



**ANKARA ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME BÖLÜMÜ**

Ankara University Faculty of Agriculture

Department of Soil science and Plant Nutrition

*"Tarım, Çevre ve Yaşam Bilimlerinde Öncü"
"Pioneer in Agriculture, Environment and Life Sciences"*

ZTO230 Toprak Bilimi Dersi

Toprak Kolloidleri

Haftalık ders akışı

1. Toprak Bilimine Giriş
2. Toprak Ana Maddesi
3. Kayaçlar ve Mineraller
4. Toprak Oluşumu ve Karakter Kazandıran etmenler
5. Toprak Profili ve Horizonlar
6. Toprak Fiziksel Özellikleri
7. Ara Sınav Haftası
- 8. Toprak Kolloidleri (Toprak Kimyasal Özellikleri)**
9. Toprak Reaksiyonu (Toprak Kimyasal Özellikleri)
10. Bitki Besin Maddeleri (Toprak Kimyasal Özellikleri)
11. Toprak Suyu
12. Toprak Biyolojisi
13. Toprak ve Su Koruma
14. Toprak Sınıflandırma Sistemleri

TOPRAK KOLLOİDLERİ

Toprağın kimyasal, fiziksel ve fiziko-kimyasal yönden en etkin ve en önemli yapı maddeleri inorganik ve organik kolloidlerdir.

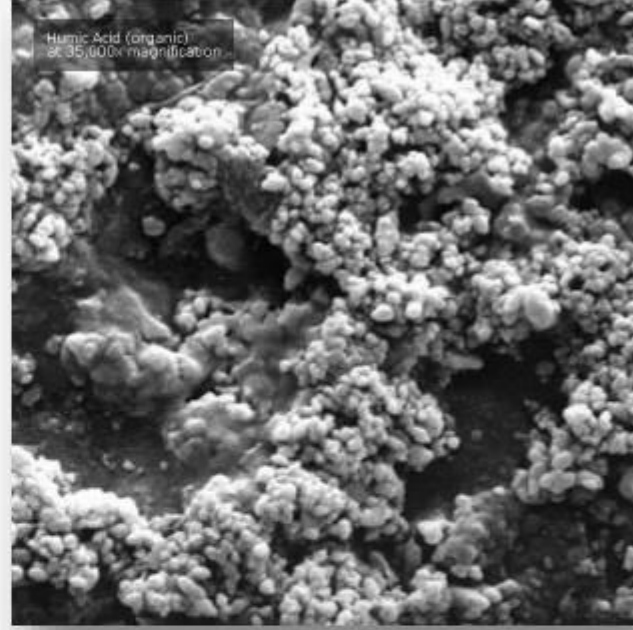
İnorganik kolloidler = **Kil mineralleri**

Organik kolloidler = **Humik maddeler**

Elektron mikroskop görünümleri



Kil mineralleri

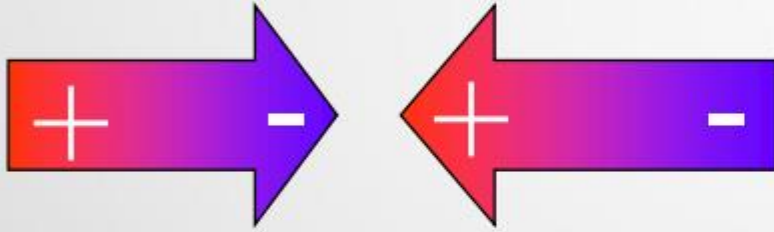


Humik maddeler

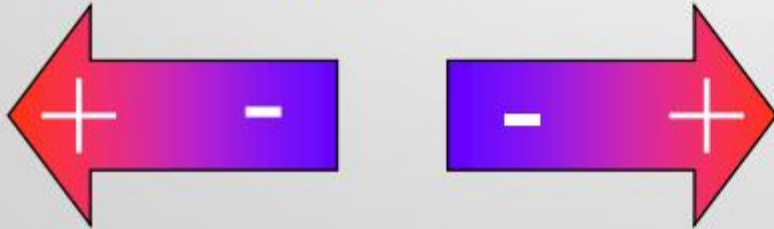
- Killer yaprakçıklar halinde, kat kat dizili görünüm verir.
- Elektrik yüklüdürler ve bir mıknatıs gibi davranırlar.
- Besin maddelerini çekerler ve tutarlar.
- Humik maddeler amorf yapıdadır, daha fazla yüzey alanı ve boşlukları vardır.

mıknatıs

Birbirini çeker



Birbirini iter



toprak

kil

kil

NH_4^+
(Amonyum)

K^+
(Potasyum)

kil

NO_3^-
(Nitrat)



Kil teriminin kullanımı

- Kil fraksiyonu: Tane büyüklüğü <0.002 mm olan parçacıkları ifade eder.
- Tekstür sınıfı: killi içinde fazla miktarda kil bulunan topraktır.

- Kil: Jeolojide kayaç
- Kil mineralleri: Büyük bir kısmı kolloidal büyüklükte, amorf veya belirgin bir strüktürü olan kil fraksiyonunda bulunan bir mineral grubudur.

Toprak İnorganik Kolloidleri

Killer; feldspat, mika ve diğer silikatların ayrışması ile oluşmuş, yeterli miktarda su katılınca genellikle plastikleşen ve kuruma sonucu sertleşebilen minerallerdir.

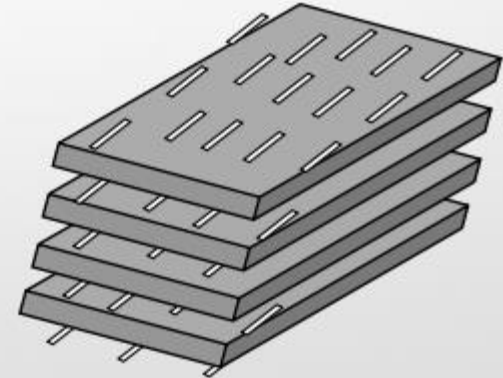
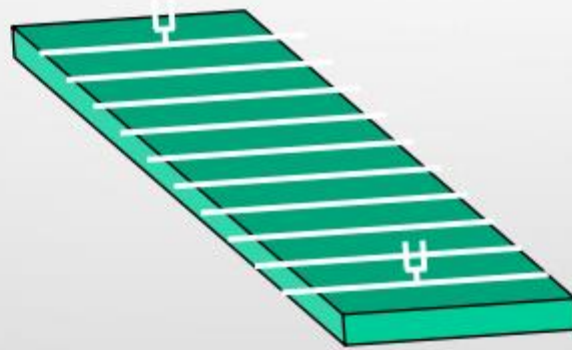
Oluşum bölgelerine göre:

- Sekonder silikat killeri (ılıman bölgeler)
- Fe-Al Oksihidrat killeri (tropik ve yarı tropik bölgeler)

Geniş yüzey alanının kile sağladığı avantajlar;

- Fazla su adsorbe eder
- Besin maddelerini tutar
- Diğer toprak partiküllerini yapıştırır

Kil tanecikleri kağıt destesi gibi tabakalar halinde yığılırlar. Her bir kil taneciği negatif yüke sahiptir.



Kilden yapılmış bir kabın $\frac{1}{4}$ ü bir futbol sahasından daha fazla yüzey alanına sahiptir.

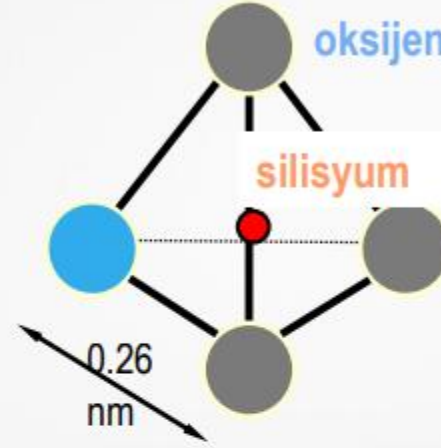
Silikat Killerinin Yapıları

Silikat killeri,

Silisyum tetraederlerin yan yana dizilip bağlanması ile oluşan silis levhaları ile alüminyum oktaederlerin yan yana dizilip bağlanması ile oluşan alüminyum levhalarının 1:1 (Si-Al) veya 2:1 (Si-Al-Si) oranlarında bağlanmaları sonucunda oluşan kristal ünitelerinin, kitap sayfaları gibi üst-üste dizilmeleri ile meydana gelirler.

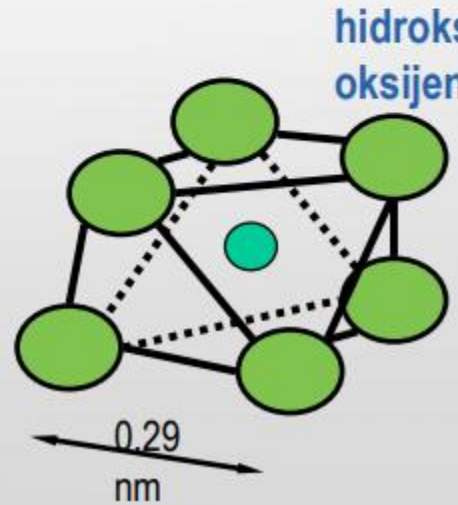
Temel Yapısal Birim

Tetrahederlerin köşelerinde 4 adet O ve merkezinde 1 adet Si atomu vardır.



Silisyum tetraeder

Oktahederlerin köşelerinde 6 adet O veya OH, merkezde ise Al atomu vardır



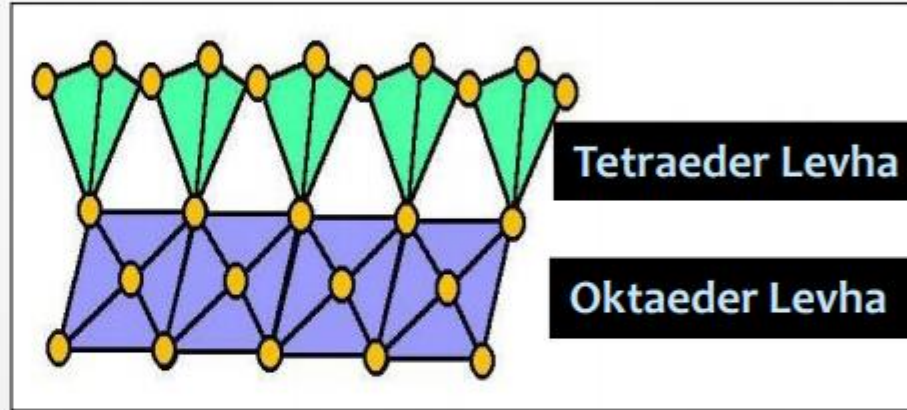
Alüminyum oktaeder

hidroksil veya
oksijen
alüminyum
veya
magnezyum

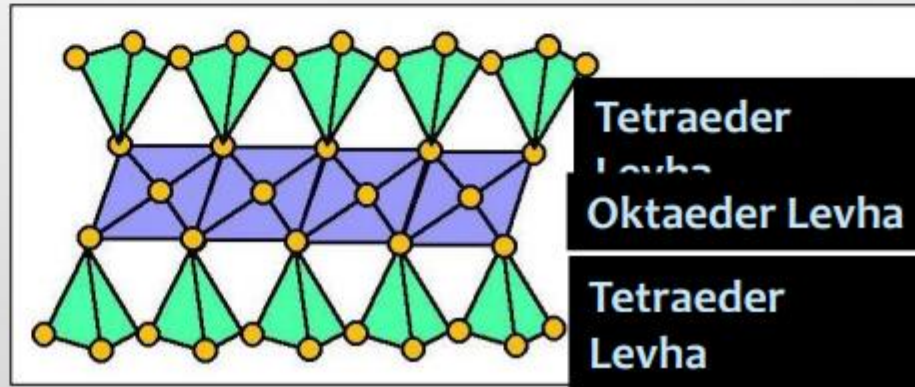
Farklı Kil Mineralleri

Tetraeder ve Oktaeder levhalarının farklı dizilişleri çeşitli kil minerallerini meydana getirir

1:1 Tipi Kil Minerali
(örneğin, kaolinit)



2:1 Tipi Kil Minerali
(örneğin, montmorillonit,
illit)



KİL MİNERALLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

I. Kristal yapıda olmayan (amorfl) kil mineralleri

II. Kristalin yapıda olanlar

A. İki tabakalı olanlar (1:1 tipi)

Boyutları eşit: Kaolinit grubu

Uzun çubuk şekilli: Halloysit grubu

B. Üç tabakalı olanlar (2:1 tipi)

1. Genişleyen kafes yapısı olanlar: Montmorillonit grubu: vermikulit, nantronit, saponit

2. Genişlemeyen kafes yapısı olanlar: İllit grubu

C. Karışık tabakalı olanlar: Klorit grubu

D. Zincir yapıda olanlar: Attapulgit, sepiolit

I. Kristal yapıda olmayan (amorft) kil mineralleri Allofanlar

Amorf yapıdırlar (şekilsiz)

Yüksek katyon değişim kapasitesine sahiptirler.

Silisyum ve diğer 3 ve 4 değerlikli tetraederlerin rastgele kümelenmeleri ile oluşmuşlardır.

Volkan küllerinden oluşan topraklarda bulunurlar.

II. Kristalin yapıda olanlar

A. İki tabakalı olanlar (1:1 tipi)

Boyutları eşit: Kaolinit grubu

Uzun çubuk şekilli: Halloysit grubu

Kaolin:

Sulu alüminyum silikatlardır.

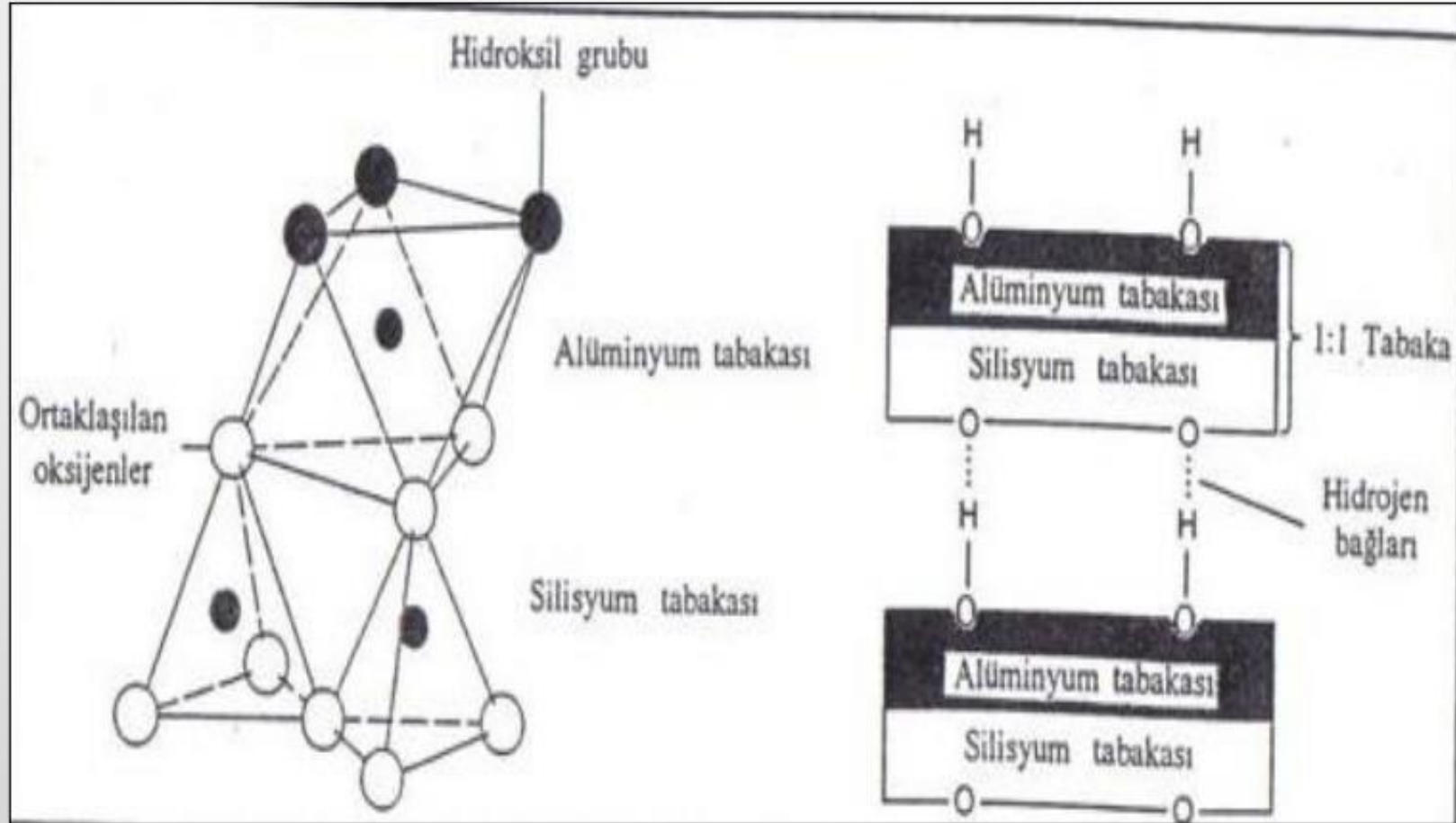
- Bir oktahedral tabakaya bağlı bir tetrahedral tabakadan oluşur.
- Si ve Al levhaları arasında H köprüsü vardır
- KDK düşüktür (3-15 me/100 g)
- 0.2-2 mikron büyüklüğündedir
- Genişlemeyen bir mineraldir
- Fiziksel özellikleri (plastiklik, kohezyon, adezyon, şişme, çatlama) zayıftır





Beyaz kaolin kilinden oluşmuş bir tepe (Northern Cape)

1:1 tipi kil minerallerinin yapısal gösterimi



B. Üç tabakalı olanlar (2:1 tipi)

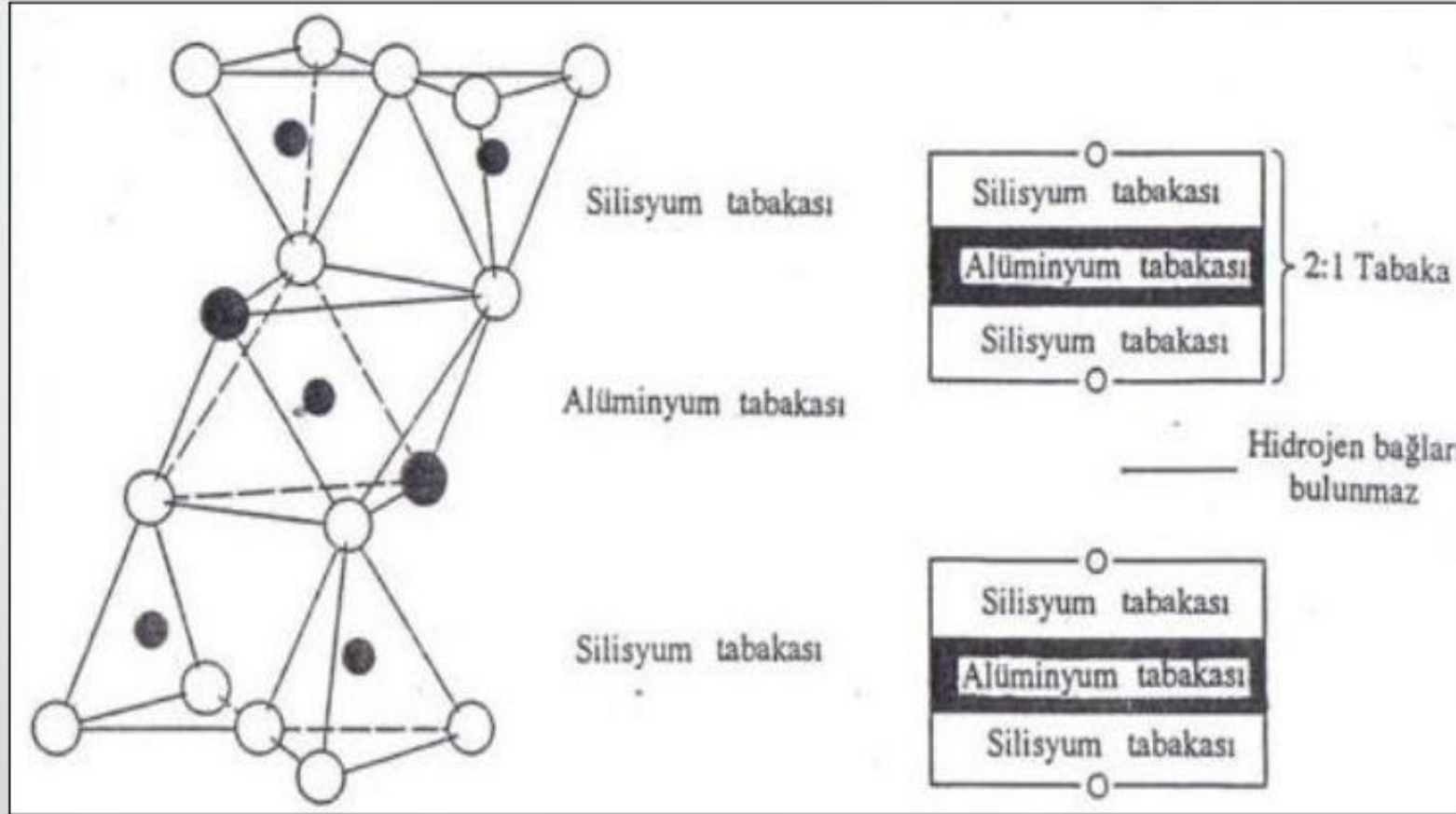
1. Genişleyen kafes yapısı olanlar:

Montmorillonit grubu: montmorillonit, vermikulit, nantronit, saponit

Montmorillonit :

- 2:1 tabaka yapısına sahiptir. Smektit olarak da adlandırılır; su ile temasta genişler.
- Tetraedrarların tümü Si 4+ iyonu içerir.
- Oktaedrarların sekizde biri Al³⁺ iyonu yerine Mg²⁺ iyonu içermektedir.
- Su ile temas ettiğinde, su üniteler arası boşluğa girer ve kil şişer (gevşek O-O köprüsü)
- Yüksek plastiklik ve kohezyon
- Su ve iyon adsorbsiyonu için büyük yüzey alanı dolayısıyla çok yüksek katyon değiştirme kapasitesi (80-120 me/100 g).

2:1 tipi kil minerallerinin yapısal gösterimi



2. Genişlemeyen kafes yapısı olanlar:

İllit grubu

- İllit minerallerinin yapı özellikleri genellikle mika minerallerinin yapısına benzer.
- Bu yapılar, smektit grubunda olduğu gibi iki silisyum tetraeder tabakası arasında yer alan alüminyum oktaederler şeklindedir (2:1).
- Potasyum iyonlarının üniteler arasında köprü vazifesi görmesi ve bunları bağlamalarından dolayı genişlemezler.
- Kristal üniteleri arasına K katyonu yerleşebilir
- Muskovit ve Biyotitin ayrışmasıyla oluşur

C. Karışık tabakalı olanlar

Klorit grubu

Klorit

-Bir 2:1:1 (???) minerali



Klorit

D. Zincir yapıda olanlar

Attapulgit; sepiolit

zincir yapılı

(levhasız); iğne

benzeri bir görünüm



Sepiolit

Silikat Killerinin Negatif Yüklerinin Kaynakları

1. Hidroksil grubunun açığa çıkması ile yük kazanımı

Oksijenin bir valansı kristalin içindeki Al'a bağlı bulunmakta - O - H⁺ diğeri açıkta kalmaktadır

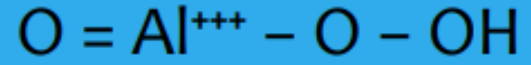
Negatif elektrik yüklü kristal yüzeyi

Gevşek tutulmuş değişebilir H⁺

Özellikle yüksek pH derecelerinde H ler dissosiyasyon olurlar ve oksijene bağlı negatif yük kazandırır.

2- İzomorfik yer değişimi ile yük kazanımı

Alüminyum levhası
İyon değişmesi yok



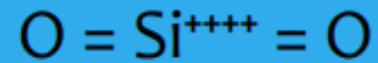
Fazla yük yok

Alüminyum levhası
Alüminyumun yerini Mg almış



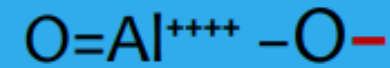
Fazla 1 negatif yük var

Silis levhası
İyon değişmesi yok



Fazla yük yok

Silis levhası
Si yerine Al geçmiş



Fazla 1 negatif yük

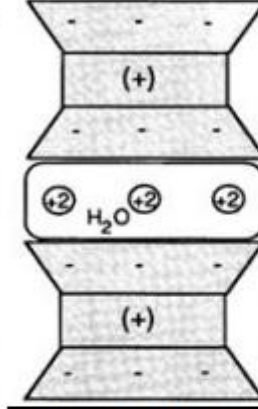
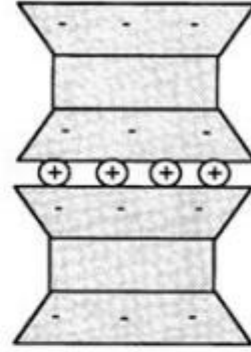
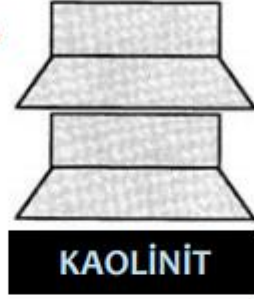
- 2:1 tipi killerin yük kaynaklarının büyük kısmı iyonik yer değişimi ile sağlanır
- Montmorillonitlerdeki iyonik yer değişimi alüminyum levhalarında olur
- İllitlerdeki iyonik değişim silisyum levhalarında olur
- Demir ve Mangan 'da iyonik değişim yapabilirler

Killerin yüklerinin karşılaştırılması

Mineral	Özgül yüzey (m ² /g)	KDK (meq/100g)
Kaolin	10-20	3-10
Illit	80-100	20-30
Montmorillonit	800	80-120
Klorit	80	20-30

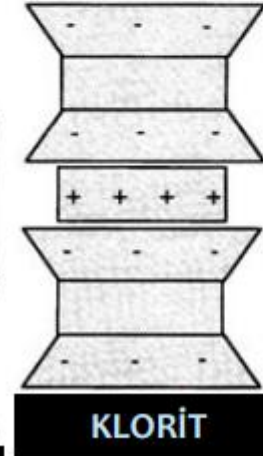
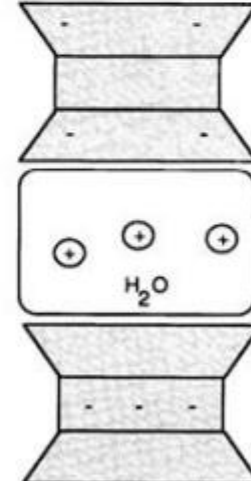
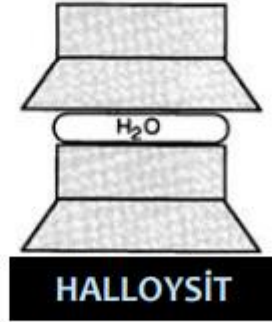
Özet

genişlemeyen



genişleyen

Genişlemeyen,
katlar arası potasyum



Su alınca şişen,
genişleyen

Fe ve Al hidrosoksit killeri

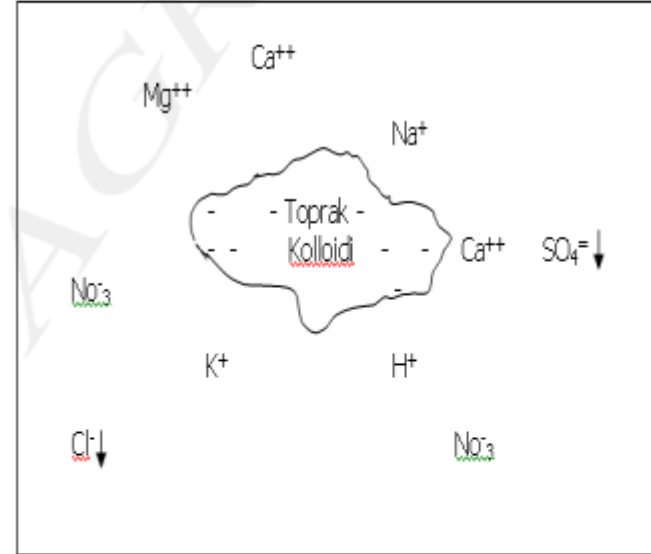
- Fe oksitler; Götüt ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ve Limonit ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
- Al oksitler; Gibsit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
- Fe ve Al içeren primer minerallerin ayrışması ile açığa çıkarlar.
- Çok aktif yüzeylere sahiptirler.
- Silikat killeri kadar yapışkan, plastik ve kohesif değildirler. Toprağın iyi fiziksel özelliklere sahip olmasını sağlarlar.
- Tropik ve yarı tropik bölgelerde, Latosollerde bulunurlar.

İyon Değişimi

Toprak kolloidlerinin katyon ve anyonları adsorbe ederek toprak çözeltisine başka iyonlar vermesi olayına iyon değişimi denir.

1. Katyon değişimi
2. Anyon değişimi

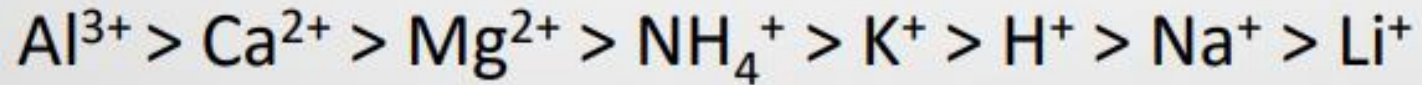
KİL KOLLOİDLERİ, KATYONLAR VE ANYONLARIN HAREKETLERİNİN ŞEMATİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



1. Katyon Değişimi

- **Katyon Değişimi:** Kolloid yzeyinde adsorbe edilmiş olan değişebilir katyonlarla toprak zozeltisi içinde bulunan katyonların yer değiştirmesidir.
- **Katyon Değişim Kapasitesi:** Bir toprağın adsorbe edebileceği değişebilir katyonların toplam miktarıdır (me/100 g toprak)
- **1 Miliekivalan gram;** 1 miligram H ile bağlanan ya da onun yerine geçen diğer bir iyonun miktarıdır.
- Bir toprağın KDK sı 10 me/100g demek; Bu toprağın 100 gramının 10mg H veya ona eşdeğer katyonu tutabileceğini gosterir.

- Kil minerallerinin yanı sıra, topraktaki serbest oksitler ve organik maddede iyon değişiminde rol oynar.
- Killer tarafından katyonların tutulması; katyonun değerine, hidrate çapına ve ortamdaki konsantrasyonuna bağlıdır.
- Yüksek değerlikli ve yalın yarı-çapları büyük olan katyonların iyonik yer değiştirme gücü daha fazladır.



Katyon değişim kapasitesine kolloid tipinin etkisi

- Humus miktarı eşit olmak koşulu ile aynı miktarda kil içeren topraktan montmorillonite sahip olanın katyon değişim kapasitesi, kaolinite sahip olana göre 10-12 kat daha fazladır.
- Bir topraktaki kil tipi ve miktarı ile humus miktarı belirlendiğinde, o toprağın katyon değişim kapasitesini tahmin etmek mümkündür.

Katyon değişim kapasitesine toprak tekstürü ve organik madde miktarının etkisi

- Kil tipi aynı kalmak koşulu ile toprağın kil yüzdesi arttıkça KDK da artmaktadır.
- Kumlu olan hafif topraklarda kil kolloidleri ve humus miktarları düşük olduğundan, killi olan ağır bünyeli topraklara göre katyon değişim kapasiteleri daha düşüktür.

Soru: HA: 1,25 g/cm³ olan killi bir toprağın KDK=10me/100g ise ve topraktaki değişebilir katyonların tamamının H olduğu varsayılırsa bu arazinin 1 dekarındaki (20 cm derinlik) değişebilir H iyonları miktarı nedir?

Çözüm:

HA=1,25 g/cm³ ise 1 m³ toprak = 1,25 ton dur. (g/cm³ = ton/ m³)

1 Dekar arazinin 20 cm lik katmanı = 1000 m² x 0,20 m = 200 m³

200 m³ x 1,25 = 250 ton

HA=1,25 olduğunda 1 da arazinin 20 cm deriliğinde 250.000 kg toprak vardır.

1 meq H = 1mg H (Hidrojenin değeri +1 olduğu için)

Soruya göre 100 g toprak 10 mg H değiştirebilmektedir.

100 g toprak 10 mg H tutarsa, 1 kg toprak 100 mg = 0,1 g = 0,0001 kg H tutar

250 000 kg toprak X 0,0001 = 25 kg H tutulabilir

SORU: HA: $1,25 \text{ g/cm}^3$ olan bir toprağın $\text{KDK}=10\text{me}/100\text{g}$ ise ve topraktaki değişebilir katyonların tamamının Ca olduğu varsayılırsa bu arazinin 1 dekarındaki (20 cm derinlik) değişebilir Ca iyonları miktarı nedir?

Çözüm:

1 mg H ile yer değiştirebilmek için öncelikle Kalsiyumun ekivalan ağırlığını bulmalıyız. Ca atom ağırlığı 40 ve değerliği +2 olduğundan

$$40:2=20 \text{ mg Ca (20 mg Ca= 1 meq Ca)}$$

10 me KDK demek: $10 \text{ me} \times 20 \text{ mg} = 200 \text{ mg Ca}$ demektir.

Soruya göre 100 g toprak 200 mg Ca değiştirebilmektedir.

100 g toprak 200 mg Ca tutarsa, 1 kg toprak $2000 \text{ mg} = 2 \text{ g} = 0,002 \text{ kg}$ dir.

$250\,000 \text{ kg toprak} \times 0,002 = 500 \text{ kg Ca}$ tutulabilir veya değiştirebilir.

Bazla doygunluk yüzdesi:

- Bir toprağın kolloidal komplekslerinin içerdiği değişebilir bazların (Ca, Mg, K, Na) katyon değişim kapasitesinin yüzdesi olarak ifade edilen miktarıdır.

$$\text{Değişebilir bazlar} / \text{KDK} \times 100$$

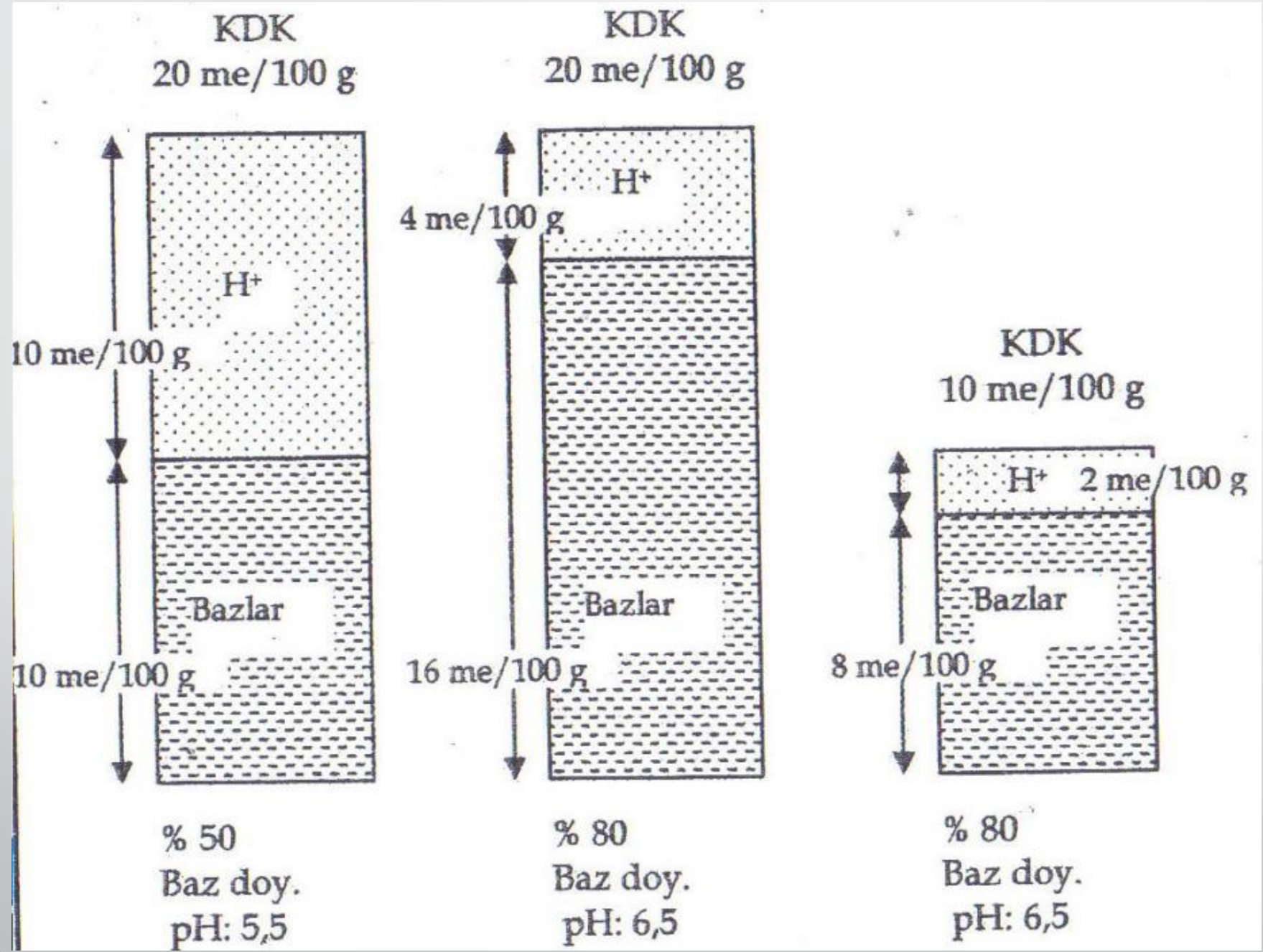
- Bir toprağın bazla doygunluk yüzdesi 80 ise, kolloidin negatif yüklerinin % 80'i bazlar, % 20'si H⁺ tarafından doyurulmuş demektir.

Hidrojenle doygunluk yüzdesi:

- Bir toprağın kolloidal komplekslerinin içerdiği değişebilir hidrojenin, katyon değişim kapasitesinin yüzdesi olarak ifade edilen miktarıdır.

$$\text{Değişebilir H} / \text{KDK} \times 100$$

Kurak bölge topraklarının bazla doygunluk yüzdeleri %100 ve pH ları 8-10 dur.



Örnek:

1 toprağın KDK sı 16 me/100g ve değişebilir bazları oluşturan katyonların toplamı 12 me/100 g ise bazla doygunluk yüzdesi kaçtır?

$$\text{Bazla Doygunluk} = 12 / 16 \times 100 = \% 75$$

Bu durumda toprağın Katyon Değişim Kapasitesinin; % 75'ini Ca, Mg, Na, K katyonları %25'ini H ve Al iyonları oluşturmaktadır.

Organik Toprak Kolloidleri

Toprak organik maddesi

- Tarım topraklarında organik maddenin miktarı % 1- 10 arasında değişmektedir.
- Toprakların organik madde içerikleri birbirinden farklıdır örneğin çöl topraklarında % 0,2'den az, organik topraklarda ise % 80'den fazla organik madde bulunmaktadır.
- Toprak organik maddesi topraklar için son derece önemli bir kalite faktörüdür.

Toprak organik maddesi

- Toprakta karbon içeren maddelerin hepsi (karbonat ve bikarbonatlar hariç)
- Organik madde
 - Bitki artıkları (artık ve kökler)
 - Hayvan kalıntıları ve salgıları
 - Canlı mikroorganizmalar (mikrobiyal biyomas)
- Zamanla mikroorganizmalar taze organik maddeleri stabil toprak organik maddesine dönüştürürler.



Toprak organik maddesine ait tanımlamalar

Terim	Tanımlama
Toprak Organik maddesi	Toprakta canlı biyolojik kütle hariç, ayrılmış ve kısmen ayrılmamış dokuları kapsayan organik bileşikler bütünü
Toprak biyolojik kütlesi	Yaşayan doku halindeki organik materyal
Organik kalıntılar	Ayrılmamış bitki ve hayvan dokuları ve bunların kısmen ayrılmış ürünleri
Humus	Toprakta ayrılmamış ve kısmen ayrılmış dokular ile toprak biokütlesi dışındaki tüm organik bileşikler toplamı
Humik maddeler	Yüksek moleküler ağırlıklı, renkli, bu nedenle toprak ve sediment çevresinden ayrılan mikrobiyal ayrışmaya dayanıklı maddeler
Humik olmayan maddeler	Mikrobiyal ayrışmaya elverişli biyokimyasal olarak tanımlanabilen bileşikler, polisakkaritleri içerirler
Humin	Humusun alkalide çözünmeyen kısmı
Humik asit	Koyu renkli alkali ile ekstrakte edilebilen ve asitte çözünmeyen humik maddeler
Fulvik asit	Renkli, alkali ile ekstrakte olabilen asidifikasyonla humik asidin uzaklaştırılması sonucu çözültide kalan humik maddeler

Genel olarak toprak organik maddesinin işlevleri

Özellik	Gözlemler	Toprağa Etkisi
Renk	Koyu renk	Isınmayı kolaylaştırmak
Su tutulması	Organik madde kendi ağırlığını 20 katı su tutar.	Şişme ve büzülmeyi korur.
Kil mineralleri ile birleşim	Agregat oluşumu sağlar.	Gazların değişimine izin verir, strüktürü sabitleştirir, permeabiliteyi artırır.
Şelatlama	Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} ve diğer polideğerlikli katyonların durağan kompleksler oluşturması	Yüksek bitkilere mikrobelerin yarayışlılarını artırabilir.
Suda çözünürlük	Organik maddenin killerle beraberliği nedeniyle organik madde çözünmezdir.	Çok az bir organik madde yıkanma ile kaybedilir.
Tamponlama	Organik madde zayıf asit, nötral ve alkalın pH'larda tamponlama yapmaktadır.	Toprakta uniform bir pH reaksiyonunun devamlılığını sağlar.
Katyon değişim	Humus 300-1400 me/100g	Toprakların katyon değişim kapasitesini artırır.
Mineralizasyon	CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^- , SO_4^{2-} gibi bileşenlerine ayrışmasıdır.	Bitki gelişimi için besin elementlerinin bir kaynağıdır.
Organik moleküllerle birleşimi	Pestisitlerin parçalanması, devamlılığı, biyoaktivitesini etkiler.	Kalıcı kontrol için pestisitlerin uygulama oranını değiştirir.

- Toprakta organik madde yetersizliğini en yaygın giderme yolu toprağa **ahır** ve **işletme** gübrelerinin (kümes hayvanları gübresi) ilavesidir.
- Leonardit, humat ve gitya gibi materyallerde kullanılmaktadır.