

# ORGANSKA TVAR TLA

prof. dr. sc. Vesna Vukadinović

1

Organska tvar (OT) tla čini do 10 % čvrste faze tla (izuzev treseta).

Potječe od ostataka više ili manje razloženih živih organizama (edafon) koji iznova grade organske spojeve tla, ali bitno različite u odnosu na živu tvar.

Količina OT je mala u usporedbi s ostalim komponentama tla, ali uvjetuje razliku između tla, kao prirodnog supstrata biljne ishrane i rastresite mase stijena nastalih fizikalnim, kemijskim ili biološkim procesima raspadanja.

OT izrazito utječe na čitav niz pedofizikalnih i pedokemijskih svojstava: struktura, poroznost, gustoća, kapacitet tla za vodu, sorpcija iona, sadržaj biogenih elemenata (N, P, S, ...).

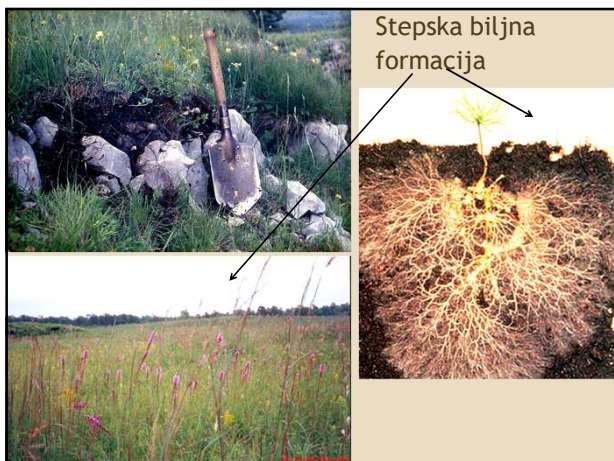
2



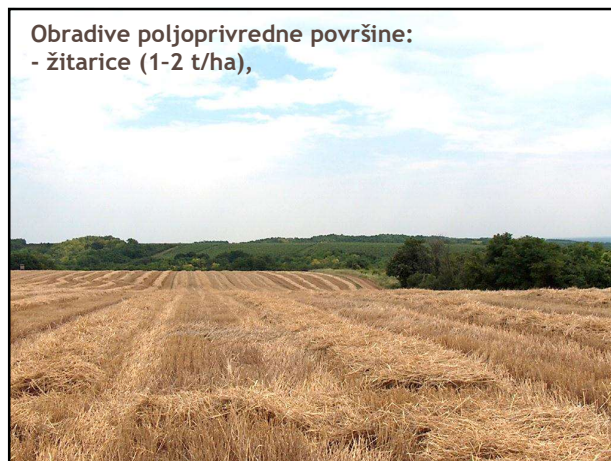
3



4

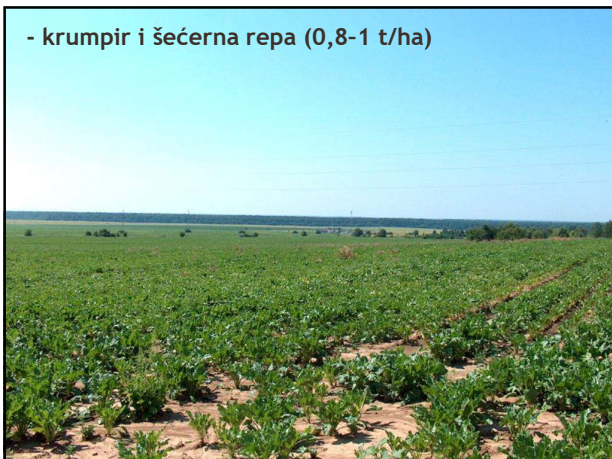


5



6

- krumpir i šećerna repa (0,8-1 t/ha)



7

- trajne livade (6 - 7 t/ha);

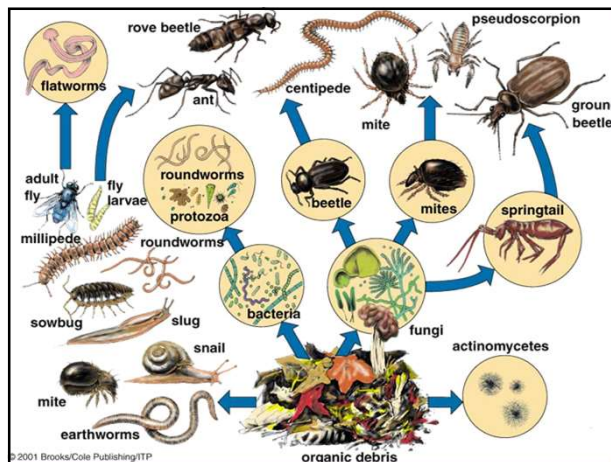


8

- fauna tla ostavi 200 - 500 kg/ha, a mikroorganizmi do 100 kg/ha suhe tvari.



9



10

Elementarni sastav suhe tvari organskog otpada:  
C = 45% ; O = 42% ; H = 6,5% ; N = 1,5% ; pepeo = 5%.

- Glavnina organskih ostataka: celuloza, hemiceluloza i lignin (C, H i O); a manji dio proteini (C, H, O, N, a neki sadrže i S, P, Fe, ...)
- ostaci šumskog bilja su bogati celulozom (50-60%), ligninom (20-40%) i taninom, a siromašni proteinima; → u listopadnim šumama pepeo je bogat kalcijem
  - kod trava je obrnuta situacija; pepeo je bogat kalijem
  - najviše bjelančevina sadrže tijela mikroorganizama (40-70%);
  - osnovnu masu pepela (MT) čine: Ca, Mg, K, N, Si, P, S, Fe, Al, Mn i Cl.

11

Podjela OT prema veličini čestica je vrlo slična podjeli MT. Krupnije čestice OT koje su sačuvala svoju organiziranu strukturu žive tvari predstavljaju inertnu organsku rezervu tla. Frakcije čije čestice imaju svojstva koloidnih micela označavaju se kao humus i humusne kiseline. Zahvaljujući svojim koloidnim svojstvima ovaj dio OT u tlu je vrlo aktivan.

Prema Vaksmanu: "Humus je proizvod žive tvari i njen prirodni izvor, humus je rezerva i stabilizator organskog života na Zemlji".

12

Ugljik i dušik organske tvari potječu iz atmosfere, odakle su dospjeli u tlo asimilacijskim procesima mikroorganizama i viših biljaka.

Sumpor djelomično potječe iz atmosfere (plinovi SO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>S), dok fosfor isključivo vodi porijeklo od matičnog supstrata ili stijene.

Elementi koji ulaze u sastav humusa, u procesu razgradnje OT, koju obavljaju mikroorganizmi tla, prelaze u mineralne oblike i postaju biljkama pristupačni (raspoloživi).

13

## TRANSFORMACIJA ORGANSKE TVARI U TLU

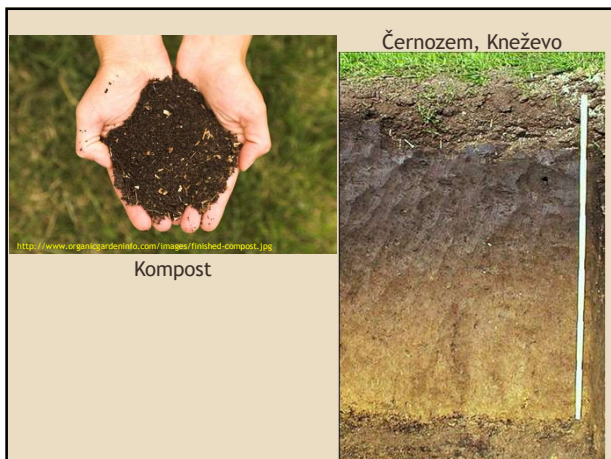
je skup procesa tijekom kojih se mijenja izgled, struktura, volumen, masa i sastav (< C:N odnos) OT.

⇒ Organski ostaci prelaze u tamnu masu - HUMUS, koji je čvrsto vezan s mineralnim dijelom tla i ne može se od njega odvojiti mehaničkim putem.

Transformacija se odvija tijekom:

a) kemijskih procesa - pod utjecajem atmosferske vode, kisika, fermenta i mineralnih katalizatora u stanicama organizama šećeri prelaze u aminokiseline, tanin i lignin u proteine → nastaju tvari za sintezu humusa;

14



15

b) djelovanjem faune - životinje mehanički usitnjavaju organske ostatke i miješajući ih sa MT djelomično provode biokemijske promjene;

c) djelovanjem mikroorganizama - najdublje promjene; oko 25% razložene OT mikroorganizmi koriste za ugradnju u svoje organizme, a 75-80% produkata hidrolize troše kao energetski materijal i razlažu do kraja (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O,...).

Proces oslobađanja organski vezanih elemenata u pristupačne oblike naziva se mobilizacija hraniva ili mineralizacija. To su svi procesi transformacije nepristupačnih rezervnih hraniva u pristupačne uz razgradnju humusa do niskomolekularnih organskih spojeva podložnih mineralizaciji ili izravno pogodnih za usvajanje korijenom.

16

U tlima pod prirodnim biocenozama intenzitet stvaranja i razgradnje OT su u ravnoteži, a rezultat je stabilniji sadržaj humusa.

Uključivanjem tla u poljoprivrednu proizvodnju procesi transformacije se intenziviraju stoga se može izvesti zaključak kako postoji sklonost svih poljoprivrednih tala prema smanjivanju sadržaja OT.

Brzina kojom opada sadržaj OT ovisi o sustavu gospodarenja i korištenja nekog tla. Pri izvođenju bilo koje agrotehničke mjere treba voditi računa o pozitivnim ili negativnim efektima na bilancu organske tvari u tlu.

Pad sadržaja OT u tlu je prilično spor proces u normalnim uvjetima iskorištavanja tla.

17

## Žetveni ostaci - pšenica



18

### Žetveni ostaci - suncokret



19

Tehnički problem zaoravanja velike količine žetvenih ostataka u poljoprivrednoj proizvodnji još je uvijek problematičan.

Mineralizacija velikih količina svježe OT zahtijeva dodatnu N-gnojidbu zbog "dušičnog manjka" te siromaštva žetvenih ostataka dušikom, fosforom, kalijem i ostalim biogenim elementima, koje je praćeno visokim sadržajem celuloze.

Suvremena znanost smatra žetvene ostatke vrijednim proizvodom koji oslobađa velike količine iskoristive energije. Znači - veliku masu žetvenih ostataka treba zaorati na parceli ili na neki drugi način iskoristiti što bliže mjestu nastanka, npr. na samom gospodarstvu. Hranjive tvari su tada na mjestu primjene, nije potreban nikakav transport, pa mala količina biogenih elemenata nije razlog njihovog spaljivanja.

20

U integriranoj biljnoj proizvodnji zabranjeno je paljenje žetvenih ostataka (slama, kukuruzovina, ...) na obradivim površinama, osim u cilju sprečavanja širenja ili suzbijanja biljnih štetočinja.



21

„Žetveni ostaci neće se spaljivati na poljoprivrednim površinama“

- Pravilnik o dobrim poljoprivrednim i okolišnim uvjetima ([NN 89/11](#)).



22

Žetveni ostaci se na tlima dobre biogenosti brzo razlažu, utječu na povećanje mikrobiološke populacije različitih mikroorganizama i mezofaune, a i primjena manjih količina dušika za podešavanje povoljnog C/N omjera ne predstavlja posebnu poteškoću.

Jedan dio djelomično razložene OT pomoću mikroorganizama ponovno gradi humus, a proces se naziva *humifikacija*. Mnoga istraživanja pokazuju da hranjive tvari iz žetvenih ostataka imaju istu hranidbenu vrijednost kao i one koje sadrži stajnjak.

Uvjeti oksidoredukcije u tlu značajno utječu na razgradnju svježe unesene organske tvari u tlo.

23

Metabolizam mikroorganizama u tlu uvjetovan je Eh potencijalom i mogućnošću oksidacije OT.

Oksidoredukcijski potencijal (Eh) u tlu rijetko prelazi vrijednosti **+700mV** (oksidacijski uvjeti), odnosno **-300mV** (redukcijski uvjeti).

U oksidacijskim uvjetima (Eh $\geq$  +300mV) tlo sadrži dovoljno kisika i tada djeluju *aerobni mikroorganizmi*.

Kod Eh= -100mV organsku tvar razlažu *fakultativno anaerobni mikroorganizmi*, a u redukcijskim uvjetima (Eh $\leq$  -100mV) *anaerobni mikroorganizmi*.

24

Ovisno o Eh potencijalu, zone oksidoredukcije u tlu su prema Chen-u i Avnimelech-u sljedeće:

- **redukcija kisika:**  $E_h \geq +300$  mV (aerobna respiracija);
- **redukcija nitrata i  $Mn^{4+}$ :**  $E_h = +100$  do  $+300$  mV (fakultativna anaerobna respiracija);
- **redukcija  $Fe^{3+}$ :**  $E_h = -100$  do  $+100$  mV (fakultativna anaerobna respiracija);
- **redukcija sulfata:**  $E_h = -200$  do  $-100$  mV (anaerobna respiracija);
- **nastanak metana:**  $E_h \geq -200$  mV (anaerobna respiracija).

25

Nakon razlaganja (**katabolizam**) svježe unesene OT u tlo slijedi transformacija pomoću živih organizama (**anabolizam**) u humus (**humifikacija**).

U prvom stupnju presudna uloga pripada gljivama, makro i mezofauni tla (**predigestivna faza**).

U slučaju nepovoljnih uvjeta (anaerobioza, saturacija tla vodom) prvi razarači postaju bakterije. Tada nastupa **putrefakcija** uz proizvodnju otrovnih supstanci (metan, formaldehid, hidrogensulfid, fosfin).

Sitni fragmenti OT nakon prve faze, ekskrementi makro i mezofaune vrlo su povoljan medij za rast bakterija, algi i nematoda.

26

Najveći dio  $CO_2$  odlazi u atmosferu, a samo mali dio se ugradi u novonastali humus.

Od ugljikohidrata  $< 20\%$  se transformira u humus, a  $> 75\%$  lignin, tanin i fenolne komponente

Dušik se humificira s koeficijentom od približno 50%.

Humus se kao aktivna koloidno-organska frakcija tla vezuje s mineralnom komponentom na različite načine te nastaju stabilni organomineralni kompleksi koji su temelj vezivanja mehaničkih elemenata tla u strukturne agregate.

27

### Podjela organske tvari tla (Kononova):

**Nespecifične humusne tvari:** 10-15% od ukupne količine OT; čine ih: bjelančevine, aminokiseline, ugljikohidrati, poliuronske kiseline, aminosaharidi, polifenoli, aktivne tvari - fermenti vitamina i antibiotika, te smola i lignina.

**Specifične humusne tvari** su visoko molekularni produkti humifikacije koji čine 85-95% OT, nastali su kondenzacijom i polimerizacijom, tamno smeđe su boje i koloidnih dimenzija. Dijeje se na:

1. humusne kiseline
  - huminske kiseline
  - fulvo kiseline
2. humini

28

### Geneza organomineralnih spojeva

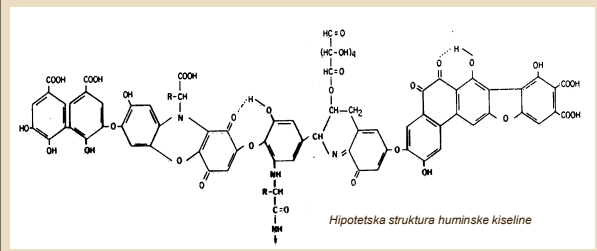
- ionske veze minerala gline i organskih kationa i aniona,
- humati jakih baza i huminske kiseline,
- organski kationi izmjenjuju anorganske katione s izmjenjivača gline (mineralni dio adsorpcijskog kompleksa),
- viševalentni kationi (Ca, Mg, Fe, Al) kao most organskog i anorganskog dijela,
- dipolne organske molekule mogu umjesto dipolne vode u hidratacijskim opnama zamijeniti katione i stvoriti veze ion-dipol, preko O-mostova,
- H-mostovi, veza organomineralnih spojeva
- helatna veza, stvaranje kompleksnih spojeva između humusnih tvari i metala.

29

**Huminske kiseline** ekstrahiraju se iz tla lužinama kao tamno obojene otopine, a talože se s kiselinama u obliku gela.

Molekularna masa im je 10.000-100.000, a elementarni sastav:

**C=51-62%; H=2,8-6,6%; O=31-36% i N=3,6-5,5%.**



30

Jezgre huminskih kiselina su ciklične prirode i vezane mostićima tipa -O-, -N=, -NH- ili -CH<sub>2</sub>.

Na jezgre su vezani polimerni ugljikovi lanci koji nose funkcijske ili reakcijske grupe: karboksilna (-COOH), fenolhidroksilna (-OH), metoksilna (-OCH<sub>3</sub>) i karbonilna (=CO) koje određuju karakter veze huminskih kiselina i čestica tla.

- ♦ s dvovalentnim i trovalentnim kationima stvaraju teško topive soli, koje se u tlu javljaju u vidu gela, te se ne ispiru,
- ♦ zadržavaju se u površinskim dijelovima profila tla,
- ♦ kao hidrofobni koloidi predstavljaju cement prilikom koagulacije,
- ♦ sorbiraju i drže vodu, adsorbiraju i izmjenjuju ione,
- ♦ rezerva biogenih elemenata (N, Mo, B, P, S),
- ♦ sadrže stimulatore rasta i antibiotike.

31

Fulvokiseline su žućkaste (*fulvus* = žuto) do crvenkaste boje. Najviše ih ima u sirovom humusu crnogoričnih šuma (šumska tla na jako kiselim matičnim supstratima siromašnim bazama). Međutim, prisutne su u svim tlima (15-40 %), ovisno o kemijskom sastavu OT, klimi, geološkom supstratu, itd.

Molekularna masa je 1.000-5.000, a zaostaju u otopini nakon taloženja huminskih kiselina.

Elementarni sastav:

C = 42-47%; H = 3,5-5%; O = 45-50% i N = 2-4,1%.

Otopine fulvokiselina u vodi su jako kisele reakcije (pH 2,6-2,8) i slabih koagulacijskih sposobnosti.

32

S kationima alkalnih metala i NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-ionima stvaraju soli (fulvate), lako topive u vodi, te podložne migraciji. Fe-fulvati su topiviji u vodi od Al-fulvata, te je intenzitet njegove migracije i izlučivanja konkrecija morfološki pedogenetski pokazatelj i kriterij za određivanje nekih dijagnostičkih horizonata, npr. eluvijalnog (E) i iluvijalnog (B).

Humini se otapaju u toploj lužini (NaOH), a smatra se da su to reducirani anhidridi humusnih kiselina čvrsto vezani za mineralni dio tla. Sadržaj u humusu se kreće od 20 do 40% (najviše u glinastim, slabo aeriranim tlima).

33

Sve dok C/N omjer ne padne na određenu vrijednost, sav oslobođeni N iz razgradnje organske tvari koriste mikroorganizmi za svoje potrebe. Oslobođanje dušika i mogućnost usvajanja od strane viših biljaka započinje tek kad je  $C/N < 25:1$ , a potpuna asimilacija od strane mikroorganizama je kod  $C/N > 33:1$ .

Dušik je ugradnjom u živu tvar mikroorganizama privremeno izgubljen za ishranu bilja. Takav vid imobilizacije naziva se biološka fiksacija dušika koja traje do uginjanja mikroorganizama (odnosno, do mineralizacije mase mikroorganizama).

34

## PODJELA HUMUSA

I. Terestrični humus - najvažnije kopnene forme humusa su: sirovi (rohhumus), zreli (mullhumus) i prijelazni (moderhumus).

a) Rohhumus (sirovi humus) - formira se u hladnoj, vlažnoj klimi na tlima jako kisele reakcije, siromašnim bazama, glinom i drugim biljnim hranivima, ali dobro dreniranim (šumski podzoli). U sastavu dominiraju fulvokiseline te znatno ubrzavaju procese razgradnje mineralnog dijela tla.

Osim kiselog postoji i specifična forma sirovog humusa alkalne reakcije čija je geneza uvjetovana suhom pedoklimom u šumama crnog bora na dolomitima.

35

b) Moderhumus (polusirovi/prijelazni humus) - prijelazna forma prema zrelom humusu. Hladna i humidna klima, prirodna vegetacija su šume (listopadne i miješane), uglavnom plitka tla siromašna bazama.

c) Mull humus (zreli humus) - nastaje u umjereno toploj i toploj, uglavnom semihumidnoj do semiaridnoj (stepskoj) klimi. Tla su bogata bazama, sekundarnim alumosilikatima i povoljnih vodnozračnih odnosa. Prirodnu vegetaciju čine travne formacije, mješovite listopadne šume, poljoprivredne površine. Ova forma ima povoljan C:N odnos oko 10.

36

II. **Hidromorfni humus** - nastaje u tlima koja su veći dio godine saturirana vodom, te prevladavaju anaerobni uvjeti. Razlikuju se:

a) **močvarni humus** nastao tijekom prekomjernog vlaženja uz povremeno isušivanje. Močvarna vegetacija se razgrađuje uglavnom pod utjecajem anaerobnih bakterija, ne stvara se treset već se biljni ostaci miješaju s glinom.

b) **tresetni humus** - forma humusa s najslabijom biološkom aktivnošću. U uvjetima hladne i vlažne klime se slabo razgrađena OT akumulira u vidu debelih naslaga debljine i do nekoliko metara. sadržaj mineralne tvari je 2-3 %, jako je kisele reakcije, siromašan dušikom (C:N ≈ 40).

37

### Sadržaj humusa u tlu

Sadržaj humusa u tlima varira u širokim intervalima:

- 0-20 cm = 0,1-0,5% mas. do > 50% mas.
- oranični horizonti = 1,5-5% mas.
- planinska tla = 20-30% mas.
- treseti = ≥ 70% mas.

Na temelju količine humusa ocjenjuje se humoznost tla (*Gračanin*):

- vrlo slabo humozna < 1%
- vrlo jako humozna > 10%
- ekstremno humozna < 30%
- tresetna tla > 30%

38

Klasifikacija poljoprivrednih tala prema humoznosti (*Mückenhausen, 1975.*)

Humoznost	% humusa u P horizontu
Veoma slabo humozna tla	< 1
Slabo humozna tla	1 - 2
Srednje humozna tla	2 - 4
Jako humozna tla	4 - 8
Vrlo jako humozna tla	8 - 15
Polutresetna tla	15 - 30
Tresetna tla	> 30

39

### ZNAČAJ ORGANSKE TVARI U TLU

- 1) Izvor biljnih hraniva
- 2) Osnovni činitelj strukture tla
  - + stabilnost strukturnih agregata tla,
  - + činitelj kultivacije tla,
  - + olakšava kretanje vode i zraka u tlu,
  - + retencija vode,
  - + sprječava eroziju,
  - + puferni efekt (hraniva, pesticidi, itd.),
  - + sprječava ispiranje hraniva,
  - + daje tamnu boju tlu (zagrijavanje),
  - + snižava gustoću čvrste faze tla ( $\rho_{\text{min}} \approx 2,65$ ;  $\rho_{\text{humus}} = 0,90$ ).

40

#### Korištena literatura:

- Bogunović, M. (2005): Pedologija - autorizirane pripreme za predavanja. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju. Zagreb.
- Filipovski, G. (1974): Pedologija. Univerzitet "Kiril i Metodij" Skopje. Skopje.
- Resulović, H., Čustović, H. (2002): Pedologija - opći dio. Univerzitet u Sarajevu. Sarajevo.
- Škorić, A. (1991): Sastav i svojstva tla. Fakultet Poljoprivrednih znanosti. Zagreb.
- Vidaček, Ž. (2000): Opća pedologija - autorizirane pripreme za predavanja. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju.
- Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011): Ishrana bilja. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek.
- internet

41