

PEDOLOGIJA I MIKROBIOLOGIJA TLA

MINERALNA TVAR TLA

prof. dr. sc. Vesna Vukadinović

1

Anorgansku komponentu čvrste faze tla čine mineralne tvari porijeklom iz Zemljine kore (litosfere) - eruptivne, sedimentne i metamorfne stijene.

1. *fragменти чврстих stijena* (šljunak i kamen);
2. *međuproizvodi trošenja i neogeneze*;
3. *oksidi silicija, aluminija, željeza i mangana*;
4. *nesilikatni minerali*;
5. *sekundarni alumosilikati* (minerali gline).

Konačni produkti trošenja su ioni koji ulaze u sastav otopine tla ili adsorpcijskog kompleksa.

2

U građi litosfere sudjeluju oko 92 različita kemijska elementa, od kojih samo 8 čini 98 % njene mase.

Elementarni sastav litosfere

Element	Percentage	Category
Oxygen	47%	
Silicon	28%	
Aluminum	8.1%	Metals
Iron	5.0%	Metals
Calcium	3.6%	Metals
Sodium	2.8%	Bases
Potassium	2.6%	Bases
Magnesium	2.1%	Bases
Others	0.8%	

3

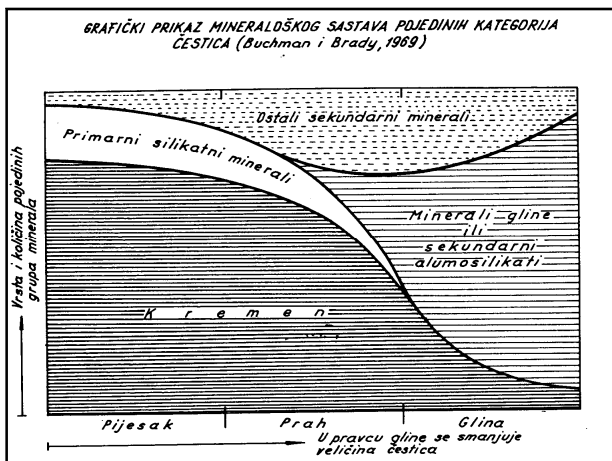
Slijed stabilnosti minerala:

olivin < granit < piroksen < amfibol < biotit < plagioklas < ortoklas < muskovit = minerali gline < kremen je najstabilniji.

U pjeskovitoj i praškastoj frakciji tla prevladavaju primarni minerali, a u glinastoj produkti trošenja i transformacije - oksidi, hidroksidi, minerali gline = sekundarni alumosilikati.

U sastavu mineralne tvari tla nalazimo više skupina.

4



5

OKSIDI SILICIJA

- ▣ *Kvarc* dospjeva u tlo raspadom kiselih eruptiva ili transformacijom ortosilicijeve kiseline (H_4SiO_4) - H_2O + kondenzacija = polisilicijeve kiseline + vrijeme = *opal* (amorfni SiO_2 s 3-13% vode) - H_2O = sekundarni kvarc (brašnaste nakupine na agregatima);
- ▣ građevni element sekundarnih alumosilikata;
- ▣ *amorfni Si-oxid je topiv do pH 7,5 - 8,0*;
- ▣ pojava unutar profila je znak *podzolizacije* → relativna akumulacija unutar profila tla daje svijetlo sivkaste tonove i bijelu boju eluvijalnog horizonta.

6



7

OKSIDI ALUMINIJA

Topivost Al^{3+} iona raste s povećanjem koncentracije H^+ iona, a slobodni Al^{3+} ioni su prisutni u većim količinama u jako kiselim tlima.

Ionski oblici aluminija štetno djeluju na biljke (slab razvoj korijena, otežano primanje fosfora, Mg^{2+} , Ca^{2+}).

OKSIDO-HIDROKSIDI ŽELJEZA

Relativno male količine željeza se tijekom neogeneze ugrađuju u sekundarne alumosilikate (nontronit, vermikulit i klorit).

Oksidi željeza daju žutu, smeđu, crvenkastu boju tlu (indikator hidrotermičkih i kemijskih uvjeta u tlu).

Javljuju se u vidu seskvioksidnih konkreција, a djeluju kao vezivo pri stvaranju strukturnih agregata tla.

8

Hematit (tropski i suhi uvjeti intenzivnog raspadanja organskog i mineralnog dijela tla), **getit** (umjereni klima, puno OT, obilje CO_2), **ferihidrit** (hladnija i vlažnija klima).

U redukcijskim uvjetima prisutni su lako topivi Fe^{2+} -hidroksidi (fosfati, karbonati i sulfidi).

$Fe(III)$ -oksidi su slabije topivi. Topivost im je veća ispod pH 8, odnosno pH 3.

Vivijanit ($Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$) - oglejavanje

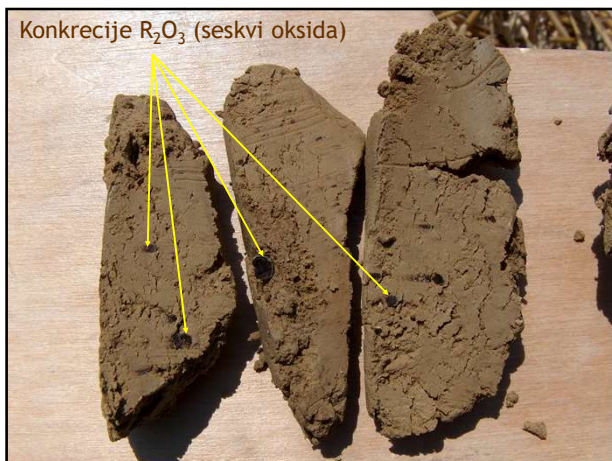
Redoks procesi

9

OKSIDI MANGANA

- u anaerobnim uvjetima mangan lako reducira, postaje pokretljiv, te se nakuplja u pukotinama gdje ponovnom oksidacijom prelazi u **piroluzit** (MnO_2);
- piroluzit s hidratiziranim oksidima mangana izgrađuje crne mazotine, konkreције i kore;
- stvaraju smeđe-crne do crne prevlake na strukturnim agregatima tla;
- **Fe-Mn konkreције** su metalnocrne boje;
- **Mn(II)-oksidi su topivi** - mobilni, aktivni oblici hraniva.

10



11

NESILIKATNI MINERALI

- Karbonati**
 - ▣ oblici: $CaCO_3$ - kalcit; $CaCO_3 \cdot xMgCO_3$ - dolomit;
 - ▣ naslijeđeni iz sedimentnih karbonatnih supstrata (vapnenca, dolomita, lapora, fliša).
- Fosfati**
 - ▣ ima ih relativno malo u tlu (< 0,05 %);
 - ▣ apatit (Ca-fosfat sa Cl, Fl ili OH), sekundarne soli Ca, Fe, Al.
- Sulfati - sulfidi** (anaerobni uvjeti)
- ▣ aridna područja - iscvjetanja soli ili konkreције gipsa.
- Kloridi i nitrati** - lako topive soli.

12

MINERALI GLINE

13

Sekundarni alumosilikati s organskom tvari čine aktivnu, koloidnu frakciju tla.

Predstavljaju manji dio čvrste faze tla u odnosu na količinu primarnih minerala, izuzev u nekim tlima tropskog pojasa. Imaju svojstva koloida, pretežno su negativnog naboja, kao i organska tvar tla, te su sposobni sorbirati katione.

Sorpcijska sposobnost označava se kao **CEC** (*Cation Exchange Capacity*) ili **KIK** (*kationski izmjenjivački kapacitet*), a izražava u **meqv 100g⁻¹** tla ili u **cmol₍₊₎ kg⁻¹**

14

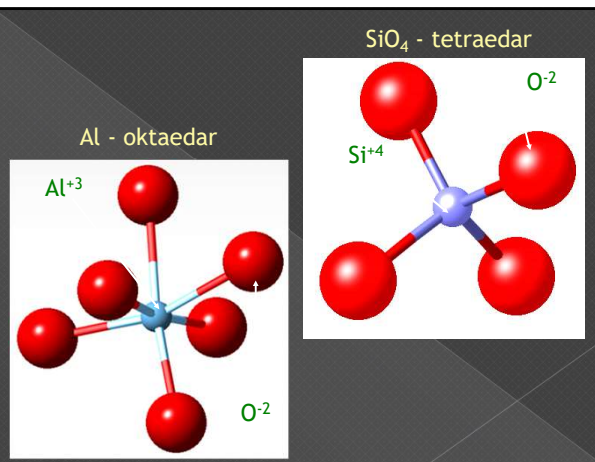
Sekundarni alumosilikati su građeni uslojeno po modelu tinjaca (filosilikati), a elektrostatskim silama vežu katione na vanjskim (nespecifično) i unutarnjim površinama (specifično).

Dvije osnovne građevne ili strukturne jedinice (Si-tetraedri i Al-oktaedri) se povezuju plošno u slojeve, koji se međusobno vežu i slažu u osnovni listić (lamelu). Lamelle se nakupljaju u paketici od 10 - 40 listića.

Različitim kombinacijama osnovnih strukturnih jedinica nastaju svi poznati minerali gline, npr.:

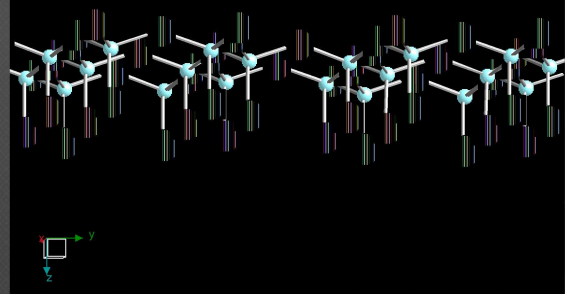
- kaoliniti,
- smektiti (montmoriloniti),
- iliti ili hidratizirani liskuni.

15



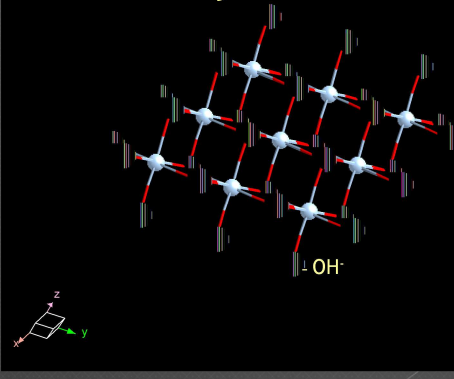
16

Sloj SiO₄-tetraedra

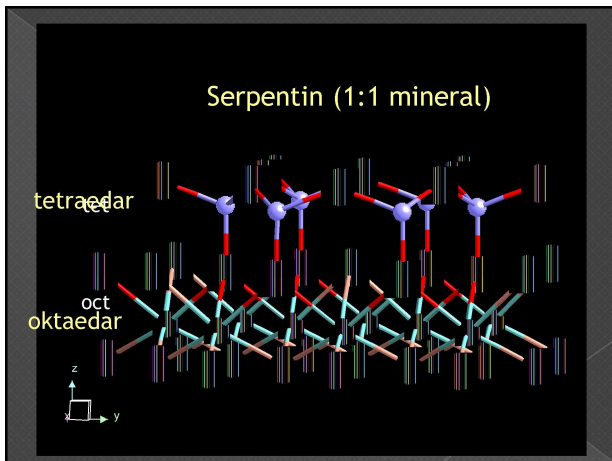


17

Sloj Al-oktaedra



18

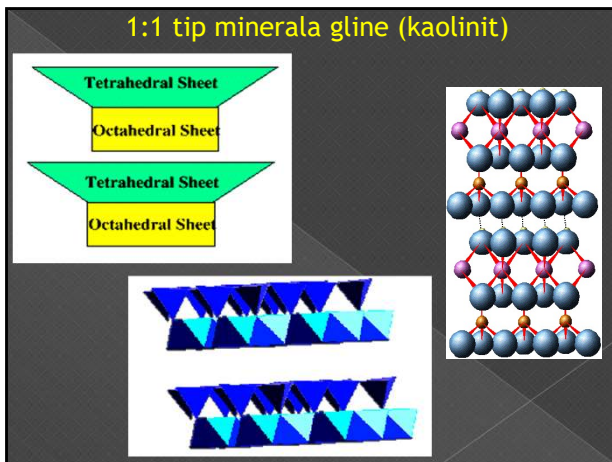


19

Osnovna svojstva koloida tla

Koloid	Veličina (mm)	Površina (m ² g ⁻¹)		Medulamelarni prostor (nm)	CEC (mekv 100g ⁻¹)
		Vanjska	Unutarnja		
Kaolinit	0.1-5.0	10-50	-	0.7	5-15
Illit	0.1-2.0	50-100	5-100	1.0	15-40
Vermikulit	0.1- 5.0	50-100	450-600	1.0-1.4	100-120
Smektit	< 1.0	70-150	500-700	1.0-2.0	85-110
Humus	-	-	-	-	100-300

20



21

Kaoliniti (kaolinit, dikit i nakrit) su građeni iz jednog sloja SiO_4 -tetraedara i jednog sloja Al-oktaedara međusobno čvrsto vezanih atomom kisika.

Zbog omjera strukturnih jedinica svrstavaju se u grupu minerala **1:1**.

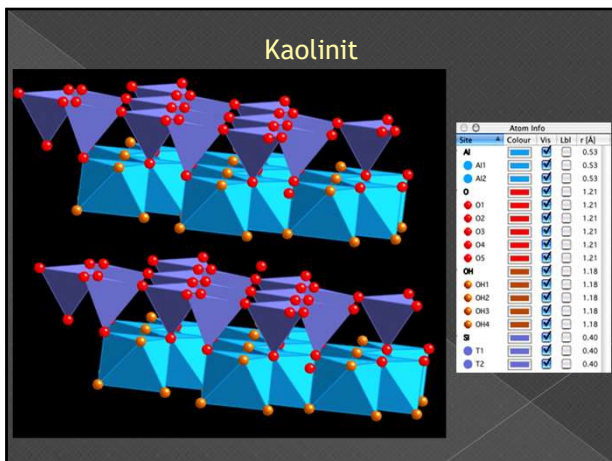
Električni naboj je raspoređen samo na površini minerala pošto je međulamelarni prostor razmaka oko 0,7 nm.

Sposobnost adsorpcije kaolinita je mala (**3-15 mekv 100g⁻¹**). Specifična površina iznosi 5-20 m² g⁻¹.

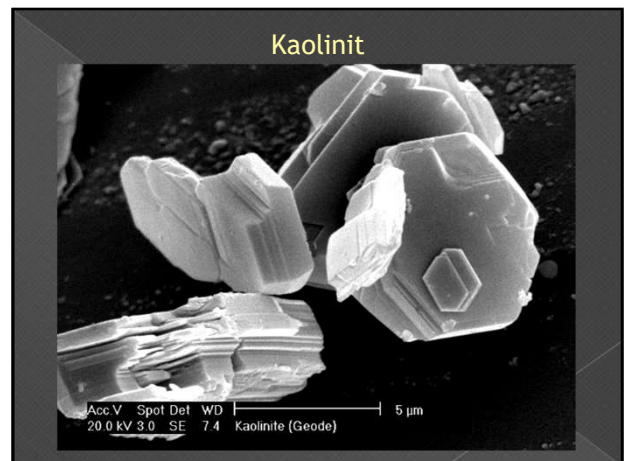
Posjeduje minimalnu plastičnost, bubrenje, te nisku koherentnost.

Sadrže ga tla dobre vodopropusnosti i umjereno kisele reakcije.

22

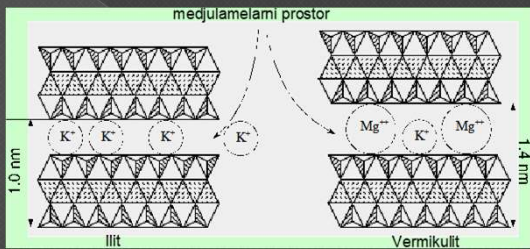


23



24

**2:1 tip minerala gline
(iliti i vermikuliti)**



25

Kod *ilita* (hidratizirani muskoviti) unutar kristalne rešetke je dio silicija zamijenjen aluminijem.

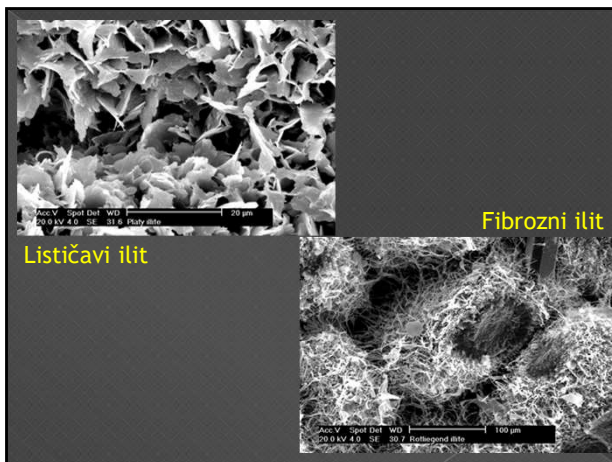
Višak naboja se neutralizira vezivanjem kalija između slojeva kristalne rešetke ⇒ posljedica je veći međulamelarni razmak nego kod kaolinita (oko 1,0 nm). Stoga je sposobnost sorpcije ilita **20-50 mekv 100g⁻¹** uz **izraženu sposobnost fiksacije kalija**.

Jedan od načina postanka ilita je transformacija liskuna u umjerenim i hladnim područjima bez raspadanja kristalne rešetke (trošenjem u prisustvu vode dolazi do gubitka kalija, jer voda ulazi u međulamelarni prostor i potiskuje kalij) - vrlo je čest u sedimentnim stijenama.

Drugi način postanka je neogenezom (novotvorbom).

Tla bogata ilitom sadrže dosta fiziološki aktivnih K⁺ iona.

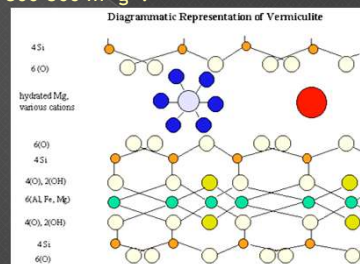
26



27

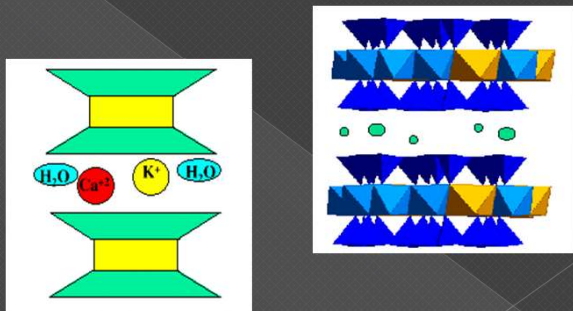
Vermikuliti ($Mg, Fe, Al)_3(Al, Si)_4O_{10}(OH)_2 \times 4H_2O$, kao troslojni minerali imaju međulamelarni razmak ~1,4 nm, što im omogućava fiksaciju K⁺ iona.

Vermikuliti (hidratizirani biotiti ili flogopiti) imaju sposobnost sorpcije **100-150 mekv 100g⁻¹** uz specifičnu površinu od 300-500 m² g⁻¹.



28

**2:1 tip minerala gline
(smektiti, npr. montmorilonit):**



29

Smektiti/Montmoriloniti (pirofililit, talk, vermikulit, nontronit i montmorilonit) su građeni od dva sloja SiO_4 tetraedara između kojih je umetnut jedan sloj Al-oktaedara pa se ubrajaju u tip **2:1**.

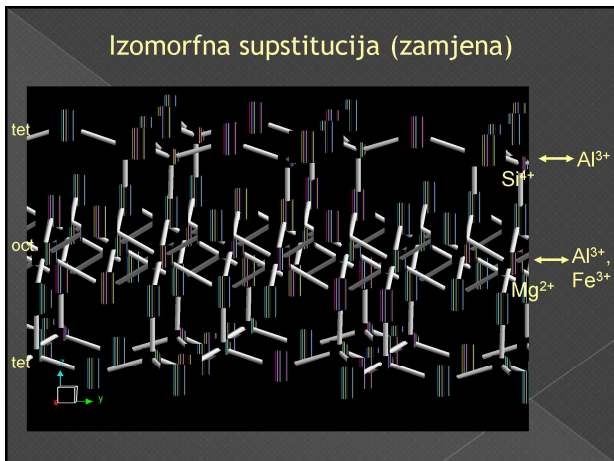
Jedan dio silicija često je zamijenjen P ili Al, a dio aluminija s Mg, Fe, Ni ili Li. Građa montmorilonita daje višak negativnog naboja koji se uravnotežuje vezivanjem kationa iz otopine tla.

Velika sorpcija kationa (**80-120 mekv 100g⁻¹**) uvjetovana je većim razmakom između lamela (u vlažnom stanju >2 nm), što omogućava sorpciju iona u međulamelarnim prostorima.

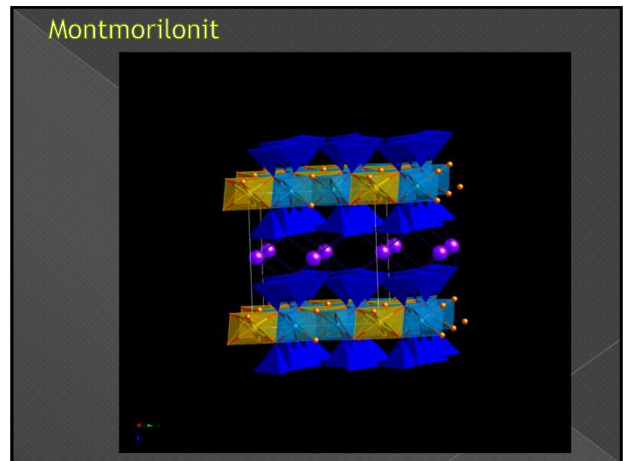
Udaljenost slojeva mijenja se ovisno o količini vlage u tlu a očituje se očituje kao **bubrenje ili skupljanje**. Specifična površina montmorilonita je 700-800 m² g⁻¹.

Dominira u neutralnim ili slabo alkalnim tlima, a u mnogim je naslijeđen iz matične podloge (smonica).

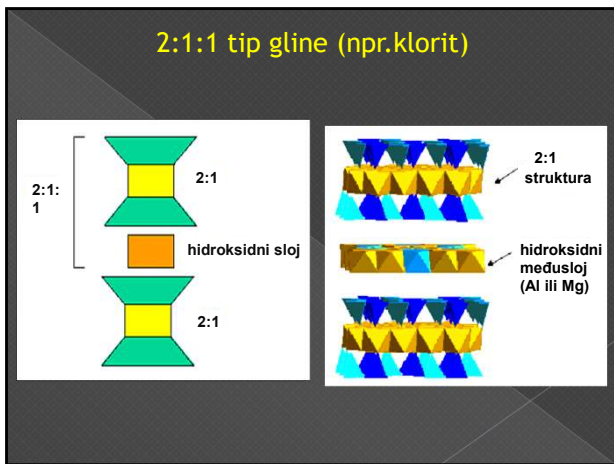
30



31



32



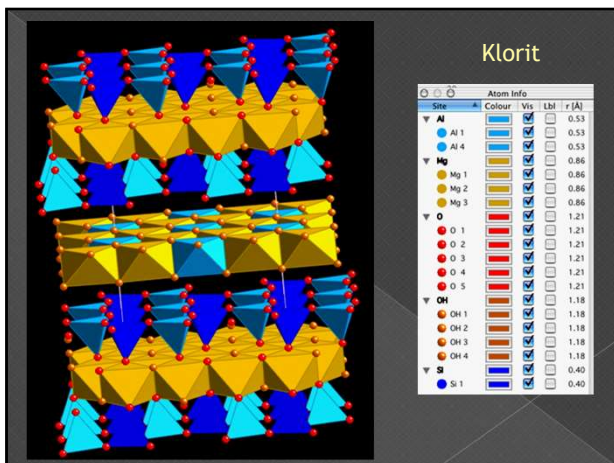
33

Kod *klorita* ($\text{Fe, Mg, Al})_6(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$, međulamelarni razmak je stabilan i neovisan o količini vode u tlu (ne bubre).

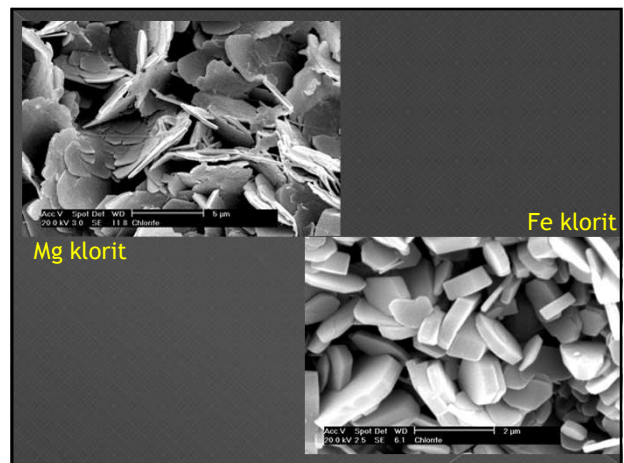
To su također troslojni minerali kod kojih je između silikatnih slojeva smješten trioktaedarski hidroksidni sloj.

U tlima su obično zastupljeni sekundarni kloriti (pH 4 - 5).

34



35



36

ZNAČAJ MINERALOŠKOG SASTAVA TALA

Za poljoprivrednu proizvodnju je vrlo bitno da se hraniva oslobađaju kemijskim trošenjem primarnih minerala:

Fosfor - biljka ga usvaja u vidu topivih fosfata (dolazi u otopinu tla trošenjem teško topivih Ca-fosfatnih minerala - apatit).

Kalij - dospijeva u tlo trošenjem ortoklasa, mikrokolina, muskovita, biotita.

Kalcij - oslobađa se trošenjem kalcita i dolomita, a u manjim količinama od oligoklasa, anortita.

Magnezij - trošenjem magnezita i dolomita, a teže se oslobađa iz augita, biotita, hornblende.

37

O sastavu i količini minerala gline ovisi niz fizikalno-kemijskih svojstava, kao što su: sposobnost tla da zadržava i propušta vodu, plastičnost, bubrenje, zbijenost tla, i sl.

- **montmorilonit** - u vlažnom stanju tla su plastična, ljepljiva, povećanog volumena, slabe vodopropusnosti; a u suhom stanju ispucala, jako zbijena i kompaktna.

O količini i sastavu minerala gline ovisi kapacitet adsorpcije tala:

- tla sa visokim kapacitetom adsorpcije sadrže i veliku količinu biogenih elemenata (npr. tla sa visokim sadržajem ilitne gline su bogata kalijem).

38

Električni naboj česticama gline omogućuje međusobno vezivanje i postanak prostornih struktura (slično proteinima), npr. tlo s 10% montmorilonita na 1 m² površine do dubine od 20 cm ima površinu veću od 24 km².

Električno polje koloidnih čestica tla dozvoljava sorpciju drugih električno nabijenih čestica (unipolarni ioni i bipolarne molekule, kao na primjer voda). Iz tog se razloga koloidi tla ponašaju kao **amfoterne jedinice** jer pod određenim uvjetima mogu sorbirati i anione.

39

Kationi, polarno vezani na sekundarne minerale, ne ispiru se iz zone korijenovog sustava, ali se zato lako zamjenjuju drugim kationima. Na taj se način u tlu zadržavaju hraniva u biljkama pristupačnom obliku za usvajanje.

Svojstvo sorpcije iona sekundarnih minerala tla ima ogromnu važnost u mineralnoj ishrani bilja. Dakle, sekundarni minerali (zajedno s organskim koloidnim dijelom tla) sprečavaju ispiranje hraniva iz zone korijenovog sustava i zadržavaju vodu neophodnu višim biljkama i mikroorganizmima u tlu.

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