

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

1. EKOLOŠKO ZNAČENJE VJETRA, VJETROZAŠTITNI POJASI I UTJECAJ VJETRA NA BILJKE

Vjetar ili, općenito, zračne struje pojavljuju se kao posljedica neravnoteže u tlaku zraka između različitih točaka u atmosferi. Topao zrak se podiže, a okolni hladan zrak nastoji zauzeti njegovo mjesto. Vjetar je važan ekološki čimbenik u nizinskim područjima, uzduž obala i u planinama.

Ako se pri ocjenjivanju smjera najfrekventnijih vjetrova uzmu u obzir samo deformacije koje trpi vegetacija, ne smije se zaboraviti da su one više ili manje izražene, ovisno o jakosti vjetra ili dobi dana i razdoblju u kojem vjetar puše. Tako jak vjetar koji se redovito ponavlja može saviti grane ili vrhove stabala, izvaliti stabla ili lomiti njihova debla, neovisno o vremenu u kojem puše, odnosno uzrokovati potpunu fizičku destrukciju, što je posljedica ponavljanih mehaničkih tlačenja. U mnogim područjima jaki vjetrovi mogu kidati plodove sa stabla, uništiti njihove cvjetove i ogoliti usjeve. Jaki vjetrovi interferiraju s aktivnošću insekata u vrijeme polinacije, ali isto tako pomažu u prenošenju, ali i širenju sjemena korova. Mnogo slabiji vjetrovi mogu katkad imati iste učinke na oblik krošnje stabala uz uvjet da pušu u vrijeme kada se razvijaju terminalni pupovi, tj. kada se godišnji izdanci produžuju. Tako u umjerenim područjima mjesni vjetrovi slabog intenziteta, koji se pojavljuju redovito u proljeće i tijekom noći, izazivaju jace deformacije u krošnjama stabala nego mnogo jaci vjetrovi koji pušu danju u svim godišnjim dobima, čak neredovitije. Može se naglasiti da je djelovanje vjetra na vegetaciju obično mehaničko, rjeđe kemijsko (slani vjetrovi), a učinak mehanički i biološki. Mehanički se, dakle, učinak vjetra opaža vrlo uočljivo na habitusu biljaka, osobito u područjima u kojima vjetrovi postižu veliku brzinu i pušu pretežno iz istog kvadranta. Učinak vjetra to je jaci što su biljke više, jer se njegova brzina povećava s povećanjem udaljenosti od površine zemlje. Nadzemni se organi jace ili slabije deformiraju, ovisno o snazi vjetra. Morski (slani) vjetrovi koji nose cestice soli cesti su na jadranskoj obali i mogu nanijeti velike štete vegetaciji ako je koncentracija soli velika. Štoviše, mogu u toliko osoliti vegetaciju da mnoge jednogodišnje biljke, kao i lišće trajnica, uginu. Nastaje defolijacija biljaka zbog plazmolitskog djelovanja visokih koncentracija soli. Kada vjetar nosi cestice pijeska ili leda, nastaje abrazija. Pupovi i kora mogu biti jako oštećeni. Noseći sitne cestice površinskog sloja tla u obliku gustih oblaka prašine vjetar uzrokuje eroziju tla. Kada otpočne erozija tla, stvaraju se nanosi, pa nisko raslinje može biti prekriveno i ugušeno naslagama sitnih čestica.

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

1.1. Vjetрозаштитни pojasi (vjetrobrani)

Zaštita od ekscisivnih jakih vjetrova pruža jednu od mogućnosti modificiranja (mikro)klime. Biljke mogu biti oštećene ekscisivnim hlađenjem, visokim temperaturama, desikacijom ili izravnim mehaničkim povredama. Zaštita od vjetra se odnosi na zgrade, naselja, komunikacije i poljoprivredne površine. Nas, dakako, zanima zaštita poljoprivrednih površina. Vjetrobrane nalazimo širom svijeta u predjelima u kojima ima čestih i jakih vjetrova. Mogu se razlikovati **mrtvi i živi vjetrobrani**, odnosno **barijere ili palisade**. Mrtve palisade pretežno se sastoje od suhozidova ili pletera, a žive se barijere sastoje od trave, grmlja ili drveća. Vjetrobrani smanjuju kinetičku energiju vjetra. Kada vjetar stigne do prepreke, jedan njegov dio prolazi kroz nju, smanjujući brzinu, a ostali dio skreće uvis preskačući prepreku na visini koja je tri do pet visina vjetrobrana. Budući da su ekološki uvjeti širom svijeta vrlo različiti, i biljne su vrste (grmovi i drveće) koje se sade za vjetrobrane vrlo različite i brojne. Govorit ćemo o našoj zemlji, prije svega o izboru vrsta biljaka za vjetrobrane u našem obalnom području. Sredozemna klima sužava broj biljnih vrsta prikladnih za vjetrobrane, pa prednost imaju zimzelene vrste. To mogu biti stablašice (drveće) i grmovi, listopadni i zimzeleni. Od stablašica za naš su obalni pojas glavne vrste čempres, bor, cedar i tuja, a od grmlja lovor, planika, tamaris i ligustrun. Od listača za hladnije se kontinentalne predjele može koristiti brijest, joha, topola, platana itd.

Vjetrobrani mogu biti jednoredni i višeredni. Iako broj redova nije ograničen, malokad ih je više od pet. Koliko će biti redova u vjetrobranu ovisi o vjetrovima, tj. o jačini udara vjetra na nekom području i zaštiti koju “živa” barijera u određenom slučaju treba trpjeti. Pravilo je pri podizanju vjetrobrana da u sredini palisade budu visokostablašice. One su tzv. vodeći red. O njemu ovisi do koje će razine biti neki prostor zaštićen od vjetra, a prema izrazu: **20 - 25 x h**, u kojem je h = visina stabla u metrima.

Najvažnije je da glavni (zonski) vjetrobran bude okomit na udar dominantnog vjetra, koji je ujedno i najštetniji. Mogu se tolerirati odstupanja do 30°. Na nagnutim terenima glavni se vjetrobrani podižu okomito na pad terena i kao antierozijska mjera.

Uz gospodarske i stambene zgrade, staklenike (plastenike) i rasadnike funkcija vjetrobrana je specifična. Tu vrijedi opće pravilo prema kojemu se palisada podiže oko 30 metara od glavnih i 15 do 25 metara od gospodarskih zgrada, dok staklenici (plastenici) i rasadnici zahtijevaju maksimalnu zaštitu, uz osiguranje potpune insolacije zaštićenog prostora.

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

2. TLO (SUPSTRAT)

Tla su vrlo kompleksne prirodne tvorevine. Ona pružaju pogodan supstrat iz kojega biljke mogu koristiti vodu, hraniva i kisik za disanje korijena i u kojem se mogu ukorijeniti. Tla su nastala pod utjecajem trošenja stijena uz sudjelovanje biljaka, životinja i mikroorganizama. Čimbenici koji zapravo sudjeluju u stvaranju tla jesu matični supstrat, klima, reljef i topografija, vegetacija i vrijeme. Tvorba tla se zbiva trošenjem stijena i akumulacijom trošine u dovoljnim količinama da bi se stvorio medij (supstrat) za rast biljaka. Ta se akumulacija zbiva, dakle, trošenjem stijena ili može biti prouzročena djelovanjem vjetra (nakupljanje lesa), vode (aluvijalne i marinske naslage) ili leda (glacijalne naslage). ^im se ti produkti trošenja akumuliraju, počinje stvaranje tla. Prema jednoj od brojnih definicija tlo je skup prirodnih tijela na Zemljinoj površini koja sadrže živu tvar i omogućuju ili su u stanju omogućiti rast biljaka. Njegova su temeljna gornja ograničenja vezana za nedostatak vode i zraka, a donja je ograničenja teško definirati, premda se obično misli kako je to sveopća dubina zakorjenjivanja perenih nativnih biljaka, granica koja je plitka u pustinjama i tundri, a duboka u humidnim tropima.

2.1. Podrijetlo i stvaranje kulturnih tala

Teorijski promatrano, cjelokupna pedosfera pruža, u načelu, mogućnosti za dobivanje kulturnih tala. Stoga su u agrosferi svijeta danas zastupljena automorfna, hidromorfna, halomorfna i subakvalna tla raznih tipova u vrlo različitim klimatskim uvjetima. Privođenjem kulturi ta su tla u većini slučajeva izgubila svoja temeljna tipska fiziografska svojstva, prvenstveno, dakako, u onom dijelu svog ekološkog profila koji se našao pod antropogenim utjecajem, kao posljedica poremećenih tipskih procesa.

Većina tala koja se danas koriste nastala su od automorfnih, manje od hidromorfnih i halomorfnih, a najmanje od subakvalnih tala. U novije se vrijeme sve više privode kulturi tla pustinja, premda je, nažalost, prisutna i obrnuta tendencija, usto progresivna, tzv. dezertifikacija, osobito u nekim afričkim zemljama, zbog negativnih antropogenih utjecaja, ali i poremećenih klimatskih prilika.

Među aktualnim poljoprivrednim površinama najviše je onih koje su bile pod šumama i travnjacima. Izvorno su se obje te skupine razvile na različitim tipovima tala, različitom reljefu i u različitim klimatskim uvjetima, što je, dakako, različito utjecalo na njihovu prirodnu plodnost.

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

Preoravanjem travnjaka terestričkih tala u kratkom su razdoblju stvorena poljoprivredna tla, u pravilu oranice, povoljne bonitetne vrijednosti. U nekim slučajevima to je postignuto paljenjem, što je svakako ekstenzivniji oblik privođenja travnjaka kulturi. Pri stvaranju poljoprivrednih površina od travnjaka na hidromorfnim tlima pojavljuju se teškoće zbog njihova nepovoljnog vodnog režima. Problem se u prošlosti rješavao mnogo teže nego danas kada dobro uhodani redosljed nužnih melioracijskih zahvata ne mora činiti veće teškoće, ali svakako traži veće investicije.

Glavnina poljoprivrednih površina u našoj zemlji nastala je od šuma i travnjaka, dakako, različito prema važnijim poljoprivrednim područjima. Mogućnosti za njihovo proširenje vrlo su ograničene, pogotovo ako se ne žele bitnije narušiti preostali prirodni ekosustavi. Najveće su svakako u dolini Save i dolinama njezinih pritoka, manje u planinskom brdskom području, u kojem i klimatske prilike upućuju na drukčije oblike poljoprivredne proizvodnje, ali ne na oraničnu, a najmanje intenzivnu proizvodnju. Brdskoplaninsko, odnosno litoralno područje obalnog pojasa traži i određene mjere sanacije sadašnjeg stanja.

2.2. Efektivna dubina tla

Dubina tla važan je ekološki čimbenik svakoga pojedinog agrobiotopa, jer o njoj ovise descedentni i ascedentni tokovi vode, premještanje (ispiranje) hraniva, mogućnosti zakorjenjivanja, te zahvati obrade i gnojidbe. Na formiranje tla, a samim time i na njegovu dubinu, uvelike utječe topografija. Apsolutna dubina tla uvjetovana je genezom, ali više od toga njegovim položajem u reljefu. Najdublja tla nalaze se u ravnicama u koje je materijal nanesen vodom i vjetrom u velikim količinama. Relativno duboka tla nalaze se također na blago nagnutu reljefu, jer ona još omogućuju dobro vertikalno procjeđivanje vode, za razliku od jako nagnutih terena na kojima je jako površinsko otjecanje vode. Taloženjem finih (koloidnih) cestica u mirnoj vodi stajaćica (jezera i mora) nastaju duboka subakvalna tla (lakustralni i marinski sedimenti), koja se obrađuju nakon odvodnje. Na nagnutim terenima tla su plitka, osobito na višim položajima u reljefu, što je najčešće posljedica erozije vodom ili to što se nalaze u inicijalnoj fazi formiranja. No, plitka tla na kamenitoj podlozi ili skeletna tla (kamenjari) mogu se pojaviti i u ravnici, što ovisi i o geološkoj formaciji. Dubina tla ovisi o klimi i vegetaciji, a zatim o vrsti matičnog supstrata, starosti tla i reljefu. Može se vrednovati kao apsolutna dubina, ali za korištenje u poljoprivredi važnija je efektivna dubina, tj. dubina fiziološki aktivnog profila pod kojom se razumijeva sitno rastresito tlo što služi kao supstrat za zakorjenjivanje i normalno funkcioniranje korijenova sustava.

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

Prema efektivnoj dubini tla se mogu ovako klasificirati (Kovačević i Jakšić, 1964, cit. prema Mihaliću, 1985):

Vrlo plitka	< 25 cm
Plitka	25 – 50 cm
Srednje duboka	50 – 90 cm
Duboka	90 – 150 cm
Vrlo duboka	>150 cm

2.3. Tekstura i prirodna uslojenost tla

Tekstura (mehanički sastav) tla važna je za mnoga druga svojstva. Tekstura utječe na kretanje i retenciju vode, konzistenciju i obradivost, sposobnost bubrenja i stezanja, aeraciju i plodnost tla, da naglasimo samo neka svojstva. Tekstura tla samo je pod neznatnim utjecajem obrade i drugih zahvata ako oni nisu drastični. Pjeskovita tla, npr., lako se obrađuju, dobro su aerirana, što pogoduje dobru razvoju korijena, lako se vlaže, ali se također brzo suše i lako gube hraniva ispiranjem. Teška glinovita tla (s više od 30 % gline) sadrže vrlo male cestice koje su međusobno čvrsto povezane, ostavljajući malo otvorenih pora, što znaci da ima malo prostora za ulaženje vode u tlo. Stoga se ta tla teško vlaže, teško dreniraju i teško obrađuju. Pogodnost tla za uzgoj biljaka smanjuje se ako se prekomjerno povećava sadržaj krupnog pijeska, šljunka i kamena, ili pak sadržaj glinastih cestica.

Sa stajališta uzgoja bilja, najbolja su ilovasta tla. Bonitetna vrijednost kulturnog tla povećava se od skeleta prema ilovači, a zatim pada prema glini. Uzgoj kultura na ekstremno lakim skeletnim tlima praktički je onemogućen, kao i na ekstremno teškim glinenim tlima, pogotovo ako su u predjelima s nedostatkom ili viškom oborina. Ipak, skeletna tla u usporedbi s vrlo teškim glinastim tlima pružaju veće mogućnosti kao supstrati. Poznati su primjeri uzgoja, primjerice, vinove loze i lucerne na šljunkovitim tlima ako ima dovoljno vode.

2.4. Prirodna dreniranost tla

Dreniranost (ocjednost) tla može se definirati kao uklanjanje suvišne vode iz korijenskog sloja (rizosfere). Brzina kojom voda ulazi u tlo ovisi o udjelu krupnih pora u površinskom sloju i pod utjecajem je svih onih čimbenika koji utječu na njihov broj i stabilnost. Razlikujemo sljedeće razrede ocjednosti tla:

I. razred - ekscesivno ocjedna tla vrlo brzo gube vodu, što ih čini neprikladnima za uzgoj poljoprivrednih kultura. Ako je klima aridna, kulture trpe od velikog deficita vode. U ovaj

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

razred spadaju skeletna tla i grubi pijesci. Biljna je proizvodnja na njima nesigurna, a prinosi niski ako se tlo ne natapa.

II. razred - jače ocjedna tla. Prema nepovoljnosti približavaju se ekscesivno ocjednim tlima. Prema teksturi to su pjeskulje. Izbor kultura je sužen, a prinosi niži i promjenljivi u jednogodišnjih kultura. Dublji supstrati mogu biti povoljni za vinovu lozu koja osigurava vino dobre kvalitete. Međutim, u humidnoj klimi njihova proizvodnost jako raste i povećava se izbor kultura. Koherentnost im se može bitno povećati primjenom organskih gnojiva, kao i nekim drugim postupcima (npr., glinjenjem).

III. razred - ocjedna tla zapravo su dobar supstrat za sve kulture, budući da imaju povoljne vodozračne odnose. Ocjednost se može povećati površinskim otjecanjem ako je tlo nagnuto. Ocjedna su tla osobito pogodna za kulture koje se dublje zakorjenjuju i one manjeg konzuma vode.

IV. razred - umjereno ocjedna tla srednje su teškog mehaničkog sastava. Napetost, odnosno konveksnost površine uvjetuje umjereno do brzo površinsko ocjeđivanje. Ova su tla pogodna za kulture većeg konzuma vode, osobito za leguminoze.

V. razred - nepotpuno ocjedna tla težeg su mehaničkog sastava ili imaju u profilu zbitiji i, samim time manje propustan sloj ili se pojavljuju visoke podzemne vode. Kao supstrati za uzgoj bilja manje su povoljna, a dominiraju kulture koje zahtijevaju više vode. U ovim tlima potrebno je povećati dreniranost, što se može postići melioracijskim hidrotehničkim i agrotehničkim zahvatima.

VI. razred - slabo ocjedna tla. Slaba dreniranost može biti posljedica samo teškoga teksturnog sastava. Često su to kombinacije težeg mehaničkog sastava i nepovoljnih prilika u tlu i na tlu. To se najviše odnosi na nepovoljan položaj u reljefu, nakupljane površinskih voda, visoku podzemnu vodu i humidnu klimu. Tla ovog razreda najpovoljnija su za travnjake, a za uzgoj oraničnih kultura nužno ih je meliorirati.

VII. razred - vrlo slabo ocjedna tla. To su prvenstveno tla teškoga teksturnog sastava. Ipak, glavni im je nedostatak njihov položaj u reljefu, tj. nalaze se u depresijama. Zbog toga se u njima nakuplja vlastita i tuda (poplavna) voda. Ova su tla veoma nepovoljni supstrati koje treba meliorirati. Izbor kultura vrlo je ograničen. Tla su pogodna za permanentne travnjake i uzgoj riže u kasetama. Za ostale kulture treba ih prethodno meliorirati ili se takva tla uopće ne iskorištavaju.

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

2.5. Kamenitost i stjenovitost tla

Skeletna i skeletoidna tla zauzimaju značajne površine u svijetu. U našoj su zemlji osobito zastupljena u litoralnom području. Udio tla koji je zaposjednut kamenjem većim od 25 cm u promjeru odgovara kamenitosti tla. Pod kamenom se razumijeva onaj dio skeleta koji se može vaditi i premještati ili mljeti, a pod stjenovitošću eksponirane stijene ili površine vrlo blizu kamene podloge (do dubine obrade), tj. živi kamen koji je dio podloge i koji se ne može pomicati). U poljoprivredne svrhe mnogo se više koriste kamenita nego stjenovita tla. Kamen i stijena su smetnja u obradi tla, smanjuju aktivnu površinu koja bi mogla primati vodu i hraniva, odnosno ukupnu proizvodnu površinu.

Kamenitost tla

Klasa	Udio kamena, %	Iskoristivost za uzgoj kultura
0	<0.01	Kamen čini neznatne smetnje pri obradi i drugim zahvatima. Lako se može ukloniti. Proizvodna je površina neznatno smanjena, pa se na tlu uzgajaju sve kulture.
I.	0.01-0.1	Tlo se može obrađivati, ali se već pojavljuju određene smetnje. Razmak među kamenjem je 10 do 30 m. Kamen se može ukloniti. Proizvodna površina donekle je smanjena. Tlo je još prikladno za uzgoj svih kultura.
II.	0.1 do 3	Razmak među kamenjem je 1.5 do 10 m. Stoga su smetnje pri obradi već izražene, a proizvodna površina smanjena. Može se očistiti od kamenja. Teškoće se pojavljuju pri korištenju složenije mehanizacije. Ne mogu se uzgajati okopavine. Tlo je pogodnije za žitarice.
III.	3 do 15	Razmak među kamenjem je 0.8 do 1.5 m. Nije moguća obrada ili se ona obavlja s velikim teškoćama. Dominira ručni rad. Proizvodna je površina bitno smanjena. Tlo je prikladno za uzgoj drvenastih kultura i ekstenzivan uzgoj povrća i žitarica.
IV.	15 do 90	Razmak među kamenjem manji je od 0.8 m. Kamen se ne može ukloniti. Tlo je prikladno samo za drvenaste kulture, ali sa slabijim uspjehom. Ekstenzivni pašnjaci i šume.
V.	>90	Šume ili goleti. Prakticira se sječenje sočnih dijelova drveća (lisnik) ili paša (brst).

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

Stjenovitost tla

Klasa	Udio stijena, %	Iskoristivost za uzgoj kultura
0	<2	Tlo je pogodno za veći broj kultura. Praktički nema smetnji u uporabi mehanizacije.
I.	2 do 10	Razmak među stijenama je 30 do 90 m. Moguć je uzgoj okopavina, što znači da izbor kultura nije ograničen. Proizvodna je površina nešto smanjena. Pojavljuju se teškoće u primjeni širokozahvatnih agregata.
II.	10 do 25	Razmak među stijenama je 10 do 30 m. Tla nisu pogodna za uzgoj okopavina. Odgovaraju prvenstveno za drvenaste kulture i travnjake. Moguća je primjena samo lakše mehanizacije.
III.	25 do 50	Razmak među stijenama je 3 do 10 m. Prevladava ručni rad. Proizvodna je površina bitno smanjena. Primjenjuju se eksplozivi. Tlo je donekle iskoristivo za ekstenzivan uzgoj drvenastih kultura, za travnjake i šume.
IV.	50 do 90	Razmak među stijenama manji je od 3 m. Vrlo ograničeno iskorištavanje za poljoprivredu. Nemoguća primjena mehanizacije. Ekstenzivni travnjaci, ali prvenstveno šume.
V.	>90	Goleti ili šume.

2.6. Slojevi antropogenog tla

Radikalnim mehaničkim, ali i drugim zahvatima izvorne tipske značajke nekog tla mogu se toliko izmijeniti da ih je nužno posebno sistematizirati. S tim u vezi Mihalić (1985) antropogena tla svrstava u atipičnu skupinu i uže u skupinu “poremećenih” tala. Neka je tla covjek malo izmijenio, neka vrlo radikalno (rigosol), a neka u potpunosti (hortisol).

Dubina i intenzitet zahvata u pedosferu veoma su različiti, no za postizanje visokih i stabilnih prinosa nužno je stvoriti duboki oranični sloj tla koji će omogućiti korijenju biljaka da prodiere na veću dubinu, a poljoprivrednim kulturama manju ovisnost o nepovoljnim ekološkim uvjetima, osobito suši. Suština je, dakle, antropogenizacije tla da se stvori novi sloj kakvog nema u tlima slobodne prirode. Taj se sloj naziva **mekotom ili antropogenim slojem**. Mekota je površinski sloj tla u dodiru s atmosferom dubok 8 do 45 cm, što bi se moglo uzeti kao najveća dubina do koje se ore i u kojoj se nalazi glavnina biljnog korijenja.

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

3. RELJEF

Reljef je važan čimbenik pri stvaranju tla zbog svojeg utjecaja na njegovu temperaturu, otjecanje vode i biljni pokrivač. Sa stajališta zaštite tla, reljef ima posebno značenje za vodni režim tla, jer uvelike određuje količinu vode koja utječe na genezu tla i razvoj biljaka. Na ravnome tlu odgovarajućeg stupnja infiltracije svu oborinsku vodu koja se ne ispari upija tlo. Naprotiv, na nagnutom tlu dio vode otječe i akumulira se na nižim položajima. Zbog toga i niza drugih čimbenika bonitet nekog tla uvelike ovisi o njegovu položaju u reljefu. Poljoprivredna su tla razmještena na različitim oblicima reljefa, od potpuno ravnih terena do granica na kojima je moguć uzgoj bilja. Stoga, prema svojoj temeljnoj namjeni, poljoprivredna tla moraju biti u ravnoteži prirodnih sila i pogodna za uzgoj bilja. U protivnome gube svoju plodnost, pa prema tome i svoju temeljnu namjenu, jer više ne mogu služiti kao pogodni supstrati za uzgoj poljoprivrednih kultura. Potrebnu stabilnost najlakše je postići na ravnom ili pretežno ravnom terenu. S povećanjem nagiba terena, sve je teže održavati ravnotežu prirodnih sila. U istom smislu rastu i teškoće pri uzgoju poljoprivrednih kultura, odnosno obavljanju pojedinih agrotehničkih zahvata. Položaj antropogenog tla u reljefu jedan je od značajnih pokazatelja njegove vrijednosti. Razlikujemo pet glavnih oblika reljefa: 1. megareljef (horizontalne dimenzije do 100 km, a vertikalne do 1 000 m), 2. makroreljef (horizontalne dimenzije do nekoliko desetaka kilometara, a vertikalne do nekoliko desetaka metara), 3. mezoreljef (horizontalno 100 do 200 m, a vertikalno 10 do 20 m), 4. mikroreljef (horizontalno od 2 do 50 m, vertikalno do 1 m) i 5. nanoreljef (horizontalno 10 cm do 1 m, vertikalno 0.5 m). Za ocjenu bonitetne vrijednosti antropogenog tla osobito je važan makroreljef, premda na plodnost tla utječu i vrlo male razlike u nanoreljefu. Površine tla vrednuju se prema položaju u reljefu, a prema nagnutosti dijele se na pet klasa:

I. klasa - tereni nagiba od 0 do 3°. To su ravne do vrlo blago položene površine. Prave ravnice su tereni kojih nagib ne prelazi 0.5°. Na njima ne nastaje erozija vodom, ali je moguća erozija vjetrom. Na tim se terenima može zadržavati voda, a može doći i do ispiranja hraniva, ovisno o tome je li tlo težeg teksturnog sastava i zbito ili je teksturno lakše i propusno. Najpovoljnijim se smatra nagib od 0.5 do 1°, eventualno 2°, na kojem se voda može površinski ocjeđivati, a nema erozije. Vrlo su povoljni i tereni s nagibom od 1 do 3° na kojima se povećava površinsko otjecanje, koje već može prijeći granicu na kojoj počinje proces erozije.

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

II. klasa - tereni nagiba od 3 do 7°. Premda se pri takvu nagibu već može pojaviti erozija, to su još dobra poljoprivredna tla na kojima se mogu uzgajati sve kulture. I na njima je insolacija gotovo ujednačena. Svakoj se biljci može osigurati vegetacijski prostor. Svi uzgojni zahvati obavljaju se bez teškoća. Međutim, ti tereni traže antierozijske zahvate koji se prije svega svode na korekturu reljefa. Oni razumijevaju snimanje terena prema izohipsama, a zatim iskolčavanje pojasova ili kontura, koje se oblikuju posebnim strojevima. Svi se zahvati (oranje, sjetva, kultiviranje itd.) obavljaju okomito na pad terena. Time se gotovo u potpunosti osigurava zaštita od erozije oborinama slabog do umjerenog intenziteta, ali malo ili nikako od povremenih jakih kiša koje uništavaju redove kontura. Opasnosti od erozije povećavaju se s povećanjem nagiba.

III. klasa - tereni nagiba od 7 do 15°. Na tim su terenima već bitna ograničenja za uzgoj poljoprivrednih kultura jer su na njima, osobito ako nema prirodnog i zaštitnog biljnog pokrova, erozijski procesi jaki. Stoga je, ako površina nije zatravljena, nužno terasiranje (široke “položene terase”). Tako uređen teren prikladniji je za drvenaste kulture (voćke i vinovu lozu). Pokosi terasa moraju biti zatravljeni. Insolacija je već donekle nejednaka, pa je za ovu klasu nagiba terena važna i njegova ekspozicija. Prednost imaju sunčane ekspozicije, što se prvenstveno ogleda u kakvoći, ali i u visini prinosa. Svi uzgojni zahvati obavljaju se uzduž terasa uz korištenje odgovarajuće mehanizacije.

IV. klasa - tereni nagiba od 15 do 30, odnosno 40°. To su već jako strmi tereni na kojima su, ako nema biljnog pokrova, prisutni procesi ekscesivne erozije, zbog čega je apsolutna dubina tla smanjena, a bonitetna vrijednost mu je niža. Razlike u insolaciji između osojnih i prisojnih strana vrlo su izražene. Nažalost, u brdskim područjima s jačim demografskim pritiskom koriste se i tako strmi tereni za uzgoj oraničnih kultura na vrlo primitivan način, gotovo u potpunosti ručnim radom, pa se ne govori o oranici već o **kopanici**. Prinosi su promjenljivi i u prosjeku niski, a uloženi rad nerazmjerno velik. Takva tla nije moguće očuvati od ekscesivne erozije, pa obrađeni slojevi tla gotovo u cijelosti bivaju ubrzo potpuno odneseni, a teren ogoljen do geološke podloge. Takvi se tereni moraju napustiti. Pri korištenju takva terena nameće se terasiranje kao jedini zahvat kojim se može održati ravnoteža prirodnih sila. Kako bi se, dakle, provela korektura reljefa, nužni su skupi zemljani i građevinski radovi. Podižu se strme, uske terase, cesto posebno učvršćene odnosno podzidane. Na manjem nagibu i nižim terenima prevladavaju voćke, a na strmijim, ali isključivo sunčanim ekspozicijama, vinova loza. Na osojnim stranama cesto se ne mogu

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

uzgajati drvenaste kulture. Tereni s takvim nagibom mogu se koristiti kao travnjaci. Tratinu treba čuvati da se ne otvori put opasnim erozivnim procesima.

V. klasa - tereni s nagibom većim od 40°. Na tim su terenima razvijena plitka tla na kojima su prirodan pokrivač šume ili travnjaci. Obično su to početni stadiji u stvaranju trošina na geološkoj podlozi. Ponegdje na površinu izbija kamen, pa su to goleti. Na tako strmim terenima prirodna je erozija vrlo intenzivna. Uništenje prirodne vegetacije vrlo je opasno, jer dovodi do katastrofalne bujice i poplave nizinskih vodotoka, gdje se nalaze veće poljoprivredne površine. Stoga bi vododjelnice morale biti pod prirodnim biljnim pokrivačem, šumama i travnjacima. Bilo kakvi zahvati saniranja terena i regulacije vodotoka bez toga ne mogu biti uspješni. Isključena je svaka mogućnost uzgoja poljoprivrednih kultura. Tereni koji pripadaju ovoj klasi smatraju se apsolutno šumskim tlima. Prema tome, ta se tla ne bi smjela prevoditi u obradiva jer su za to prirodni čimbenici izrazito nepovoljni. Isključeno je i terasiranje zbog složenosti i skupoće takva zahvata, te vrlo često veoma plitkog tla i konfiguracije terena. Ako se ipak provodi terasiranje, nije uvijek moguće cijelo područje obuhvatiti terasama. Mjesta nepovoljne konfiguracije stalna su i opasna žarišta ekscesivne erozije pa mogu ugroziti i same terase. Stoga sva kritična mjesta treba zatraviti. Ona se nazivaju putovima za otjecanje vode.

4. BIOLOŠKI PRIROD I PRINOS

Rast i razvoj organizama glavno je obilježje života. Za biljke s biološkoga stajališta to znaci da fotosinteza nadilazi respiraciju, s biokemijskoga da je prirast tvari veći od utrošenih, a s ekonomskog da je učinak u proizvodu veći od troškova. Fenomen života kao i rast javljaju se u ekološkoj sredini u kojoj su prisutni svi čimbenici potrebni za opstanak živih bića. Rast je povezan s takvim čimbenicima i mehanizmima kao što su klima, fizikalna i kemijska svojstva tla, pristupačnost hraniva, vode, svjetla i drugih biofaktora. Zakoni života vrijede za sve organizme, tj. autotrofne i heterotrofne, bez obzira na to je li riječ o slobodnoj prirodi ili agrikulturi. Svi su organizmi podvrgnuti općim biološkim zakonima rasta i razvoja, što je u izravnoj vezi s evolucijom živih bića. Naša razmatranja usmjeravamo, dakako, samo na kulturne biljke. Pri tome, u svezi s osnovnim ciljem uzgoja poljoprivrednih kultura pod **biološkom prirodom** razumijevamo ukupnu nadzemnu i podzemnu masu koju je stvorila neka kulturna biljka na jedinici površine, dok dio biološkog priroda zbog kojega se neka kultura uzgaja, a istodobno ima i ekonomsku, odnosno tržišnu vrijednost, nazivamo

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

prinosom. Drugim riječima, prinos je sadržan u biološkom prirodu čini njegov najvažniji dio s dvije bitne komponente: količinom i kakvoćom. Za podmirenje osnovnih potreba čovjeka i domaćih životinja važnija je količina, a tek potom kakvoća. Kakvoća se može identificirati sa sadržajem poželjnih komponenata u dobivenom proizvodu.

4.1. Plodnost tla

Različite su definicije za plodnost tla. Prema najjednostavnijoj, moglo bi se reci da doprinos tla produktivnosti označava njegovu plodnost. To je sveobuhvatna definicija koja pokriva fizikalne, kemijske i biološke aspekte tla. Uža definicija plodnosti tla ograničava se na njegov hranidbeni status. Plodnost djevičanskog tla jest njegov kapacitet da zadovolji potrebe prirodne uravnotežene populacije, a plodnost oraničnog tla njegova je mogućnost da posluži za uzgoj kulturnih biljaka.

Prema drugoj definiciji plodnost je sposobnost tla da osigura potrebe biljaka za hranivim tvarima, vodom, zrakom, topline, tj. da osigura pogodne uvjete za razvoj korijenova sustava i dr., odnosno plodnost, kao opći pokazatelj svih svojstava tla, jest sinteza kemijskih, fizikalnih, vodnih, zračnih i toplinskih svojstava. Plodnost nije apsolutno apstraktno svojstvo tla, ona je naime, u čvrstim uzajamnim odnosima s određenim biljkama. Neki autori razlikuju **prirodnu, efektivnu ili ekonomsku i potencijalnu plodnost** tla, neki samo **efektivnu i potencijalnu** (Gračanin, 1947), a može se podijeliti i na **primarnu, prirodnu, tradicionalnu i tehnološku plodnost** (Edelman, 1963).

Prema Gračaninu (1947) plodnost tla njegovo je kompleksno svojstvo koje ga čini manje ili više sposobnim supstratom za uzgoj bilja. Prema istom autoru potencijalna je plodnost definirana konstelacijom svih čimbenika tla (geološkim podrijetlom, teksturom, tipskom pripadnošću, reljefom, klimom i vodnim režimom), a efektivna intenzitetom svih vrijednosti edafskih vegetacijskih čimbenika (sadržaja i kakvoće humusa, teksture, posebno udjelom gline i praha, stupnja zasićenosti adsorpcijskog kompleksa bazama, sadržajem biljci pristupačnih hraniva itd.). Za biljnu je proizvodnju bitna efektivna plodnost tla, pa su i brojni agrotehnički zahvati usmjereni na njeno povećanje. Ona je zapravo rezultat čovjekova djelovanja na tlo s određenom prirodnom plodnosti u određenim ekonomskim i društvenim uvjetima. Ovisi o količini i kakvoći uloženog rada u tlo, pa se kao glavni čimbenik koji određuje efektivnu plodnost pojavljuje stupanj znanstveno-tehničkog napretka i karakter društveno-ekonomskih odnosa. Primarna plodnost tla, prema Edelmanu (1963), akumulirana je u tlima slobodne prirode, razvijenima pod nativnom vegetacijom. Dobro

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

poznata poslovična plodnost nekih iskrčenih tropskih područja ili legendarna plodnost stepskih i prerijskih tala primjeri su primarne plodnosti tla postignute prvobitnom vegetacijom, a samo neznatno pod utjecajem tvorbe tla. Osobito je važna količina vrijednog humusa i biljnih hraniva. Nakon privođenja tla kulturi, koristi se taj prirodni potencijal tzv. “djevičanskih tala”. Primarna je plodnost kratkog vijeka. U nekim slučajevima traje samo nekoliko godina, u drugima i do pola stoljeća. Nakon tog razdoblja plodnost tla se usmjerava prema prirodnoj plodnosti, tj. aktiviranju biljnih hraniva trajnim procesom trošenja.

Prirodna plodnost slijedi nakon iscrpljivanja primarne plodnosti. Ona je najuže povezana za pedološka svojstva određenog tipa tla. Pri tome je važna apsolutna, ali i fiziološki aktivna dubina tla, reljef, teksturni sastav, stratigrafija, prirodna dreniranost, odnosno vodozračni odnosi, struktura, sorpcijska sposobnost tla i količina biljci pristupačnih hraniva itd. Na oraničnim tlima prirodna plodnost glavni je pokazatelj sposobnosti tla kao supstrata za uzgoj kultura.

Tradicionalna plodnost pokazuje kako je dugotrajna antropogenizacija utjecala na plodnost tla. Ona je zapravo klimaks plodnosti nekoga tla pri tradicionalnoj agrotehnici, pod kojom razumijevamo primjenu stajskog gnojiva, pliću obradu i uzgoj leguminoza, prvenstveno krmnih. Naime, tla velikog dijela Europe i susjednih područja Azije i Afrike koriste se gotovo 8 000 godina, pa se zahvatima obrade radikalno izmijenila njihova plodnost u smislu njezina poboljšanja. Suprotno tome, neracionalnom ispašom domaćih životinja na neobrađenu tlu gubi se dio prirodne plodnosti, dok je stajsko gnojivo korišteno na obrađenim površinama pridonijelo također povećanju njihove plodnosti. Danas, međutim, tradicionalna plodnost ima izrazito regionalan karakter.

Tehnološka plodnost tla oslanja se na prirodnu plodnost ili se od neplodnih tala stvaraju antropogena tla. Tradicionalna plodnost imala je presudnu važnost sve do uvođenja mineralnih gnojiva. Nakon toga, ideje o plodnosti tla radikalno su se izmijenile, a mineralna su gnojiva samo jedna komponenta unutar kompleksa agrotehničkih i hidrotehničkih melioracija. Plodnost tla zapravo ovisi o primjeni znanstvenih i tehničkih spoznaja. Temelj plodnosti tla danas uvelike leži izvan samog tla. Premda je tehnološka plodnost rezultat radikalnih i složenih zahvata, još je sukladna sa stvarnim svojstvima tla, ali u manjem opsegu od tradicionalne ili prirodne plodnosti.

Glavni elementi plodnosti tla. To su sorpcijska sposobnost tla za hraniva i količina fiziološki aktivnih hraniva, reakcija (pH - vrijednost) tla, sadržaj i oblik humusa, struktura tla, te kapacitet tla za vodu i zrak. O pojedinim elementima plodnosti tla, prvenstveno o reakciji tla i sadržaju kalcija u njemu, strukturi tla i vodozračnom režimu tla, posebno se govori u

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

odgovarajućim poglavljima, kada se ujedno navode mjere popravka navedenih parametara kemijske i fizikalne plodnosti tla.

U vezi sa sorpcijskom sposobnosti valja reci da tlo osigurava vezanje biljnih hraniva i njihovo usvajanje od biljaka. Sa stajališta ishrane bilja važno je da se hraniva dobro vežu na adsorpcijski kompleks tla i da se lako desorbiraju. Budući da plodnost tla ovisi o količini biljci pristupačnih hraniva, prekomjerno je fiksiranje i ispiranje hraniva štetno.

Fizikalna svojstva tla uvelike utječu na njegovu plodnost. Utjecaj teksture manifestira se na više načina. Pjeskovita tla su porozna, s visokim stupnjem infiltracije uza slabo zadržavanje vode. Suprotno njima, glinovita tla imaju niski stupanj infiltracije, dobro zadržavaju vodu i slabo su drenirana. Korijenje prodire mnogo lakše u pjeskovitim nego u glinovitim tlima. Srednje teška tla nalaze se između laganih i teških tala glede poroznosti, retencije vode i dreniranosti.

Struktura tla zajedno s teksturom upravlja poroznošću tla, utječući tako na vodozračne odnose, zakorjenjivanje i metaboličku aktivnost flore i faune tla.

Sposobnost tla da osigura potrebnu vodu za biljke ima ogromnu važnost za njegovu plodnost. Vodni se potencijal u tlu smanjuje njezinim gubitkom iz tla transpiracijom i evaporacijom. U pjeskovitim tlima vodni je potencijal podvrgnut čestim promjenama, pa je nužno nadoknaditi izgubljen vodu, što se postiže oborinama ili natapanjem.

I aeracija tla snažno utječe na njegovu plodnost. Adekvatno osiguranje kisika potrebno je za respiraciju korijenja, koja utječe na biljni metabolizam, što je opet u vezi s usvajanjem hraniva. Slaba aeracija pojačava redukcijske procese u tlu, usporava se razgradnja organske tvari.

Utjecaj temperature na plodnost tla može biti posredan i neposredan. Intenzitet izmjene tvari svih organizama koji se koriste tлом kao medijem u kojem žive pod utjecajem je temperature. Niska temperatura smanjuje usvajanje hraniva i vode. Venuće biljaka može, primjerice, biti izazvano natapanjem hladnom vodom. Ako su temperature izvan optimuma za klijanje sjemena nekog usjeva, bilo da su više ili niže od njega, one taj proces mogu usporiti, isto tako kao što niske temperature mogu usporiti razvoj klijanaca i učiniti ih osjetljivima na bolesti. Temperature tla mogu se donekle izmijeniti agrotehničkim zahvatima, npr., primjenom malča ili natapanjem.

Problem kemijske plodnosti tla vrlo je kompleksan. U modernoj poljoprivredi izrazito snažan utjecaj na plodnost tla ima gnojidba, dakako, u načelu više mineralna nego organska, kao i drugi kemijski zahvati u tlo, osobito oni melioracijskog karaktera. Njihov je utjecaj

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

mjerljiv preko promjena reakcije tla, statusa biljci pristupačnih, ali i ukupnih hraniva u tlu, količine i karaktera humusa itd. O tome će biti više riječi u posebnom poglavlju.

Plodnost tla usko je povezana i s njegovim biološkim svojstvima. Biljke koje uzgajamo u kompeticiji su s korovima i mikroorganizmima. Različite vrste mikroorganizama sudjeluju u brojnim reakcijama u tlu, koje mogu biti korisne, neutralne ili štetne za uzgajane usjeve. Slično tome, i fauna koja živi u tlu također može štetiti ili koristiti njegovoj plodnosti. Mikroorganizmi i fauna tla sudjeluju u transformaciji mnogih supstancija u tlu. Razgradnjom organskih rezidua oslobađaju se hraniva kojima se koriste biljke, ali se povećava i količina humusa. U tlima sa širokim odnosom ugljika i dušika mikroorganizmi su u kompeticiji s biljkama za dušik i druga hraniva. Neke bakterije vežu atmosferski dušik, unoseći ga tako u tlo. Druge pretvaraju amonijak u nitrite i nitrate, ali ima i onih koje djeluju u supstrotnom smjeru.

Intenzifikacija poljoprivrede iziskuje masovnu primjenu mineralnih gnojiva, pesticida, uvođenje specijaliziranih plodoreda i različitih sustava obrade tla, izvođenje agromelioracija i hidromelioracija i dr., što opet uzrokuje promjene ekoloških osobitosti, a time i strukture mikrobiološke zajednice i njezine biološke aktivnosti. Uvjete životne aktivnosti mikroorganizama i mobilizacije biljnih hraniva osobito snažno mijenjaju različiti načini obrade tla.

Ugorenost tla. Pod utjecajem egzogenih i endogenih čimbenika tlo je podvrgnuto stalnim promjenama. Neki su od tih čimbenika biogenoga, a neki abiogenoga podrijetla. Prvi se odnose, ako je riječ o poljoprivrednom tlu, na kulturne biljke i korove kao njihove stalne pratioce, te mikroorganizme i faunu tla. Drugi su vezani prvenstveno na klimu, odnosno njezine hidrotermičke značajke, ali i sve agrotehničke zahvate koji zadiru u fizikalni i kemijski kompleks, pojačavajući djelotvornost biokomponente tla, osobito bakterija. Povoljno stanje tla nazvano je ugorenošću i još je u antici bilo sinonim za plodnost. Ugorenje se može promatrati i u sklopu nacina korištenja tla, kao i temperaturnih ekstrema, pa se u tom smislu razlikuje sljedeći oblici ugorenosti: ugorenost od zasjenjivanja kulturom ili malčiranjem, ugorenost od pretkulture, ugorenost od gnojidbe, ugorenost od negativnih temperatura (mraza) i ugorenost od vrućine. Naglasimo ipak da se pravim ugorenjem može smatrati samo ono koje je postignuto radom mikroorganizama, pa i makroorganizama tla. Svi ostali oblici ugorenosti samo su prividni i efemerni po svojoj prirodi.

Ugorenost od zasjenjivanja kulturom ili malčiranjem proistječe odatle što je tlo zaštićeno od štetnih atmosferilija i cijelom je dubinom oraničnog sloja povoljno za rad mikroorganizama i makroorganizama tla. Malčevi organskog podrijetla (kompost, stajski

IV i V predavanje – Tlo i plodnost tla

gnoj) jako stimuliraju procese ugorenja tla, jer istodobno djeluju i kao gnojidba. Ugorenost od predusjeva posljedica je pozitivnog djelovanja nekih usjeva na nositelje tog procesa. Među takve spadaju grahorice, luk, uljana repica i neke djeteline. Negativno, odnosno destimulativno djeluju strne žitarice.

4.2. Značenje gujavica u održavanju plodnosti tla

Darwin (1881) bio je prvi koji je upozorio da gujavice sudjeluju u formiranju i razvoju tla. Njegovi zaključci bili su jasni iskaz korisnih utjecaja gujavica na plodnost tla. Od Darwinova vremena publicirana je golema literatura o toj problematici, pa je i uloga gujavica sve jasnija. One utječu na fizikalna svojstva bušenjem “hodnika”, deponirajući izmet na površini i unutar tla, te miješajući horizonte i unoseći u tlo biljni nastor. To rezultira općim povećanjem poroznosti i aeracije tala, te popravljanjem njihovih hidrauličnih svojstava i stabilnosti strukture. Pomažu također pri formiranju profila tla hraneći se sitnim cesticama. Njihov izmet katkad štiti tlo od erozije i često je bogatiji hranivima od okolnog tla. Neka istraživanja pokazuju i štetno djelovanje gujavica na strukturu tla, pa odatle i na prinos. Mineralizacijom organske tvari, što potiču gujavice, oslobađanje hraniva može biti tako intenzivno da ih biljke odmah ne iskoriste, pa se ona ispiru iz površinskih slojeva tla.

Danas su velike zajednice gujavica drastično izmijenjene ili uništene primjenom mehanizacije i zbog polucije. Sve se veća pozornost pridaje unošenju lokalnih populacija u tlo ili populacija iz različitih geografskih područja prilagođenih izmijenjenim uvjetima u tlu. Aktivnost entomofaune, unutar nje posebno gujavica kao popravljачa strukture i indikatora plodnosti tla, pod snažnim je utjecajem konzervacijske obrade tla. Broj gujavica povećava se u tlu ako se ono ne ore. Način obrade tla veoma utječe na biomasu gujavica, a njihova uloga u popravljaju plodnosti upravo ovisi o njihovoj biomasi. Ako se pretpostavi da 1 g gujavica (svježa masa) probavi 0.2 g suhog tla, onda 50 g gujavica može obraditi 15 t/ha tijekom aktivnosti od 150 dana. Ustanovljen je signifikantan pozitivan utjecaj izravne sjetve na pojavu gujavica s osobitim naglaskom na *Lumbricus terrestris*, kojih se broj povećao devet puta. Krajem 40-ih godina ovoga stoljeća u Californiji, a 80-ih u nas počela se razvijati tehnologija proizvodnje biomase gujavica i prerade fermentiranih organskih tvari u kvalitetno organsko gnojivo. Smatrao sam primjerenim to gnojivo nazvati **lumbripost**. Lumbripost, kao kompleksno organsko gnojivo sadrži brojne mikroorganizme i njihove enzime, te makroelemente i mikroelemente.