

Osnovne značajke tla

- **Fizika tla**
 - Mehanički sastav
 - Struktura
 - Gustoća
 - Poroznost
 - Konzistencija
- **Kemija tla**
 - Reakcija tla
 - Adsorpcijski kompleksi
 - Humus
 - Makro i mikro elementi
 - Gnojiva i gnojdba
- **Biologija tla**
 - Organizmi

Prof. dr. sc. Danijel Jug

FIZIKA TLA

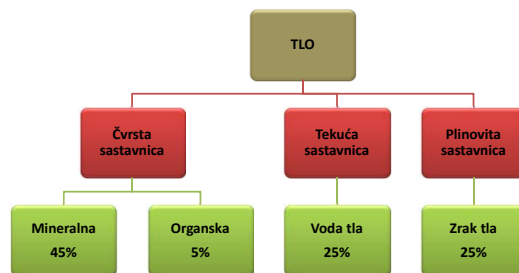
- Zemljište je dio Zemljine površine definiran prema namjeni i načinu korištenja, a uključuje biosferu, atmosferu, litosferu, pedosferu, hidrosferu, orografiju i prošlu i sadašnju aktivnost Čovjeka.
- Tlo je prirodni sustav kojeg čine organske i anorganske sastavnice, sastavljen je od krute, tekuće i plinovite faze, određen je svojim fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima, predstavlja prirodni izvor vode i hraniva i medij je filtracije i kruženja elemenata u ekosustavu.
- Tlo je rastresiti sloj Zemljine kore sastavljen od krute, tekuće i plinovite faze, smješten između litosfere i atmosfere, a nastalo je djelovanjima i procesima u atmosferi, biosferi, hidrosferi i litosferi.
- Tlo nastaje dugotrajnim i složenim procesima, koji se mjere u tisućama godina.
- U ovisnosti o svojstvima litološke podloge na kojoj je nastalo, tlo je određeno morfološkim, kemijskim, fizičkim i biološkim značajkama.

Uloga tla

- **Opskrba biljaka** (biljke se ukorjenjuju u tlu i iz njega crpe hranjive tvari i vodu)
- **Okolišna interakcija** (prijem, skupljanje, izmjenjivanje i filtriranje različitih onečišćenja)
- **Regulacija klime** (utječe na sadržaj i ukupnu količinu atmosferskih plinova koji utječu na efekt staklenika)
- **Izvor genetskog bogatstva i biološke raznolikosti** (na jednom hektaru kvalitetnog poljoprivrednog tla, u površinskom sloju od 20 cm, nalazi se više je od 20 tona različitih organizama)
- **Temelj infrastrukture** (zgrade, ceste, tvornice...)
- **Medij odlaganja otpada**
- **Izvor sirovina** (kamen, šljunak, pijesak, glina...)
- **Prirodna i kulturna baština** (arheološka nalazišta, parkovi prirode...)

Mehanički sastav tla - tekstura

Tlo je trofazni sustav sastavljen od krute, tekuće i plinovite sastavnice



Optimalni volumni sastav tla (Kisić, 2012.)

Analizom mehaničkog sastava tla određuje se težinski postotni udio pojedinih frakcija u sitnom tlu (sitnica do ϕ 2mm)

Mehanički sastav tla ili tekstura je kvantitativni odnos pojedinih kategorija čestica u nekoj masi tla. U našoj praksi prihvaćena je klasifikacija mehaničkih čestica po Attebergu i Međunarodna klasifikacija granulometrijskog sastava, a razlikuju se sljedeće kategorije:

	Frakcija	Promjer (ϕ), mm
Skelet	Kamen	> 20
	Šljunak	20 – 2.0
Sitnica	Krupni pijesak	2.0 – 0.2
	Sitni pijesak	0.2 – 0.02
	Prah	0.02 – 0.002
	Glina	< 0.002

Skelet (kamen i šljunak) predstavlja grubu frakciju tla i nastaje fizikalnim trošenjem stijene

Skeletna tla – imaju više od 50% skeleta

Skeletoidna tla – imaju manje od 50% skeleta

Tla bogata skeletom slabo drže vodu, suha su, topla, prozirna i s malo hraniva.

Frakcija pijeska

Ova kategorija čestica također nastaje fizikalnim trošenjem stijena. Tla bogata pijeskom imaju vrlo veliku propusnost, slabo drže vodu, topla su i prozirna. Pijesak ne bubri i nije plastičan. Pjeskovita tla imaju dobre fizikalne značajke, ali loše kemijske značajke (vrlo mali kapacitet adsorpcije).

Frakcija praha

Po svojim značajkama prah je između pijeska i gline. Prah je u suhom stanju vezan, ne bubri i slabo se ljepi, dobro drži vodu i slabo je propušta. Tla bogata prahom imaju nestabilnu strukturu, lako se zbijaju i sklona su pokorici. Imaju sposobnost adsorpcije iona.

Frakcija gline

Čestice gline najsitnija su i ujedno najaktivnija frakcija krute faze tla. Glina veže velike količine vode, jako bubri i ljepljiva je, u suhom stanju kontrahira i tvrda je. Imaju ekstremno loše fizikalne značajke, ali izvrsne kemijske značajke (velik kapacitet adsorpcije)

Povoljan odnos frakcija pijeska, praha i gline, bitan je za reguliranje vodo-zračnog režima tla, usvajanja hranjivih tvari, dobre dreniranosti, a samim tim i pravilnog rasta i razvoja biljke.

Veći udio gline u tlu rezultira smanjenjem zapremine zemljišnih pora, a samim tim i otežano kretanje vode, a povećava se bubrenje, ljepljivost i plastičnost.

Veći udio pijeska u tlu poboljšava protok vode i zraka kroz pore tla, ali i povećava dreniranost

Tekstura tla se ne može popraviti redovnim agrotehničkim zahvatima. Popravke mehaničkog sastava tla prvenstveno se odnose na dodavanje (unošenje i miješanje) pojedine kategorije sitnice (ili pijeska ili gline)

Popravljanje teksture tla korisno je u pogledu:

- Bolja aeracija tla
- Veća mikrobiološka aktivnost
- Bolje korištenje vlage tla
- Povećana otpornost na sušu
- Intenzivnija perkolacija vode u tlu
- Smanjenje erozije
- Efikasnije usvajanje hranjivih elemenata
- Brži i intenzivniji razvoj korijenja biljaka
- Bolja dekompozicija organske tvari
- Intenzivnije oslobađanje hranjivih tvari
- Manji gubitak hranjivih tvari ispiranjem
- Slabiji razvoj uzročnika biljnih bolesti
- Manje korova



Struktura tla

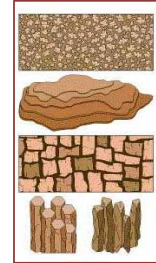
Strukturu tla čine strukturni agregati, odnosno nakupine mehaničkih elemenata (pijesak, prah, glina), a čine ju veličina, oblik i način njihovog rasporeda.

Prema veličini agregati se mogu podijeliti:

Mikroagregati	< 0,25 mm
Mezoagregati	0,25 – 2,0 mm
Makroagregati	2,0 – 50,0 mm
Megaagregati	> 50,0 mm

Prema obliku agregati se mogu podijeliti:

- Kockaste** (kubiformni) – horizontalne osi i vertikalna os su podjednako razvijene
- Prizmatične** (stubasti) – vertikalna os je izdužena
- Plosnate** (laminiformni) – horizontalne osi su duže u odnosu na vertikalnu
- Granularne** (zrnate) – obično promjera manjeg od 0.5 cm



Za praktične potrebe važna je podjela kockastih agregata na:

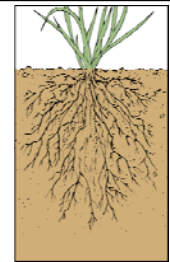
Praškaste	< 0,5 mm
Mrvičaste	0,5 – 5,0 mm
Graškaste	5,0 – 10,0 mm
Orašaste	10,0 – 35,0 mm
Grudaste	> 35,0 mm



Agregacija – stvaranje agregata

Dezagregacija – raspadanje agregata

- ❖ U tlu su najpoželjniji agregati mrvičaste do graškaste strukture veličine ϕ 0,25 - 10,0 mm. Ovakva tla imaju najpovoljnija vodozračna i toplinska svojstva, intenzivnija je mikrobiološka aktivnost, hraniva su pristupačnija korjenov sustav se dobro razvija, lakše se obrađuju, manji su gubici vode i veća je otpornost prema eroziji.
- ❖ Tla nestabilne strukture imaju suprotan učinak.



Strukturu tla kvari:

- nepravovremena i neadekvatna obrada
- uzak plodored
- gaženje teškom mehanizacijom
- navodnjavanje
- nepravilna gnojidba i dr.

Strukturu tla popravlja:

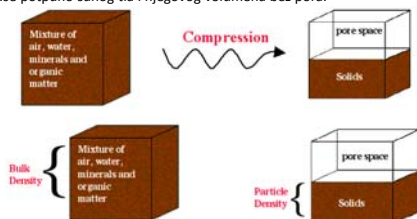
- gnojidba kalcijem
- gnojidba organskim gnojivima
- pravovremena obrada sa što manje prohoda kroz proizvodnu površinu
- reducirana obrada
- pravilan plodored
- primjena kondicionera (poboljšivači tla)

Gustoća tla

Gustoća tla je broj koji pokazuje koliko je puta neki volumen tla lakši ili teži od jednakog volumena vode, odnosno to je omjer mase i volumena nekog tla.

Volumna gustoća tla (pv) je vrijednost koja pokazuje koliko je puta masa nekog volumena prirodnog tla s porama teža od jednakog volumena vode. Ova se vrijednost dobije iz odnosa mase potpuno suhog tla i njegovog volumena u prirodnom stanju.

Gustoća čvrste faze tla (pč) je vrijednost koja pokazuje koliko je puta masa tla bez pora (samo kruta sastavnica tla) teža od jednakog volumena vode. Ova se vrijednost dobije iz odnosa mase potpuno suhog tla i njegovog volumena bez pora.



Volumna gustoća tla nije konstantna veličina, promjenjiva je s obzirom na obradu i zbijanje, ovisi o gustoći čvrste faze tla i poroznosti.

Tla s većim udjelom organske tvari (humusa) imaju manju volumnu gustoću i obratno, a ta vrijednost prvenstveno ovisi o strukturi tla.

Prosječna vrijednost volumne gustoće u oraničnim tlima kreće se od 1.4-1.6 cm³

Gustoća čvrste faze tla je konstantna veličina, ne ovisi o mehaničkom sastavu, strukturi i zbijenosti tla, a povezana je sa sadržajem organske tvari.

Tla s većim udjelom organske tvari (humusa) imaju manju vrijednost gustoće čvrste faze i obratno.

Prosječna vrijednost gustoće čvrste faze u oraničnim tlima kreće se od 2.2-2.9 g cm³

Na temelju podataka o volumnoj gustoći i gustoći čvrste faze izračunava se ukupna poroznost. Volumna gustoća nalazi veliku primjenu u praksi, pa se tako koristi kod preračunavanja težine oraničnog sloja, pri različitim hidropedološkim računanjima, preračunavanju ukupnog i fiziološki aktivnog fosfora i kalija itd.

Poroznost tla

Poroznost tla predstavljena je ukupnim slobodnim prostorom između strukturnih agregata (pore), a izražava se u %-cima.

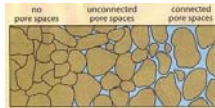
Pore u tlu se dijele na **makropore** (nekapilarne) i **mikropore** (kapilarne)

➤ U makroporama (većih dimenzija) se nalazi zrak, a voda se zadržava samo kratko i kreće se descendentnim tokom (prema dolje). One utječu na zračni režim i propusnost tla za vodu.

➤ U mikroporama (manjih dimenzija) se nalazi voda koja se može kretati u ascendentnom i descendentnom smjeru (gore i dolje). One određuju vodni režim tla.

Ukupni sadržaj pora u tlu (P)

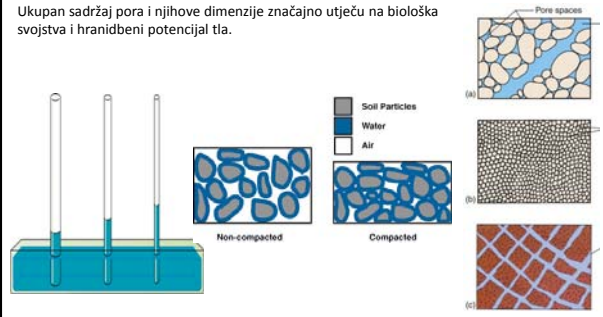
P, (% vol.)	ocjena tla
> 60	vrlo porozna
60 – 45	porozna
45 – 30	malo porozna
< 30	vrlo malo porozna



Najbolji odnos makropora i mikropora je 1:1 ili 2:3
 - U pjeskovitim tlima prevladavaju makropore (=30%)
 - U glinovitim tlima prevladavaju mikropore (>50%)

Povećanjem sadržaja organske tvari (humusa) povećava se ukupna poroznost tla.

Ukupan sadržaj pora i njihove dimenzije značajno utječu na biološka svojstva i hranidbeni potencijal tla.



Konzistencija tla

Konzistencija tla predstavlja stanje sila adhezije i kohezije pri različitim sadržaju vode u tlu, a najviše je ovisna o sadržaju gline i vlažnosti tla.

- **Adhezija** – međumolekularno privlačenje (vezanje) između različitih materijala nakon što su dovedeni u međusobni kontakt.
- **Kohezija** - međumolekularno privlačenje između istovrsnih molekula unutar nekog tijela ili tvari koja ih nastoji ujediniti.

Konzistencija može imati sljedeća stanja:

- Koherencija
- Zbijenost
- Plastičnost
- Ljepljivost

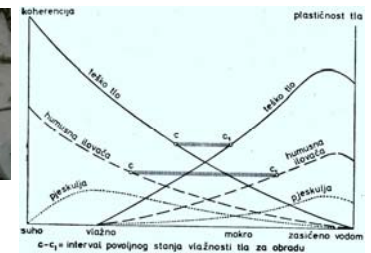
S promjenom vlažnosti tla, tlo se mijenja od krutog, preko plastičnog do tekućeg stanja. Većina prirodnih gлина je plastična.

Kao posljedica različitih odnosa između tla i vode dolazi do sljedećih pojava: pucanje, bubrenje, zbijenost

Koherencija tla - predstavlja sile koje drže čestice tla na okupu (agregate), odnosno sposobnost tla da se odupre silama koje imaju tendenciju drobljenja strukturnih agregata.

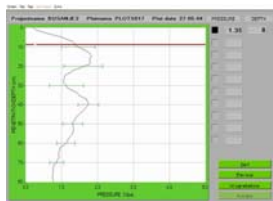
Sile koherencije su veće u suhom, glinenom tlu, a povećanjem sadržaja vode u tlu koherencija se smanjuje. U tom slučaju kohezijske sile slabe, a adhezijske rastu.

Pri povećanju vlažnosti tlo najprije prelazi u plastično stanje, a zatim u ljepljivo, pri čemu se ono ljepljivo za oruđa (svojstvo ljepljivosti). U takvim uvjetima obrada tla postaje otežana i dolazi do kvarenja strukture i zbijanja tla.

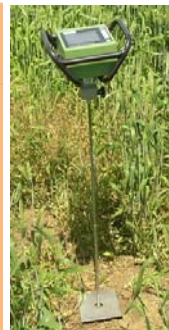
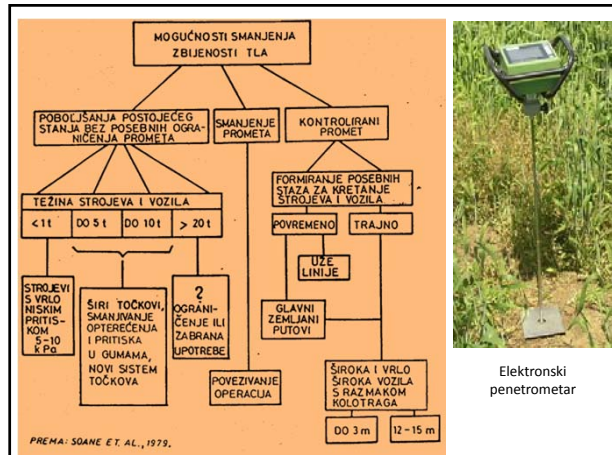


Koherencija se mjeri silom koja je potrebna da bi se zdrobila jedinica volumena tla, a izražava se u kilogramima.

Zbijenost tla – predstavlja otpor prodiranju različitih tijela. Izražava se u kg cm^{-2} , a najčešće se određuje pomoću mehaničkih ili elektronskih penetrometara.



Povećanjem vlažnosti kod tvrdih i zbijenih tala smanjuje se koherencija, što znači da ona postaju drobljiva i rahla.



Elektronski penetrometar

PREMA: SOANE ET AL., 1979.

Zbijenost tla je ovisna o koherenciji tla i od posebne je važnosti za obradu tla, ali i za rast i razvoj biljaka.

Rahlo

Zbijeno

Plastičnost tla - sposobnost tla da se ono pri različitom sadržaju vode može modelirati, a da nakon sušenja zadrži svoj prvotni oblik.

Laboratorijskim postupcima određuju se *donja* i *gornja granica plastičnosti*, a iz njih se izračunava *indeks plastičnosti* (Ip).

- **Gornja granica plastičnosti** ili granica žitkosti je stanje kod kojega tlo prelazi iz plastičnog u tekuće stanje konzistencije.
- **Donja granica plastičnosti** ili granica krutosti je stanje sa sadržajem vode u tlu kod kojeg se tlo može valjati u valjčice.
- **Indeks plastičnosti** predstavlja razliku između gornje i donje granice plastičnosti.
- Tlo je pogodno za obradu kada je sadržaj vlage tla nešto ispod donje granice plastičnosti.

Ljepljivost tla - sposobnost tla da se lijepi za oruđa, a izražava se silom (kN) potrebnom da se odvoji metalna pločica površine 1 cm² od površine vlažnog uzorka.

Ljepljivost tla je ovisna o mehaničkom sastavu (prvenstveno o sadržaju gline) i sadržaju vode (vlažnost tla).

Povećanjem ljepljivosti povećavaju se i otpori pri obradi tla.

Popravke fizikalnog kompleksa tla

- Na fizikalno stanje tla utječu brojni čimbenici: način korištenja tla, način skupljanja plodina, postupak sa žetvenim ostacima, drenaža, navodnjavanje, obrada tla i dr.
- Reguliranjem fizikalnog stanja tla: regulira se i kemijsko i biološko stanje tla, stvaraju se pogodni uvjeti za razvoj bilja, obradom tla se izravno modificiraju (ublažavaju) ograničenja
- Proizvodni potencijal nekog tla može se izraziti fizikalnim indeksom (temeljen na fizikalnim svojstvima tla), a služi kao pokazatelj pogodnosti tla za gospodarenje.

Fizikalni indeks (*Gupta i Abrol*)

$$FI = A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \times H$$

- A = dubina tla u cm
- B = volumna masa površinskih 100 cm u t m⁻³
- C = infiltracija ili ukupna hidraulička vodljivost u cm h⁻¹
- D = kapacitet tla za biljci pristupačnu vodu u gornjih 100 cm
- E = agregacija tla pomoću organske tvari u %
- F = nekapilarni porozitet gornjih 60 cm u %
- G = dubina podzemne vode u cm
- H = nagib površine u %

Na temelju fizikalnog indeksa – razredi pogodnosti tla

- Razred – tla s fizikalnim indeksom većim od 0.90 smatraju se vrlo pogodnim i mogu dati visoke prinose usjeva
- Razred – tla s indeksom 0.75-0.90 smatraju se pogodnima, a na njima se može očekivati 75% prinosa od potencijalno mogućeg
- Razred – tla s indeksom 0.50-0.75 umjereno su pogodna, s očekivanim prinosom 50% od mogućeg
- Razred – tla s indeksom 0.25-0.50 smatraju se slabo pogodnima. Prinosi su niski, a mogli bi se povećati odgovarajućim agrotehničkim zahvatima
- Razred – tla s indeksom manjim od 0.25, a tu spadaju nepodgovna tla

Fizikalni indeks (klasifikacija pogodnosti tala), u neposrednoj je vezi s načinima i metodama obrade tla.

VLAŽNOST TLA:	SUHO	VLAŽNO	M O K R O	SATURIRANO
TENZIJA VLAŽE pF	7,0	4,5	2,0	0 - ∞
SILE I PODRUČJE Njihova uticaja	KONEZIJA		ADHEZIJA	
RELATIVNI STUPANJ KONZISTENCIJE	VRLO VISOK	NIZAK	VISOK	VRLO NIZAK
GRANICE PLASTIČNOSTI		GRANICA KRUTOSTI G _k		GRANICA ŽITKOSTI G _z
INDEKS KONZISTENCIJE		1	0,75	0
OCJENA KONZISTENCIJE	ČVRSTO I POLUČVRSTO STANJE	ZVRDA I MEKA PASTIČNOST		TEKUĆE STANJE
NOŠIVOST TLA	VISOKA		UMJERENA	NISKA VRLO NISKA NEHA
UVJETI I EFEKT OBRADBE TLA	LAKO SE IZVODI OPTIMALNIH EFEKTOH			

Reakcija tla

KEMIJA TLA

- Kemijska svojstva tla vrlo su važni čimbenici plodnosti tla, koji u tlu grade kompleksne odnose s njegovim mehaničkim, fizikalnim i biološkim svojstvima.
- Vodena otopina – voda tla u kojoj su suspendirane krute čestice ili su otopljene različite mineralne i organske tvari, što ju čini najaktivnijom sastavnicom tla. Iz vodene otopine biljka usvaja biogene makro- i mikroelemente, kao i štetne i toksične elemente.
- Koncentracija otopine – dinamičan (promjenjiv) sadržaj u vodi otopljenih tvari na koji utječe:
 - mehanički sastav tla
 - adsorpcijski kompleks
 - biološka aktivnost tla
 - klimatske prilike
 - gnojidba
- Koncentracija otopine mijenja se tijekom vegetacijskog perioda (vlažnost tla, vegetativni porast i dr.).
- Kiselost tla imaju nižu koncentraciju otopine (humidnost), a alkalna višu (aridnost klime).
- Reakcija tla prikazuje međusobne odnose vodikovih (H⁺) i hidroksilnih (OH⁻) iona u vodenoj otopini.



Reakcija tla se izražava u pH vrijednostima koja predstavlja negativno logaritam koncentracije vodikovih (H⁺) iona.

pH neutralnu reakciju (podjednak omjer H⁺ i OH⁻ iona) ima čista, destilirana voda (pri temperaturi od 20°C u 1,0 l ima 10⁻⁷ grama H⁺ i 10⁻⁷ gram ekvivalenata OH⁻).

O koncentraciji H⁺ i OH⁻ iona ovisi da li će reakcija tla biti kisela, neutralna ili bazična. Vodik je nositelj kiselosti reakcije, a hidroksilni ioni bazične.

Reakcija tla se dijeli na **aktivnu i potencijalnu** (supstitucijska i hidrolitička) kiselost tla.

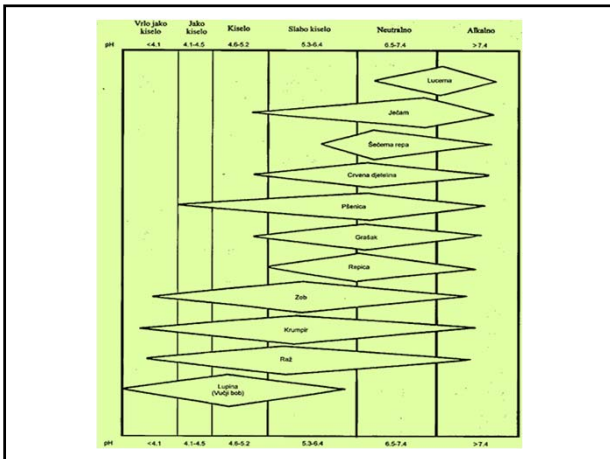
Granične vrijednosti reakcije tla:

pH < 4,5	jako kisela
pH 4,5 – 5,5	kisela
pH 5,5 – 6,5	slabo kisela
pH 6,5 – 7,2	neutralna
pH > 7,2	alkalna (bazična)

Poznavanje reakcije tla vrlo je važno, jer bez njenog reguliranja nema intenzivne poljoprivredne proizvodnje.

Za postizanje visokih i stabilnih prinosa poljoprivrednih usjeva reguliranje reakcije tla (npr. kalcijacija, gipsanje, melioracije i dr.), prema potrebama usjeva, vrši se najčešće na osnovi supstitucijske i hidrolitičke kiselosti tla.

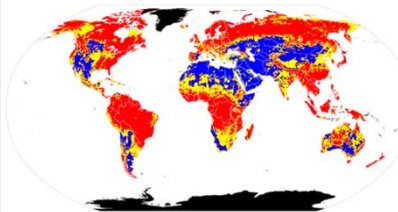
pH naših tala uglavnom se kreće od pH 4 do pH 9, a najviše su zastupljena kisela tla, a najmanje tla alkalne reakcije.



Puferna sposobnost tla predstavlja sposobnost tla da se odupre naglim promjenama pH reakcije, što predstavlja vrlo važno svojstvo za biljke koje ne trpe prevelike razlike u reakcijama.

Neke od najvažnijih mjera koje se provode u cilju popravke reakcije tla jesu:

- obogaćivanjem tla organskom tvari,
- kalcijacija,
- mineralna gnojidba
- unosenje gline na pjeskovitim tlima,
- gipsanje,
- malčiranje (listinac, piljevina, organski otpaci industrije i domaćinstava, ...)



Globalne promjene pH tla
Crveno = kisela tla
Žuto = neutralna tla
Plavo = alkalna tla
Black = nema podataka

Adsorpcijski kompleks tla

Sorpcija predstavlja sposobnost tla da u otopini tla zadržava ili veže različite tvari (ione, molekule, koloidi, čestice, mikroorganizme), a razlikuju se:

- mehanička,
- fizikalna,
- kemijska,
- fizikalno-kemijska,
- biološka

Za plodnost tla najvažniji su: kemijska, fizikalno-kemijska i biološka sorpcija.

Fizikalno-kemijska sorpcija (adsorpcija) - sposobnost organskih i mineralnih koloida tla da na sebe vežu ione (katione) i da ih u ekvivalentnim količinama izmjenjuju s ionima otopine tla. Kod adsorpcije ioni iz otopine tla ulaze i u kemijske reakcije s molekulama koje se nalaze na površini koloida.

Kemijska sorpcija - tvorba novih spojeva u tlu pri čemu sorbirana tvar ulazi u kemijsku reakciju s tvari s kojom se veže.

Biološka sorpcija - organizmi tla primaju određene tvari, transformiraju ih i ugrađuju u svoje organizme, te se na taj način tvari zadržavaju u tlu.

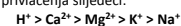
Adsorpcijski kompleks tla (još se naziva i *kationski izmjenjivački kompleks* – KIK), čine svi organski i mineralni koloidi tla (minerali gline) koji su sposobni na svojoj površini adsorbirati ione i zamjenjivati ih iz svog difuznog sloja, a najveći značaj imaju: organska tvar tla (humus), minerali gline i organo-mineralni kompleksi.

Tla koja imaju visoki stupanj zasićenosti adsorpcijskog kompleksa bazama, imaju veću koncentraciju vodenih otopina u odnosu na tla s niskim stupnjem zasićenosti adsorpcijskog kompleksa bazama.

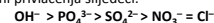
Većina koloida tla ima negativni naboj, dok pozitivan naboj izazivaju neke proteinske tvari (kratko se zadržavaju u tlu).

Kationi bliže KIK-u vezani su jače, a kationi dalje od KIK-a vezani su slabije i pokretljiviji su.

Viševalentni kationi drže se većom snagom za koloidi od niževalentnih (izuzetak čini H⁺ ion), pa je poredak kationa po jačini privlačenja slijedeći:



Viševalentni anioni drže se većom snagom za koloidi od niževalentnih (izuzetak čini OH⁻ ion), pa je poredak aniona po jačini privlačenja slijedeći:



Desorpcija – izlazak kationa u vodenu otopinu

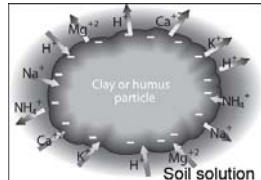
Retencija – zadržavanje kationa u adsorpcijskom kompleksu

Supstitucija – zamjena kationa drugim kationom na koloиду u ekvivalentnim količinama

Kapacitet adsorpcije predstavlja vrlo važno svojstvo tla, jer predstavlja količinu kationa (biogenih elemenata) koji se mogu zadržati u adsorpcijskom kompleksu. Što je kapacitet adsorpcije veći, moguća je i veća gnojidba.

Fiksacija – prijelaz u netopivi oblik

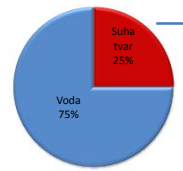
Adsorpcijski kompleks tla utječe na brojna fizikalna, kemijska i biološka svojstva, te na opskrbu biljaka biogenim elementima



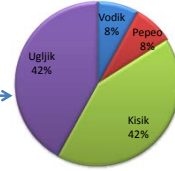
Humus tla

Organska tvar tla predstavlja ukupnu organsku sastavnici tla, koja može biti živa (flora i fauna tla) i mrtva organska tvar biljnog i životinjskog podrijetla (humus i nepotpuno razgrađeni organski ostaci), a nalazi se na površini tla ili u tlu.

Kemijski sastav organske tvari



Elementarni sastav



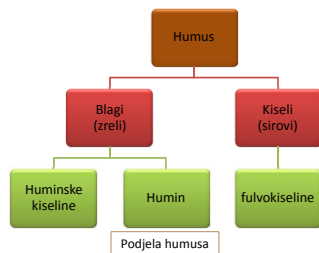
Procesi transformacije organske tvari odvijaju se u nekoliko faza: mehaničko usitnjavanje, miješanje, probava (mikro- i mezofauna), razgradnja (mikroorganizmi: saprofiti i heterotrofi), enzimatsko cijepanje i fermentacija, ostali mikrobiološki procesi.

Humus nije sinonim za organsku tvar!!!

Humus je specifična i vrlo složena organska tvar tamne boje, nastala humifikacijom biljaka i životinja, a koja se od drugih organskih tvari u tlu razlikuje nizom zajedničkih svojstava.

Humifikacija – mikrobiološki proces sinteze novih komponenata iz produkata razgradnje organske tvari, dakle humifikacija je proces tvorbe humusa.

Mineralizacija – proces suprotan humifikaciji, a označava razgradnju (trošenje) humusa.



Heterogeni sastav humusa ovisi o:

- Podrijetlu organske tvari
- Stupnju razgradnje
- Stupnju sinteze

Humus u tlu ima sljedeće značajke:

- Utječe na formiranje i održavanje povoljne strukture tla
- Ima veliki kapacitet adsorpcije
- Ima veliki kapacitet za vodu
- Mineralizacijom povećava hranidbeni potencijal tla
- Pozitivno utječe na mikrobiološku aktivnost tla
- Pozitivno utječe na zagrijavanje i toplinska svojstva tla
- Utječe na trošenje anorganskog dijela tla



Karakteristična tamna boja humusa

C:N odnos je vrlo važan kriterij ocjene humusa

Optimalan C:N odnos u tlima je 10:1

Širi C:N odnos, kakav npr. imaju žetveni ostaci nisu povoljni iz razloga što za razgradnju organske tvari mikroorganizmi koriste dušik iz rezervi tla.

To može izazvati tzv. "dušičnu depresiju", odnosno nedostatak dušika za usjev.

humus, %	ocjena humoznosti tla
< 1	vrlo slabo humozno
1 – 3	slabo humozno
3 – 5	dosta humozno
5 – 10	jako humozno
> 10	vrlo jako humozno

Makro i mikro elementi tla

Makro i mikro elementi su potrebni za normalan rast i razvoj biljaka, a svojstvena im je specifična nezamjenjiva funkcija.

Još se nazivaju i biogeni elementi, a njihovo djelovanje može biti:

- direktno (izgradnja biljnog tkiva i ugradnja u organsku tvar...)
- indirektno (potiču puferску sposobnost, reguliraju osmotski tlak u stanicama...)

❖ **Makroelementi** – O, H, C, N, P, K, Ca, Mg, S – biljka ih treba u velikim količinama

❖ **Mikroelementi** – Fe, B, Zn, Cu, Mn, Mo – biljka ih treba u malim količinama

Biljka ove elemente prima u pristupačnom odnosno fiziološki aktivnom obliku – fiziološki aktivna hraniva.

Dio elemenata biljke uzimaju iz prirode, a dio je potrebno dodati u obliku organskih i mineralnih gnojiva.

Makro i mikro elemente biljka usvaja iz otopine tla kao:

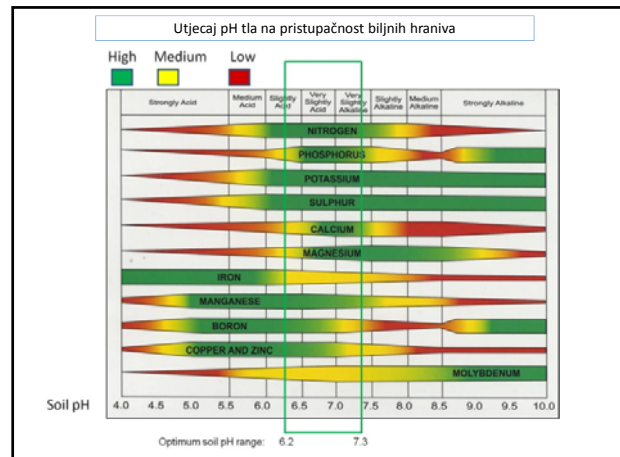
- katione (NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} i dr.)
- anione (NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-} , MoO_4^{2-} i dr.)

Makro elementi

- ❑ **Kisik** - u pedosferi ga ima 49%, a važan je za oksidacijske i reduksijske procese u tlu. Biogeni je element.
- ❑ **Vodik** - u litosferi ga nema, a pojavljuje se prilikom trošenja primarnih minerala. Ioni vodika su vrlo mobilni i aktivni u tlu. Uzročnik su kiselosti tla. Nalaze se slobodni u otopini tla ili vezani na adsorpcijskom kompleksu.
- ❑ **Ugjik** - to je biogeni element, kojeg biljka usvaja iz tla. U tlu se nalazi u organskoj tvari, u obliku karbonata i u zraku tla kao CO_2 . U pedosferi ga ima prosječno 2%.
- ❑ **Dušik** - u pedosferi ga ima od 0,1 do 0,2%. Biljka ga prima u obliku NH_4^+ , NO_3^- , i NO_2^- iona. NH_4^+ ion se veže na koloide tla, dok se ioni NH_4^+ , NO_3^- u tlu ne vežu.
- ❑ **Fosfor** – to je biogeni element, a u pedosferi ga ima 0,08% u obliku fosfata. Biljka ga usvaja u obliku HPO_4^{2-} i H_2PO_4^- iona.
- ❑ **Kalij** – biogeni je element, a u tlu se nalazi u količini od 1,36%. Sastavni je dio primarnih i sekundarnih minerala, a u tlu se nalazi u ionskom obliku.
- ❑ **Kalcij** – biogeni je element, kojega u pedosferi ima prosječno 1,37%. U tlu se najviše pojavljuje u obliku karbonata, sulfata i klorida. Čimbenik je stabilne strukture tla (koagulator) i sprječava nepovoljno djelovanje vodikovih iona – zakiseljavanje.
- ❑ **Magnezij** – biogeni je element, a u tlu ga ima 0,6%. U tlu je adsorbiran na adsorpcijski kompleks. Povoljno utječe na strukturu tla (slično kalciju – koagulacija).
- ❑ **Sumpor** - biogeni je element. U tlu nalazi u obliku sulfata, sulfida i sastavni je dio organske tvari. Biljka ga usvaja u obliku SO_4^{2-} i SO_3^{2-} iona.

Mikro elementi

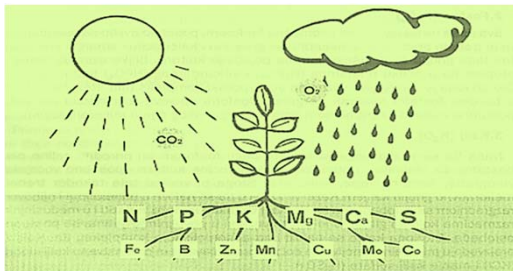
- ❑ **Željezo** – biogeni je element, a u pedosferi ga ima 3,8. U prisutnosti fiziološki aktivnog vapna u tlu dolazi do njegovog deficita (kloroza). U tlu se najvećim dijelom nalazi u obliku oksida, a u ovisnosti o stupnju hidratiziranosti tlu daju različite nijanse crvene i smeđe boje. Topivost željeznih oksida raste s padom pH vrijednosti.
- ❑ **Silicij** - nije biogeni element, a u tlu ga ima oko 33%. Nalazi se u sastavu primarnih i sekundarnih minerala, a u ionskom obliku ima ga vrlo malo. Silicijev oksid topiv je u alkalnim uvjetima sredine kod pH 7,5 do 8,0.
- ❑ **Aluminij** – nije biogeni element, a u pedosferi ga ima 7,1%. Aluminijevi oksidi su topivi u kiselim uvjetima sredine.
- ❑ **Natrij** - nije biogeni element, a u tlu ga ima 0,63%. Natrija ima u otopini tla i na adsorpcijskom kompleksu. Njegova prisutnost u tlu je izrazito nepovoljna jer djeluje kao peptizator (za razliku od Ca iona koji je koagulator). Tla s visokim sadržajem Na iona izrazito su loših fizikalnih značajki. U suhom su stanju zbijena i kompaktna, a u vlažnom prelaze u bezstrukturnu masu.
- ❑ Naša su tla uglavnom dobro opskrbljena mikro elementima. U kiselim se tlima gotovo svi mikro elementi mogu pojaviti u toksičnim količinama (osim molibdena). U alkalnim tlima dolazi do izražaja njihov nedostatak (osim molibdena). Ovaj problem rješava se reguliranjem reakcije tla. Osim navedenih elemenata u malim se količinama u tlu javljaju klor, titan, kobalt, kositar, fluor, jod i nikal.



Gnojiva i gnojidba tla

Definicija gnojiva

Gnojiva ili fertilizatori: sve tvari organskog ili mineralnog porijekla koje obogaćuju tlo aktivnim hranivima, koje utječu na povećanje plodnosti tla i povećanje prinosa.



Podjela gnojiva

- Organska (obično domaća):

- Stajski gnoj kruti i tekući (otplavni, i gnojovka)
- Gnojnica
- Komposti
- Bihugnoj
- gradsko smeće
- fekalije
- otpadne vode gradova i industrije
- zelena gnojidba (sideracija)



- Tvornička ili mineralna:

Makro

Makro	Mikro
N	B
P	Mn
K	Zn
Ca	Cu
Mg	Mo
Fe	
S	

Kombinacije mikro i makro hraniva

Humusno-mineralna:

kombinacija domaćih i mineralnih (tvornička proizvodnja)



Organska gnojiva - humus

Gospodarenje humusom predstavlja središnje pitanje antropogenog tla!

- U prirodnim uvjetima postoji "promet" humusa unutar klimaksa spontanih biocenoz. (klimaks = maksimalno ravnotežno stanje).
- U agrobiocenozi i agrobiotopu "promet" humusa u tlu ovisi najviše o gospodarenju, sustavu biljne proizvodnje, gnojidbi, tlu i klimi, a sve je pod utjecajem Čovjeka

Za antropogeno tlo se traži što jači promet organske tvari kroz tlo kako bi se podržavali procesi mineralizacije, unijeli u tlo energija i hraniva za biokomponentu, te da bi se tlo održalo biološki aktivnim.



S razvojnog aspekta količina humusa u tlu raste sve do trenutka postizanja maksimalnog ravnotežnog stanja "prirodni klimaks" – prirodno ravnotežno stanje stvaranja i razgradnje humusa.

Pojavom Čovjeka, početkom obrade tla (intenzivna aeracija – mineralizacija), količina humusa je počela opadati.

Kao humusna sirovina (vraćanje organske tvari u tlo) može poslužiti stajski gnoj, ali i sve druge organske tvari (npr. žetveni ostaci).

Unošenje žetvenih ostataka u tlo je korisna mjera, kao:

- Nadoknada razgrađenog humusa u godini
- Energetski materijal te hrana za biokomponentu
- Biljni ostaci služe kao biološka drenaža
- Disanjem tla dolazi do oslobađanja CO₂ – aktivnija tekuća faza tla

Žetveni ostaci mogu se koristiti na razne načine, ali ih se nikako ne smije spaljivati (kod nas još uvijek česta praksa).

Inkorporacijom žetvenih ostataka može doći do dušične depresije. Razlog je široki C:N odnosa u žetvenim ostacima (slama 50-150:1, kukuruzovina 70-80:1).



Organska gnojiva – stajski gnoj

- > Kruti stajski gnoj
- > Tekući stajski gnoj: - otplavni (sa steljom)
- gnojovka (bez stelje)

Kruti stajski gnoj - smjesa krutih i tekućih ekskremenata domaćih četveronožnih životinja. Izmiješan sa steljom i prerađen mikroorganizmima predstavlja organsko gnojivo.

Sastav ovisi o vrsti stelje, načinu spremanja, čuvanju, vrsti stoke, pasmini, spolu, dobi, ishrani, stupnju zrelosti.

Prosječni sastav stajskog gnoja:

- 0,5% N
- 0,25% P₂O₅
- 0,5% K₂O
- ostali makro i mikroelementi
- 20% organske tvari
- 35% trajnog humusa od suhe tvari
- mikroorganizmi
- aktivne tvari - vitamini, hormoni



Iskoristivost hraniva iz krutog stajskog gnoja je 30% manja u odnosu na mineralna. Ista količina čistih hraniva u stajskom gnoju daje = 10% niže prinose od iste količine u mineralnim gnojivima.

Iskorištavanje u prosjeku:

- N – 25%
- P₂O₅ – 25-30%
- K₂O – 60-70%, više godina

Dinamika korištenja:

- glinasto tlo – 4 godine
- ilovasto tlo – 3 godine
- lagano tlo – 2 i 1 godina

Za 300 dt/ha, ilovača:

1. godina 50%
2. godina 30%
3. godina 20%

Prednost najčešće ima unošenje zrelog stajskog gnoja



Organska gnojiva – tekući stajski gnoj

❖ Otplavni stajski gnoj

U suvremenim se stajama dobiva sa sječkanom slamom. Brže djeluju hraniva.

❖ Gnojovka

U suvremenim stajama se dobiva, a razlog je visoka cijena spremanja sa steljom.

Prosječni sadržaj gnojovke

Vrsta gnojovke	kg/1000 dm ³				
	Org. tvar	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Omjer N:P ₂ O ₅ :K ₂ O
Siromašna balegom	37	6,0	1,1	11,4	1 : 0,18 : 1,9
Bogata balegom	113	5,0	1,6	8,7	1 : 0,32 : 1,7
Potpuna gnojovka	125	4,6	1,8	7,0	1 : 0,39 : 1,5



Organska gnojiva – gnojnica

- Sastoji od urina, vode od pranja staja i iscjetka u gnojišta.
- Urin: lako raspadljivi N spojevi: urea, hipurna kiselina, mokraćna kiselina.
- Urea ⇒ mikroorganizmi ⇒ ureaza ⇒ amonijev karbamat ⇒ NH₃.
- U prosjeku sadrži: 0,22% N, 0,01% P₂O₅ i 0,45% K₂O.

Organska gnojiva – bihugnoj

To je ostatak pri proizvodnji bioplina. Gusta, likvidna kaša. Čuva se u hermetički zatvorenim kontejnerima na 30°C.

U prosjeku sadrži: 3% N, 1,2% P₂O₅ i 3,7 K₂O

Primjenjuje se kao i gnojovka, prije vegetacije i u vegetaciji

Primjena: 100-120 dt/ha za travnjake
150-200 dt/ha za žitarice
400-600 dt/ha za okopavine

Organska gnojiva – gnoj peradi

Količine i prosječni sastav gnoja peradi

vrsta peradi	količ. svježeg gnoja u kg god.	voda	% sadržaja hraniva				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	
kokoši	60	55	1,6 (4,1)	1,55 (3,4)	0,85 (2,5)	2,4	0,75
patke	50-70	55	1,0	1,4	0,60	1,7	0,36
guske	50-70	70	0,55	0,55	0,95	0,85	0,20

Primjena:

- kruti, 7-10 dana prije sjetve, 100-200 dt/ha
- otopina, razrijeđen vodom, 1:6-7, suspenzija
- mješavina sa zemljom (tresetom) 1:2-3
- u cviječarstvu



Organska gnojiva – komposti

Komposti su smjese raznih biljnih ostataka gospodarstva, kućanstva, naselja, industrije, koji prerađeni radom mikroorganizama i faune služe kao gnojivo. Dobiva se trajni humus.

- Vrste:
- obični kompost (otpaci domaćinstva i gospodarstva)
 - kompostirani stajski gnoj
 - kompost od slame (kukuruzovine)
 - kompost od treseta
 - kompostirano gradsko smeće i drugi industrijski otpaci

Vrsta	Prosječni sastav komposta prema vrsti materijala (%)					
	H ₂ O	Org. tvar	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Cima krumpira	76	22	0,40	0,16	0,85	0,78
Pljeva	14	77	0,60	0,55	0,25	0,36
Kukuruz-oklasci	14	85	0,24	0,02	0,25	0,03
Lišće (miješano)	15	80	1,0	0,23	0,26	1,86
Korovi	88	10	0,40	0,14	0,29	0,46
Pepeo ugljena	5	5	-	0,60	0,70	16,0
Kuhinjski otpaci	15	21	0,35	0,30	0,35	3,2
Fekalije	77	19	1,30	1,16	0,40	1,6
Treset	85	14	0,04	0,04	0,01	0,60



Organska gnojiva – fekalije

Najviše se primjenjuje u zemljama Dalekog Istoka (napućena područja). Uvijek se primjenjuje na golo tlo. Loše utječe na strukturu tla (pokorica), a postoji i velika opasnost od bolesti.

Organska gnojiva – sapropel

To je talog koji nastaje na dnu voda stajačica (slanih i slatkih) od planktona, biljnih i životinjskih organizama i mulja mineralnog porijekla (organsko-mineralna smjesa iz anaerobnih uvjeta). Primjena iz: jezera, gradskih luka, ušća rijeka (postoji opasnost od teških metala).

Organska gnojiva – zelena gnojidba (sideracija)

Zelena gnojidba predstavlja inkorporaciju u tlo biljaka uzgojenih u tu svrhu i ima niz prednosti:

- Obogaćuje tlo svježom organskom tvari, a tlo postaje biološki aktivnije
- Na težim tlima rahli i korijenom prožima tlo (biološka drenaža)
- Iz tla usvaja teže pristupačna hraniva
- Leguminozni siderati vežu dušik simbiotskom fiksacijom (nitrofikacija)
- Na lakšim tlima utječe na povećanje kapaciteta tla za vodu
- Utječe na ugojenost tla.
- Utječe na pedohigijenu tla, osobito u uskom plodoredu (antinematodno djelovanje)
- U nedostatku stajskog gnoja osigurava promet organske tvari kroz tlo.



Podjela mineralnih gnojiva

Sva mineralna gnojiva dijelimo na pojedinačna i složena

Pojedinačna gnojiva

Dušična gnojiva

1. Čilska salitra (NaNO_3) 16% N
2. Sintetička salitra (NaNO_3) 16% N
3. Norveška salitra ili kalcijev nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) 15.5% N i 28% CaO
4. Indijska salitra ili kalijev nitrat (KNO_3) 13.5% N i 44% K_2O
5. Amonijev sulfat ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 21% N
6. Amonijačna voda ili amonijev hidroksid (NH_4OH) 15-20% N
7. Bezvodni ili anhidrirani amonijak (NH_3) 82% N
8. Amonijev klorid (NH_4Cl) 24-26% N
9. Amonijev nitrat NH_4NO_3 34% N
10. Nitromonkal ili Vapnenoaomonijačna salitra ili kalcijev amonijev nitrat ili kalkamonsalpeter ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$ ili $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3 \cdot x\text{MgCO}_3$) 20.5% N ili KAN 27% N
11. Kalcijev cijanamid ili Vapneni dušik (CaCN_2) 21% N
12. Urea ili karbamid, diamid ugljične kiseline ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) 46% N
13. Ureaform ili ureaformaldehid 32-36% N

Fosforna gnojiva

1. Superfosfat obični ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) 18% P_2O_5
2. Dvostruki superfosfat 32-34% P_2O_5
3. Trostruki superfosfat ili Tripleks 42-48% P_2O_5
4. Thomasfosfat ili Thomasovo brašno ili Thomasova drozga 16-18% P_2O_5
5. Pelofos 17% P_2O_5
6. Termofosfati:
 - a) Rhenanija fosfat ($\text{Ca}_2\text{Na}_2(\text{PO}_4)_2\text{CaSiO}_3$) 20-25% P_2O_5
 - b) Super Thomasovo brašno (Poljska) 18% P_2O_5
7. Sirovi fosfati koji se upotrebljavaju direktno kao gnojiva:
 - a) Fini fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{CaCO}_3$ i druge primjese) 28-32% P_2O_5
 - b) Hiperfosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{CaCO}_3$ i druge primjese) 28-32% P_2O_5
 - c) Mikrofos ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{CaCO}_3$ i druge primjese) 28-32% P_2O_5
 - d) Defloriani fosfati oko 30% P_2O_5

Kalijeva gnojiva

1. Kalijeve sirove soli 28-42% K_2O
2. Kalijeva sol (KCl) 50% KCl
3. Kalijeva sol visoko postotna (KCl) 60% K_2O
4. Kalijev sulfat K_2SO_4 48-52% K_2O
5. Patent kalij ($\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MgSO}_4$) 26-30% K_2O i 8-12% MgO

Složena mineralna gnojiva

- a) Miješana
- b) Kombinirana
- c) Kompleksna

a) Miješana

Kod nas se proizvode u vrlo različitim kombinacijama prema pojedinim kulturama i područjima a najčešća su:

$\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O}$	$\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O}$
4 : 12 : 7	8 : 8 : 8
4 : 8 : 16	0 : 14 : 16
4 : 11 : 9	4 : 10 : 10
4 : 9 : 13	10 : 0 : 10
4 : 11 : 11	10 : 10 : 0

Osim spomenutih postoje i druge kombinacije, koje se posebno naručuju za potrebe pojedinih većih gospodarstava.

b) Kombinirana gnojiva

1. Kalijev nitrat (KNO_3) 13.5% N i 44% K_2O
2. Amonijev fosfat ($NH_4H_2PO_4$) 12% N i 62% P_2O_5
3. Diamonijev fosfat ($(NH_4)_2HPO_4$) 21% N i 53% P_2O_5
4. Amonijev metafosfat (KPO_3) 39% K_2O i 60% P_2O_5
5. Amonijev metafosfat (NH_4PO_3) 18.8% N i 78.1% P_2O_5
6. Kalcijev-magnezijev fosfat 18% P_2O_5 , 17% MgO i 30% CaO
7. Magnezijev-amonijev fosfat ($MgNH_4PO_4 \cdot MgO$) 29% MgO , 10% N i 52% P_2O_5
8. Polifosfati sadrže najčešće od 60-70% P_2O_5 i 30-40% K_2O ili Na_2O

c) Kompleksna gnojiva

Domaća industrija kompleksnih gnojiva INA-Kutina najčešće za sada proizvodi ove kombinacije:

N : P_2O_5 : K_2O	N : P_2O_5 : K_2O
13 : 10 : 12	9 : 18 : 18
12 : 12 : 12	8 : 16 : 22
11 : 11 : 16	15 : 10 : 10
17 : 8 : 9	10 : 20 : 10
14 : 14 : 14	

Plodnost tla

Plodnost tla čine = geološki supstrat + reljef + klima + organizmi + vrijeme

Čimbenici djeluju pojedinačno, ali i u interakciji, kao i kompeticijski u odnosu na prinos, dakako do određenih granica.

Plodnost tla je sposobnost tla da biljci osigura dovoljno hraniva, vode, zraka i topline – jednom riječju da osigura normalne uvjete za rast i razvoj, a čine ju fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla.

- ❖ Potencijalna plodnost tla
- ❖ Efektivna plodnost tla

➤ **Potencijalna** plodnost tla predstavlja prirodnu proizvodnu sposobnost tla, a uglavnom je određena konstelacijom po prirodi danih čimbenika. Može se promijeniti hidromelioracijama agromelioracijama ili antropogenizacijama.

➤ **Efektivna** plodnost tla se izražava ponajčešće veličinom prinosa (priroda) niza kultura na nekom tlu uz određene klimatske prilike i njegu. Obično je to 10-godišnji prosjek prinosa. Zato je bolji termin **produktivnost staništa**.

Produktivnost staništa je u stvari funkcija:

- plodnosti tla.
- klime
- prilagodljivosti i genetskog potencijala
- agrotehnike

Prema tome efektivna plodnost je na lijevoj strani jednadžbe a pod plodnošću je u stvari potencijalna plodnost tla.

$$\text{Prinos} = \text{plodnost tla} + \text{vrijeme} + \text{sorta} + \text{čovjek}$$

↑ ↑
efektivna potencijalna
plodnost plodnost



Prema Edelmanu postoje slijedeće vrste plodnosti tla:

- primarna plodnost
- prirodna plodnost
- tradicionalna plodnost
- tehnološka ili plodnost "poremećenih tala"

➤ **Primarna** plodnost je plodnost "djevičanskih tala"

➤ **Prirodna** plodnost preostaje nakon iskorištenja "primarne", to je plodnost većine tala u "eksploataciji" i ona ovisi o apsolutnoj dubini tla, reljefu, teksturi, građi profila, dreniranosti...

➤ **Tradicionalna** plodnost predstavlja utjecaj antropogenizacije u dužem razdoblju, kao klimaks plodnosti nakon duže uporabe stajskog gnoja, uzgoja djetelinsko-travnih smjesa, leguminoza – tradicionalnih sustava (zahvata) na tlu.

➤ **Tehnološka** ili plodnost "poremećenih tala", oslanja se na prirodnu i predstavlja radikalne zahvate antropogenizacije tala – hidromelioracije i agromelioracijama, s radikalnim promjenama u proizvodnim sposobnostima tla.

Gnojidba tla

Osnovna činjenica koju treba uvažiti je da u slobodnoj prirodi postoji zatvoreni krug kruženja tvari – hraniva. Tlo se iscrpljuje, ali se raspadom organske tvari hraniva ponovo vraćaju u tlo.

U agrosferi je taj krug prekinut. Trajno vlada osiromašenje jer se plodovi koji sadrže hraniva iznose, a samo dio se, npr. u obliku stajskog gnoja vraća natrag u tlo. Fosfor je posebno ugrožen – deponira se u kostima i nepovratno nestaje.

Sva hraniva koja koristi biljka nalaze se u tlu u različitim količinama, ali nikada dovoljno za trajno iskorištavanje tla bez nadoknađivanja, tj. gnojidbe.

Ako još uvažimo činjenicu kako nas ne zanimaju samo prosječni, već maksimalno mogući visoki i stabilni prinosi, proizlazi da je gnojidba imperativ suvremene, intenzivne biljne proizvodnje.

Pitanje!

Ako bi se gnojidba trajno izostavljala, da li bi i kada plodnost tla pala na nulu?

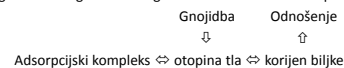
Odgovor:

To je dugotrajan proces, a uzgoj postaje nemoguć zbog nekog od hraniva koje padne ispod minimuma.

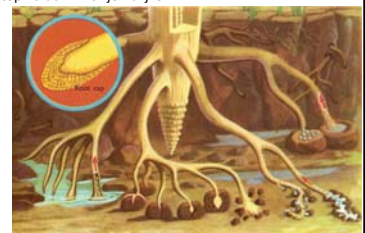
Kretanje biljnih hraniva u tlu

Tlo je dinamička sredina u kojoj vladaju: trajni procesi vezivanja (fiksacije) i imobilizacije hraniva (u humus), oslobađanja izmjenom s adsorpcijskog kompleksa, fiksacijom iz atmosfere (dušik) itd. Tu je i korjenov sustav koji iznosi hraniva pa pomiče ravnotežu, a tu je i gnojidba, koja također pomiče kretanje reakcija.

Ipak, u grubo se mogu navesti 3 glavna aktera u navedenim procesima:



Za pravilnu odluku o gnojidbi
nužno je poznavati
bilancu hraniva
u tlu



Principi diferenciranja gnojidbe



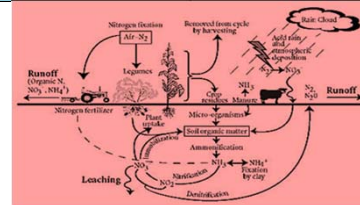
Idealan cilj – visok prinos i povećana produktivnost, bez onečišćenja okoliša i slabljenja osnove za buduću proizvodnju

Stoga dva temeljna načela:

1. prilagodba agroekosustava stanišnim čimbenicima nekog područja, uključujući tlo, vodu, klimu i organizme
2. optimalno korištenje bioloških i kemijsko-fizikalnih resursa u agroekosustavu

Bilanca hraniva - gubici i dobici biljnih hraniva u antropogenom tlu

Gubici hraniva	Dobici hraniva
inaktivacija u organski ili mineralni oblik i štetna fiksacija	aktivacija iz organskog ili mineralnog dijela tla fiksacija
ispiranje iz fiziološki aktivnog profila tla	ascendno kretanje vodom do površine tla
erozija vodom i vjetrom	ascendno donošenje korijenjem iz zdrave u mekutu odnosno gornji sloj tla
denitrifikacija bakterijama	poplave, oborine, vjetar
žetva (berba)	biološka dušična fiksacija (simbiotska i nesimbiotska)
	gnojidba



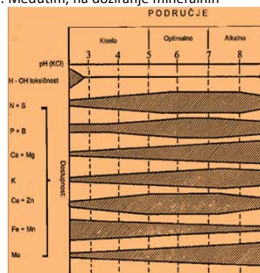
Modeliranje gnojidbe

Čimbenici o kojima ovisi doziranje mineralnih gnojiva

Doziranje organskih gnojiva obično podliježe empirijskim normama ili pak intenzitetu gnojidbe prema volumnoj gustoći (pV) određenog tla. Međutim, na doziranje mineralnih gnojiva utječe niz čimbenika:

- Razina plodnosti
- Klima (aridnost–humidnost)
- Sustav obrade tla
- Primjena organskih gnojiva
- Sustav biljne proizvodnje
- Biološka svojstva i kapacitet rodnosti kulture
- Cijena gnojiva
- Cijena poljoprivrednih proizvoda

- Kriteriji za određivanje količina gnojiva mogu biti:
- Ekobiološki
 - fiziološko gledište
 - pedološko gledište
 - Agronomski
 - Ekonomski



Shematski prikaz odnosa pH i dostupnosti hraniva (širina trake predčava intenzitet procesa i pristupačnosti hraniva)

Za određivanje potrebne količina gnojiva uzima se ekonomski i agronomski kriterij

Količine gnojiva su veće što je genetski potencijal kultivara veći, gnojiva jeftinija, a poljoprivredni proizvodi skuplji; odnosno kakav je **korisni učinak**.

$$\text{Korisni učinak} = \frac{\text{višak prinosa} - \text{vrijednost od gnojidbe}}{\text{povećanje troškova gnojidbe}}$$

Povećanje gnojidbe se isplati sve dok je korisni učinak veći ili jednak 1.

Gnojidba je složen problem, agrotehničke, ekofiziološke i agroekološke naravi.

Količina hraniva u tlu određuje visinu priroda, pri čemu je odnošenje elemenata žetvom uglavnom manje od onih dodanih gnojivima, stoga je učinkovitost i rentabilnost gnojidbe često nezadovoljavajuće niska.

Zbog toga je potrebno dobro poznavati dinamiku i raspoloživost hraniva, posebice dušika, ali i primjenjivati gnojiva u skladu s biološkim, ekonomskim i ekološkim uvjetima.

Gnojidba dušikom

- Tla siromašna organskom tvari ili ukupnim dušikom gnoje se dušikom toliko da se dobije zadovoljavajuće visok prinos, ili malo više od te količine.
- Bogata tla dušikom gnoje se nešto manjim količinama i to u više navrata. Dušik se može dodavati u slučaju potrebe i tijekom vegetacije, jer nagomilavanje u tlu može imati štetne posljedice za biljke uz povećane gubitke zbog ispiranja nitrata ili volatilizacije.
- Potrebna količina dušika zavisi od vrste biljaka i mogućnosti iskorištavanja njihovog genetskog potencijala, broja biljaka po jedinici površine i odnošenja dušika žetvom.
- Biljke usvoje prosječno 50% (ponekad do 70%) od primijenjene količine dušika gnojivom (kod organske gnojidbe i manje).
- Koja ćemo dušična gnojiva koristiti ovisi o vrsti gnojidbe (osnovna, prihrana i dr.), svojstvima tla (pH, struktura tla i td.) i samih gnojiva, postojećoj mehanizaciji (granulirana ili tekuća gnojiva), te na žalost i o dostupnosti određene vrste gnojiva.

Gnojidba fosforom

Fosfor ima dvostruku ulogu:

- a) hranivo
- b) čimbenik plodnosti tla – povoljno djeluje na strukturu, kakvoću humusa, simbiotske fiksatore dušika i na korisnu saprofagnu mezofaunu tla.

- Zbog njegovog kemijskog vezivanja i slabe pokretljivosti u tlu te niske učinkovitosti, fosforna se gnojiva najčešće rabe za osnovnu, rjeđe startnu gnojidbu, a u prihrani samo izuzetno, odnosno fosfor je tada sastojak kompleksnog gnojiva. Fosforna gnojiva se u pravilu ne primjenjuju po površini tla, jer će se u istoj vegetacijskoj godini iskoristiti vrlo mali dio.
- Fosforni ion je slabo pokretan u tlu, te je stoga fosforno gnojivo potrebno unijeti u sve slojeve – prije oranja, pred sjetvu i sa sjetvom.
- Nizak stupanj iskorištenja fosfora iz gnojiva zahtijeva da se siromašna tla u fosforu gnoje s oko 50-100% većom dozom od količine koja se odnosi prirodno, a bogata količinom koja je jednaka sadržaju P u prirodno.
- Iskorištenje fosfora iz gnojiva u prvoj godini primjene često ne prelazi 20%, dok se ostatak transformira u manje pristupačne oblike i koristi se postupno narednim usjevima. Gnojidba na zalihu je gnojidba 2-3-4 godine unaprijed sa dvo- do četverostruko većim količinama odjednom, a kasnije se gnoji samo dušikom.

Gnojidba kalijem

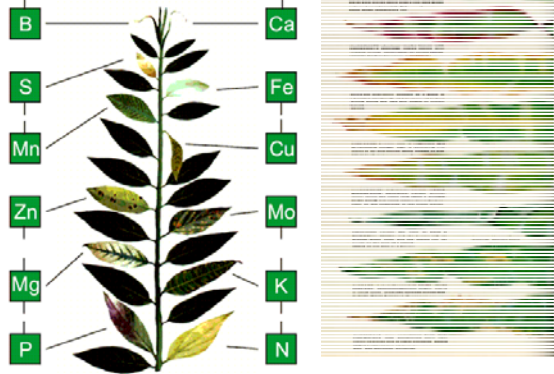
- Kalijska gnojiva bolje se iskorištavaju od fosfornih, a nešto slabije od dušičnih (do 50% u prvoj godini), ali efikasnost im može biti vrlo niska na tlima slabo opskrbljenim kalijem i visoke fiksacijske moći. Stoga se siromašna tla kalijem gnoje s 25-50% većom količinom hraniva od odnošenja prirodom, a srednja i dobro opskrbljena dozom koja je jednaka odnošenju prirodom.
- Efikasan način sprječavanja jače i štetne fiksacije kalija na glinene minerale je jakom humusnom gnojidbom, jer se tada ioni kalija vežu pretežno na humusne koloide s kojih se lako desorbiraju.
- U suvremenoj gnojidbi sa smanjenim udjelom organskih gnojiva povećava se vrijednost kalijeva sulfata kao dobrog izvora sumpora.
- Postavlja se pitanje, dali dodati K-sulfat ili K-klorid. Duhan, krumpir, loza, paprika, hmelj, voćke preferiraju K-sulfat, jer Cl- ion loše utječe na kakvoću.
- Što se tiče redovne gnojidbe, te gnojidbe na zalihu, općenito vrijede ista pravila kao kod gnojidbe fosforom. Dakle, općenito vrijedi, da gnojidbu na zalihu možemo provesti u uvjet da tlo ima dovoljnu adsorpcijsku moć i da nema štetne fiksacije kalija u većoj mjeri.

pH i pristupačnost hraniva

Soil Acidity	N%	P%	K%
4.5	30%	23%	33%
5.0	53%	34%	52%
5.5	77%	48%	77%
6.0	89%	52%	100%
7.0	100%	100%	100%

Simptomi nedostatka hraniva

Na vrhovima: Ca i B
Na mlađim listovima: Cu, S, Fe i Mn
Na starijim listovima: N, P, K, Mg, Zn i Mo



BIOLOGIJA TLA

Živi organizmi koji žive u tlu i na tlu čine sastavni dio biosfere, ali s tlom (pedosfera) čine vrlo složene odnose.

Koncentracija organizama u pedosferi znatno je veća nego u atmosferi i litosferi.

Uloga organizama u tlu:

- Kontinuirano izmjenjuju energiju između različitih medija (pedosfera, litosfera, atmosfera)
- Nakupljaju, usitnjavaju (organizmi) i razgrađuju (mikroorganizmi) organsku tvar
- Obogaćuju tlo organskom tvari i sudjeluju u sintezi humusa
- Sudjeluju u oksidaciji i redukciji mineralnih elemenata ishrane
- Dreniraju i prozračuju tlo
- Sudjeluju u biološkom kruženju u sustavu (tlo – biljka – atmosfera)
- Mehanički miješaju i agregiraju tlo

Svojstva tla (pH, vlaga, toplina, zrak, hrana) značajno utječu na vrstu i brojnost organizama tla
Krajnji produkt oksidacijskih procesa (razgradnje) je H₂O, CO₂ i mineralne tvari.

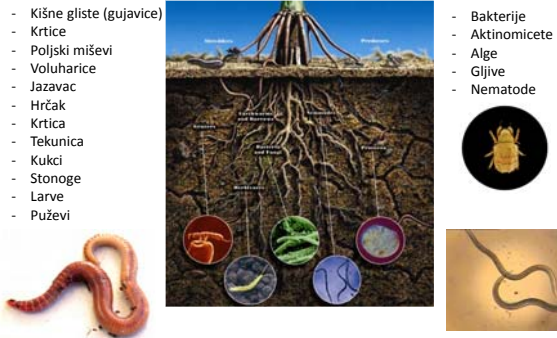
Organizmi tla

Makroorganizmi

Mikroorganizmi

- Kišne gliste (gujavice)
- Krtice
- Poljski miševi
- Voluharice
- Jazavac
- Hrčak
- Krtica
- Tekunica
- Kukci
- Stonoge
- Larve
- Puževi

- Bakterije
- Aktinomicete
- Alge
- Gijive
- Nematode



Makroorganizmi

Kišna glista (gujavica) – *Lumbricus terrestris*, najvažniji je predstavnik makrofaune tla.

- Njihova brojnost i "kvaliteta" mogu se koristiti kao kriterij procjene zdravlja tla
- Preferiraju vlažna, topla i organskom tvari bogata tla, približno neutralne pH reakcije
- Usitnjavaju rezidue, stimuliraju mikrobiološku dekompoziciju i oslobađanje hraniva
- Fiziološki produkti bogati su N, P, K i drugim makro i mikrohranivima
- Popravljaju strukturu, poroznost i kapacitet tla za vodu
- Unoseći žetvene ostatke s površine u dublje slojeve, smanjuju intenzitet biljnih bolesti
- Popravljaju infiltraciju vode i razvoj korijenja viših biljaka kopajući kanaliće
- Vraćaju isprana hraniva iz dubljih u površinski sloj tla

Masa gujavica po 1 hektaru može biti od nekoliko desetaka kilograma do preko 1000 kilograma



Mikroorganizmi

Mikroorganizmi čine 1–2% ukupne mase organske tvari tla.

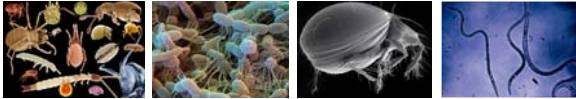
Pri krajnjoj razgradnji organske tvari (ciklus razgradnje) 2/3 organskog ugljika oslobađa se kao CO₂, a 1/3 organskog ugljika iskoristi se za izgradnju stanica mikroorganizama ili postaje sastavnica humusa.

Najvažniji predstavnici mikroorganizama jesu bakterije i čine do 80% od ukupnog broja mikroorganizama.

Bakterije mogu biti aerobi ili anaerobi.

Preferiraju neutralnu reakciju (pH 6,5-7,2), topla i vlažna tla, te dovoljno hrane.

Prosječna masa bakterija u poljoprivrednom tlu kreće se od 1500 kg do 2500 kg (ovisno o tipu tla).



Bakterije

Autotrofne

- Nitrifikacijske
- Sumporne
- Željezne

Heterotrofne

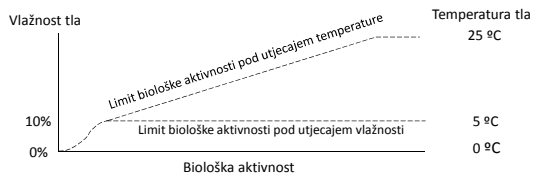
Koriste se dušikom iz organske tvari

- Amonifikatori
- Denitrifikatori
- Razarači masti
- Razarači ugljikohidrata

Koriste se dušikom iz atmosfere

- Simbiotske
- Asimbiotske

Utjecaj faktora temperature i vlažnosti na intenzitet razgradnje organske tvari tla



Intenzitet razgradnje organske tvari tla u vremenu

