolaze do svog punog izražaja. Slobodno se može reći da se ove tehnologije reducirane obrade tla temelje na ukupnom znanju i iskustvu skupljanom tijekom cjelokupnog razvoja povijesti obrade tla.

### Stanje i perspektive obrade tla

U današnje se vrijeme, u svjetskim razmjerima, isprepliću dva osnovna pravca u obradi tla: a) "agresivniji", intenzivniji i frekventniji zahvati u tlo, b) primjena različitih sustava reducirane obrade tla. Također, u svjetskim razvijenijim poljoprivrednim sustavima, još uvijek prevladava konvencionalna obrada tla, ali se iz godine u godinu ovaj odnos sve više mijenja u korist reduciranih sustava obrade tla (i svih njenih oblika). Iz tabličnog prikaza ukupnih svjetskih površina pod direktnom sjetvom (No-tillage), jasno se uočava koliko snažnom progresijom se širi ovakav sustav uzgoja tla.

Površine u svijetu pod sustavom uzgoja direktnom sjetvom 1996/1997. i 2004/2005. godine.

Država <sup>Izvor 1.</sup>	1996/1997. godina
U.S.A.	19.400.000
Brazil	6.500.000
Argentina	4.400.000
Australia	1.000.000
Canada	6.700.000
Paraguay	500.000
Uruguay + Chile + Bolivia	500.000
Ostali	460.000
<b>Ukupno</b>	<b>38.700.000</b>
Država <sup>Izvor 2</sup>	2004/ 2005. godina
SAD	25.304.000
Brazil	23.600.000
Argentina	18.269.000
Kanada	12.522.000
Australija	9.000.000
Paragvaj	1.700.000
Indija, Pakistan, Bangladeš, Nepal	1.900.000
Bolivija	550.000
Južna Afrika	300.000
Španjolska	300.000
Venezuela	300.000
Urugvaj	263.000
Francuska	150.000
Čile	120.000
Kolumbija	102.000
Kina	100.000
Ostali	1.000.000
<b>Ukupno</b>	<b>95.480.000</b>

Izvor 1: <sup>1)</sup>Hebblethwaite, 1997; <sup>2)</sup>RELACO, 1997; <sup>3)</sup>MAG- GTZ Soil Conservation Project, 1998; <sup>4)</sup>No- Till Farmer, Jan. 1998; <sup>5)</sup>Estimates; Izvor 2: [www.rolf-derpsch.com/profile.htm](http://www.rolf-derpsch.com/profile.htm),

Na temelju svih prethodno iznesenih činjenica, uočava se velika različitost sustava i koncepcija obrade tla, kao i njenog potpunog izostavljanja. Svaki od opisanih sustava može biti više ili manje

učinkovit, ali u ovisnosti o velikom broju faktora. U prihvaćanju novih koncepcija i tehnologija, bitno je shvatiti da reducirana obrada tla nije poljoprivreda naših predaka i nije korak nazad, već ona predstavlja rezultat ozbiljnih znanstvenih istraživanja i praktičnih provjera, odnosno ona je rezultat čovjekovog kvalitetnijeg i sveobuhvatnijeg sagledavanja i shvaćanja svog prirodnog okoliša.

Od druge polovice 20. stoljeća poljoprivreda se unapređuje računalnom tehnologijom. Iznimku ne predstavlja niti obrada tla. Bilo koji primijenjeni sustav obrade tla, konvencionalni ili reducirani, vrlo brzo se neće moći zamisliti bez kompjutorske podrške (npr. GPS-a - *Global Positioning System*, GIS-a - *Geographic information system* i dr.).

### **Završna misao**

Od samih početaka čovjekovog svjesnog uplitanja u zakone prirode, pa sve do današnjih dana, Čovjek djeluje kao stvaratelj novoga, preobražavajući prirodu i podčinjavajući ju svojim potrebama. Čovjek nikada nije bio rob svijeta u kojem je živio i njime se nikada nije moglo upravljati, već je on upravljao i mijenjao svijet. Djelovanje Čovjeka na okoliš s ciljem proizvodnje hrane, često puta nije bilo u skladu s prirodnim zakonima i to je povijesna činjenica. Kao i u drugim ljudskim domenama, pa tako i u obradi tla, bilo je i biti će "krivih koraka", ali one samo trebaju biti svima nama pouka i poticaj da budemo otvoreni za pronalaženje boljih i kvalitetnijih rješenja u proizvodnji hrane.

Prof. dr. sc. Danijel Jug

**Pojmovnik:**

**Adhezija** – Privlačna snaga između dva materijala

**Agregacija** – nakupljanje

**Aridna klima** – sušna klima

**Autotrofi** – organizmi (zelene biljke) koje same proizvode hranu,

**Bilanca vode** – status vode u tlu na osnovu njenog ulaza i izlaza iz sustava

**Debalans** – narušavanje uspostavljenog odnosa,

**Dekompozicija** – razgradnja

**Dekompozicija** – razgradnja, raspadanje

**Depozicija** – premještanje

**Direktna sjetva** – sjetva bez ikakve obrade tla, no-tillage

**Diskontinuirano** – prekinuto

**Disperzija** – raspršivanje

**Diverzitet** – različitost

**Ekspanzija** – širenje

**Evaluacija** – procjena

**Evaporacija** – isparavanje vode s površine

**Evapotranspiracija** – istovremeno isparavanje vode s vodenih površina i tla (evaporacija) i biljaka (transpiracija)

**Fauna** – životinjski svijet,

**Flokulacija** – agregacija, nakupljanje

**Flora** – biljni svijet,

**Fotosinteza** – proces u kojem se uz pomoć sunčeve energije i vode, CO<sub>2</sub> iz zraka ugrađuje u organske spojeve uz oslobađanje kisika,

**Humidna klima** – vlažna klima

**In situ** – nastao na mjestu

**Indicirati** – ukazivati

**Indikator** – pokazatelj

**Infestacija** – zaraza

**Infiltracija** – prodiranje i zadržavanje vode u tlu

**Inkorporacija** – unošenje

**Insolacija** – sijanje sunca

**KIK** – kationski izmjenjivački kapacitet

**Kondicioneri** – stabilizatori

**Kontaminant** – zagađivač

**Kontrakcija** – skupljanje

**Konzervacija** – čuvanje, spremanje

**Mehanički elementi** – pijesak, prah, glina

**No-tillage** – izostavljena obrada tla

**Patogen** – organizam uzročnik bolesti,

**Reducirana obrada tla** – izostavljanje jednog ili više radnih zahvata ili smanjenje dubine pri obradi tla

**Respiracija** – disanje

**Retencija** – zadržavanje

**Ruža vjetrova** – grafički prikaz intenziteta smjerova puhanja vjetrova

**Salinitet** – zaslanjenost

**Sediment** – taložina

**Solum** –tlo, zemljište

**Staklenički plinovi** – Vodena para (H<sub>2</sub>O), ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) i didušik oksid (N<sub>2</sub>O). Nastali su prirodnim aktivnostima, a u cjelokupnom sloju atmosfere, čine zračni toplinski omotač oko Zemlje koji sprječava gubitak toplinske energije u svemir, te omogućuje da klima na Zemlji bude povoljna za život.

**Stratigrafija** – raspored horizonata tla

**Supresija** – suzbijanje

**Transformacija** – pretvorba