

# Kimyasal Toprak Sorunlarına Yönelik Çözüm Önerileri ve Uygulamalar

Doç. Dr. Oğuz Can TURGAY

ZTO321

Toprak İyileştirme Yöntemleri



# Kimyasal Toprak sorunları

- asitleşme-alkalileşme (tuzluluk-alkalilik)
- düşük toprak verimliliği
- inorganik kirleticiler (ağır metaller; Pb, Cd, Hg, Cr, Ni, As, Co)
- organik kirleticiler (hidrokarbonlar, pest. Kalıntıları, antibiyotik-hormon vb.)

# Tuzlu-alkali toprakların iyileştirilmesi

Tuzlanmış bir alan-Eskişehir



## Tuz etki etmiş toprakların elektrolit içeriğine göre gruplandırılması (Szabolcs, 1989)

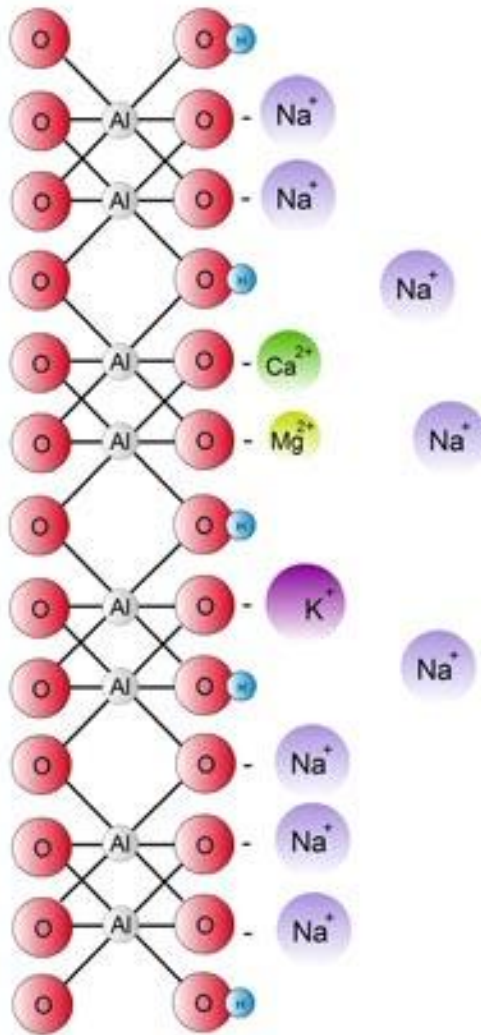
Tuzluluk ve alkaliliğe neden olan elektrolitler	Tuz etki etmiş toprak tipi	İklim ve çevre	Üretimi etkileyen etmenler	İslah yöntemi
Sodyum klorür ve sülfat (Ekstrem koşullarda nitrat)	Tuzlu topraklar	Kurak Yarı kurak	Toprak çözeltisinin yüksek ozmotik basıncı (toksik etki)	Yıkama ile fazla tuzların giderilmesi
Alkaline hidrolize neden olan sodyum iyonları	Alkali topraklar	Yarı kurak Yarı nemli Nemli	Alkali pH Fiziksel toprak özellikleri üzerine suyun etkisi	Yüksek pH'nın kimyasallarla nötralize edilmesi veya düşürülmesi
Magnezyum iyonları	Magnezyum topraklar	Yarı kurak Yarı nemli	Toksik etki Yüksek ozmotik basınç	Kimyasal ıslah Yıkama
Kalsiyum iyonları	Jipsli topraklar	Yarı kurak Kurak	Toksik etki, Yüksek ozmotik basınç	Yıkama
Demir ve Alüminyum iyonları (sülfatlar)	Asit sülfat topraklar	Deniz kıyısı, lagünler, fazla kükürt içeren sedimentler	Kuvvetli asidik pH Toksik etki	Kireçleme

# Tuzdan Etkilenmiş Toprakların Sınıflandırılması (U.S.Salinity Staff, 1954)

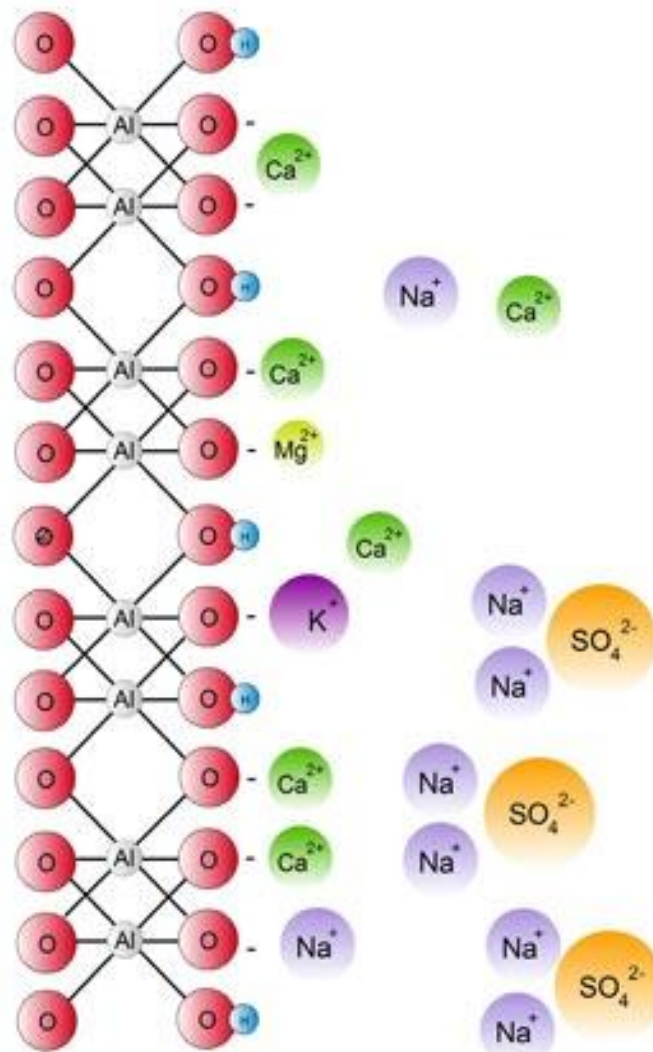
Toprak Tipi	EC (dS/m)	pH	DSY	SAO
Tuzlu	>4	<8.5	<15	<12
Tuzlu-Alkali	>4	≈8.5	>15	≥12
Alkali	<4	>8.5	>15	≥12

- Toprak elektriksel iletkenliği (EC), toprak suyunun elektrik akımını iletme gücü
- Toprak suyunda çözülmüş olarak bulunan besin (tuz) düzeyi (↑) elektriksel iletkenlik (↑)
- Herkes için topraktaki besin ve tuz miktarını ölçmenin hızlı-basit-ucuz yöntemi
- Toprak pH'sı faydalanılabilir besin maddesi\* düzeyleri arasındaki dengenin bir ölçütü
- EC neredeyse faydalanılabilir besin maddesi miktarının bir ölçütü olarak görülebilir
- DSY = Değişebilir  $\{(Na)/(Ca + Mg + K + Na)\} \times 100$
- SAO = Değişebilir  $\{(Na)/(Ca + Mg) - 0.5\}$

Negatively charged particle surface  
Soil solution



Negatively charged particle surface  
Soil solution



<b>Özellikler</b>	<b>Tuzlu Topraklar</b>	<b>Alkali Topraklar</b>
<b>Kimyasal</b>	Ca, Mg ve Na'nun klorür ve sülfat tuzlarının egemen olduğu nötral çözünebilir tuzlar.	Önemli miktarda doğal çözünebilir tuzlar genellikle mevcut değildir. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> gibi alkalin hidroliz yeteneğinde tuzların önemli miktarı mevcut.
	Saturasyon çamurunda pH 8.5 dan küçük.	Saturasyon çamurunda pH 8.5'dan büyük
	EC (Saturasyon ekstraktı) >4 dS/m, bu sınır genel kabul görmüş bir limittir.	ESP>15, Saturasyon ekstraktında EC<4 dS/m, bazen daha yüksek, eğer önemli miktarda çözünebilir Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> mevcutsa .
	Na, genelde başat iyon olmakla beraber, toprak çözeltisi önemli miktarda Ca, Mg gibi iki değerlikli katyonları da içerir.	Na, başat çözünebilir katyondur, toprakların yüksek pH'sı Ca ve Mg gibi katyonların çökmesine sebep olabilir
	Topraklar dikkate değer derecede jips gibi çözünebilir Ca bileşikleri içerebilir.	Bu topraklar jips içermezler

# Tuzlu Toprakların Tanımı

## (FAO-UNESCO Toprak Haritası Hazırlama Tasarısı)

- Yüzeyden itibaren 125 cm derinlikte (kaba bünyeli topraklarda 125 cm, orta bünyelilerde 90 cm ve ince bünyelilerde 75cm) tuzlu katmana sahip (pH'sı  $<8.5$  ve  $EC > 15$  dS/m) ya da yüzeyin 25cm altındaki toprakta 4 dS/m'den daha yüksek elektriksel iletkenliğe sahip topraklar tuzlu topraklardır.



# Toprak Tuzluluk Sınıfları ve Bitki Gelişimi

<b>Toprak Tuzluluk Sınıfı</b>	<b>EC, dS/m Sat. Eks.</b>	<b>Bitki Üzerine Etkisi</b>
Tuzsuz	0-2	Tuzluluk etkileri ihmal edilebilir
Hafif Tuzlu	2-4	Tuzluluğa duyarlı bitkilerde verim sınırlanabilir
Orta Tuzlu	4-8	Bir çok bitkide verim sınırlanabilir
Kuvvetli Tuzlu	8-16	Sadece toleranslı bitkilerde tatmin edici verim
Çok Kuvvetli Tuzlu	>16	Sadece birkaç toleranslı bitkilerde tatmin edici verim

# **Toprak İyileştirme Yöntemleri**

- **Fiziksel**
- **Biyolojik**
- **Kimyasal**
- **Hidro teknik**

# Fiziksel İyileştirme

Tuzlu ve alkali toprakların ıslahı için,

- derin sürüm,
- alttan toprak işleme,
- kumlama ve
- profilin alt-üst edilmesi gibi mekanik işlemler kullanılmaktadır.
- Bu işlemlerden ilk üçünün amacı, ince ve kaba bünyeli katmanların karışımını sağlamak ve daha homojen bir toprak elde etmek (derin sürüm), geçirgen olmayan katları kırarak (sub soiling) ve ince bünyeli toprağa kum ilave ederek (kumlama) toprağın geçirgenliğini artırmaktır.
- Profilin alt-üst edilmesi, arzu edilmeyen toprak katmanınının, alt katmandan alınan daha iyi bir materyal ile değiştirilmesidir.

# Fiziksel İyileştirme

- **Derin sürüm** (>40 cm), geçirgen katmanların arasında geçirimsiz katman bulunan topraklar için son derece yararlıdır.
- Yüzey veya yüzey altında sodyum etkisinde kalmış ve bu katmanların altında oldukça fazla jipsin yayıldığı topraklarda, derin sürüm ile jipsin bulunduğu katman toprağın yüzeyine çıkarılır.
- Bu şekilde, sodyum etkisinde kalmış toprağın kırılmasının ve daha derine gömülmesinin yanı sıra, ıslah için gerekli çözünebilir kalsiyum da sağlanmış olur.

# Fiziksel İyileştirme

- **Altan toprak işleme** (Subsoiling), bıçak ve çizel olarak bilinen çelik veya demirden yapılmış bir aletle toprak geçirgenliğini artırmak için, dikey olarak kanalların açılmasıdır.
- **Kumlama**, toprak bünyesini iyileştirme bakımından yararlı olabilir, yüzey toprağı uygun miktarda kum ile karıştırıldığında daha geçirgen duruma gelir ve böylece yüzey toprağının bünyesinde nispeten kalıcı bir değişim elde edilmiş olur.

# Fiziksel İyileştirme

- **Profilin alt-üst edilmesi**, yüzey toprağının iyi özelliklere, yüzey altı topraklarının ise arzu edilmeyen özelliklere sahip olduğu durumlarda uygulanır.
- **Profilin alt-üst edilmesi**, yüzey toprağını muhafaza ederken, ana materyalle alt toprağın yer değiştirmesini amaçlar. Bu üst toprağın bir kenara alınarak, alt toprağın ve ana materyalin derin sürülmesi ve sonra yüzey toprağının yerine konması şeklinde yapılır.

# Biyolojik İyileştirme

- Yaşayan ve ölü organik maddelerin tuzlu ve alkali toprakların üzerine etkisi
  - a. Toprağın geçirgenliğinin artırılması,
  - b. Solunum ve ayrışma sırasında CO<sub>2</sub> salınımı
- Bitki örtüsü (gölgelendirme etkisinden dolayı yüzeyden buharlaşmanın azalması; kapillar su hareketinin azalması ve böylece yüzeyde tuz oluşumunun yavaşlaması.
- Organik karakterli gübre ilavesi (toprağın gevşetilmesi yoluyla yüzey toprağının geçirgenliğinin artması, biyolojik aktivitedeki artıştan dolayı CO<sub>2</sub> artışı;
- Hem tuzlu hem de alkali topraklarda, yukarıda belirtilen birinci etki yararlı olurken, ikinci etki kireçli alkali topraklar üzerine çok daha fazla etkide bulunur.

# Kimyasal iyileştirme

- Kimyasal işlemler, toprak reaksiyonunu nötralize etmek, serbest sodayı (Sodyum karbonat) reaksiyona sokmak ve değişebilir sodyumun kalsiyumla yer değiştirmesini sağlamak amacıyla kullanılır.
- Alkali toprakların kimyasal yöntemlerle iyileştirilmesi, hidrolojik (yüzey ve yeraltı suyu) sorunların iyi bir şekilde düzenlenmesine bağlıdır. İyileştirmede kullanılan materyaller toprağın genetik tipine ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak 3 gruba ayrılır:
  - Kalsiyum klorür ve jips gibi çözünebilir kalsiyum tuzları,
  - Kireçtaşı ( $\text{CaCO}_3$ ) ve şeker fabrikalarının kireçli atıkları (şılam, kalsiyum bileşiklerinin karışımı) gibi yavaş çözünen kalsiyum bileşikleri,
  - Sülfürik asit, kükürt ve demir sülfat gibi asitlendirici materyaller.



# Kimyasal İslah

- Hidrojenin doğrudan etkisi yanında, asitlendirici uygulamalar; sodyum karbonatı nötralize eder. Kireçli topraklarda, kireçle reaksiyona girerek arzu edilen çözünebilir kalsiyumu sağlamak ve jipsi oluşturmak yoluyla alkali toprakların ıslahına yardımcı olurlar.
- **Jips, şimdiye kadar alkali toprakların ıslahında en yaygın olarak kullanılan ıslah maddesidir.** Kalsiyum klorür, yüksek çözünebilirliğe sahip olup, özellikle sulama suyuna ilave edildiğinde eğer maliyeti yüksek değil ise iyi bir ıslah edici olabilir.

# Kimyasal İslah

- Kireç taşı (kalsit) tek başına kullanıldığında, alkali toprakların ıslahında etkin değildir. Alkalin ortamda çözünebilirliğe çok düşük olduğundan, çok yavaş hareket eden bir materyaldir.
- Kireç, büyük miktarlarda ahır gübresi ile karıştırıldığında, gübrenin ayrışması ve çıkan karbondioksitin kireç ile reaksiyona girmesiyle oluşan kalsiyum bikarbonat nedeniyle, bazı yararlı etkilerde bulunabilir. Kireç, solodize solonetz gibi asit topraklar üzerine etkili olmaktadır.

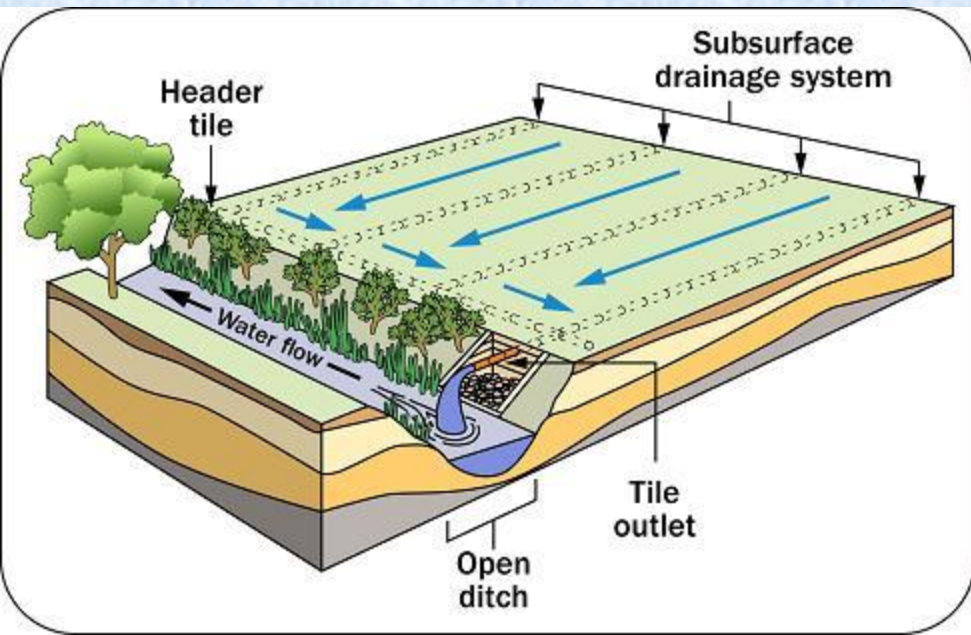
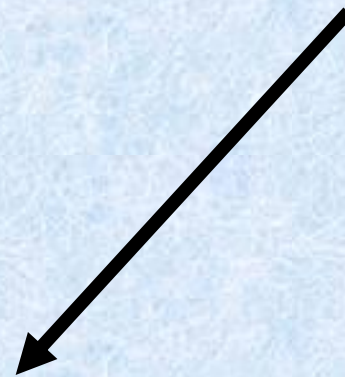
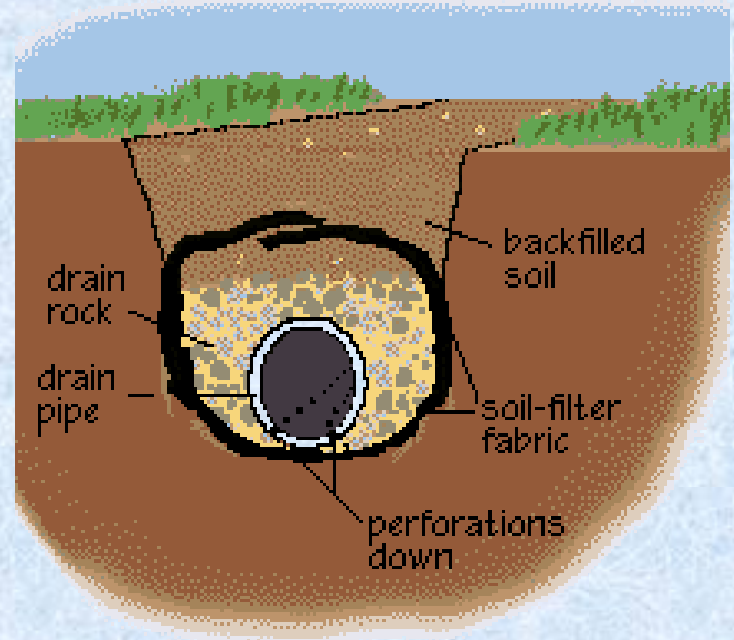
# Kimyasal İslah

- Kükürt, toprak mikroorganizmalarınca sülfürik aside okside oluncaya kadar inert bir materyaldir. Diğer mikrobiyal dönüşümler gibi kükürdün oksidasyonu, oksijen, nem, sıcaklık ve zaman gerektirir.
- Reaksiyon zamanındaki gecikme (özellikle çok killi ve alkali topraklarda) ve bitki köklerine zararlı olabilecek kükürt parçacıkları etrafında oluşan kuvvetli asitlik, kükürt kullanımındaki temel sınırlayıcılardır.
- Kükürt içeren diğer bütün ıslah ediciler (sülfürik asit, poli süfitler, demir sülfat, alüminyum sülfat) hidrolize bağlı olarak ve orijinal olarak içerdikleri sülfürik asitten dolayı etkilidirler.

# Hidrotennik ıslah

- 1) **Yıkama**; çözünebilir tuzların fazlasını kök bölgesinden uzaklaştırmak. Bu nedenle, tuzlu drenaj suyunun, yeniden tuzlulaşmayı ve alkalileşmeyi önlemek amacıyla, uzaklaştırılması için gerekli hazırlıklar yapılmalıdır.
- 2) **Drenaj**; yıkama ile toplanan tuzlu suyun bitki-kök bölgesinden uzaklaştırılması (toprağın alt katlarının geçirgen olması durumunda, drenaj yapılandırması gerekli olmayabilir. Ancak tuzlu-alkali sorunlu çoğu durumda bu olmadığından drenaj sistemine gerek duyulur.

Tuzlu topraklarda drenaj sistemi yalnız üst toprak katının değil, aynı zamanda alt topraktaki tuzların uzaklaştırılması şeklinde düzenlenmelidir. Bu şekilde, toprağın ve alt toprağın su ve tuz dengeleri düzenlenmiş olur.



# İyileştirme Yöntemini Seçerken

- **İklim özelliklerinin belirlenmesi** (mevsimsel, sıcaklık-yağış-nem verileri)
- **Toprak özelliklerinin belirlenmesi** (yüzeyden itibaren 4-5 m derinlik için; agregat stabilitesi ve infiltrasyon, tekstür, pH, EC, DSY, SAR, gibi fiziksel-kimyasal özelliklerin saptanması; bu bilgileri yorumlayarak sorunlu toprak sınıflamasının yapılması; alt toprak tiplerinin belirlenmesi;
- **Sulama suyunun kimyasal özelliklerinin bilinmesi** (suyun kimyasal özellikleri; EC-pH-anyon/katyon içeriği vs)
- **Toprak tuzluluğunun nitelikse özellikleri** (mümkünse tuz minerallerinin çeşitlerinin saptanması; hakim anyon ve katyonların miktar ve birbirlerine oranlarının bilinmesi gerekir.

# İyileştirme Yöntemini Seçerken

- Yukarıda belirtilen hususlar ideal yöntemin seçilmesini sağlar. Taban suyunun yüzeye yakın olduğu yerlerde, drenaj sistemi başlangıçta kurulmalıdır. Bu tip alanlarda, hem drenaj hem de yıkama suyu için taban suyunun seviyesini düşürmek amacıyla yoğun diren ve kollektör ağı kurulmalıdır. Doğal drenajı bulunmayan alanlarda daha kesin ölçümlere ihtiyaç bulunmaktadır.
- Kısa sürede başarı için yöntem kombinasyonu şart. (Örneğin 80 cm derinliğinde **jips içeren** yüksek-alkali (Na) toprakta, **profilin alt üst edilmesi**, Na'a dayanıklı **Bermuda gibi bitkilerin yetiştirilmesi** ve **kalsiyumca doygun su ile sulama yapılması** gibi uygulamaların bir arada yapılması, toprak ıslahının hızlı bir şekilde sonuçlanmasını sağlar.

# Tuzlu Toprakların Islahı (genel tecrübe)

- Drenaj yardımıyla taban suyu seviyesinin kritik seviyenin (2.5-3.0 m) altında tutulması,
- Drenaj ve yıkama ile birlikte topraktaki kolay çözünebilir tuzların miktarının  
% 0.3-0.4 ve taban suyunun üst katmanlarında 2-3 g/L düzeyine indirilmesi
- Sulama ile ya da gerekli durumlarda drenajla birlikte yıkamayı tekrarlayarak, kök bölgesinde toksik tuzların yeniden birikmesinin önlenmesi
- Tuzu yüzeyden 1.5 metrelik kısımda uzaklaştırmak en uygunu olmakla beraber, mümkün olmadığı koşullarda en azından 90 cm'lik bir profilden tuzun uzaklaştırılması uygundur.



# Yıkama Fraksiyonu (yıkama suyu)

- Toprak yüzeyinden infiltre olan ve kök bölgesini geçen su miktarına denir. Bu değer, drenaj suyu derinliğinin sulama suyu derinliğine oranıdır (leaching fraction).

$$LF = EC_w / EC_{dw}$$

(EC<sub>w</sub>: Sulama suyunun EC'si)

(EC<sub>dw</sub>: Drenaj suyunun EC'si)

# Yıkama Gereksinimi

- Yıkama çalışmalarında kullanılan diğer bir önemli terim Yıkama Gereksinimidir. Bunun anlamı; kök bölgesinde tuzları kabul edilebilir bir seviyede tutabilmek için, kök bölgesinden geçirilecek minimum su miktarıdır.
- Yıkama Gereksinimi değişik yöntemlerle hesaplanabilir. En çok bilinen ve en eski yöntem USDA Salinity Lab. tarafından önerilmiştir.
- $LR = EC_w / EC_{TS}$   
LR: Leaching ratio  
EC<sub>w</sub>: Sulama suyunun EC'si  
EC<sub>TS</sub>: Yetiştirilecek bitkinin tuzluluk eşik değeri

# Yıkama Gereksinimi

**Örnek:** Kentucky mavi otunun eşik değeri 6 dS/m, sulama suyunun EC'si 2 dS/m ise yıkama gereksinimi nedir?

$$LR = \frac{EC_w}{EC_{ts}} = \frac{2}{6} = 0.33$$

**Örnek:** Bir çim alanının EC<sub>ts</sub> gereksinimi 100 mm ve LR % 10, yağış 65 mm ise, verilecek sulama suyu miktarı kaç mm'dir.

EC<sub>ts</sub> = 100 mm; LR = 10 mm; Toplam su gereksinimi = 110 mm

Yağış = 65 mm; Sulama suyu = 110 - 65 = 45 mm

# Yağmurlama sulama için Yıkama Gereksinimi

$$LR = \frac{EC_w}{2 \cdot EC_{ts}} \cdot 100$$

# Yıkama Gereksinimi

$$LR = (E - P) \frac{2EC_e}{f(2EC_e - EC_i)}$$

E: Toplam evapotranspirasyon

P: Yağış

E<sub>c</sub>: Saturasyon tuzluluk değeri

E<sub>i</sub>: Sulama suyu tuzluluk değeri

f: Yıkama verimliliği katsayısı (0.5-0.7 arasında alınır)

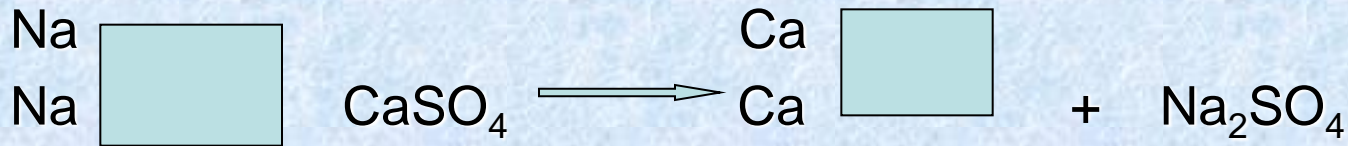
# Tuz Yıkama (Konya)

Toprak tuzluluğunu 4 dS/m'ye düşürmek için değişik toprak derinliklerine göre verilmesi gerekli yıkama suyu miktarları (cm)

Islah Edilecek Toprak Derinliği (cm)	Arazide Rastlanan Tuz Düzeyleri (dS/m)					
	24	20	16	12	8	6
0-20	55	50	45	40	35	25
0-40	105	100	95	80	65	50
0-60	160	150	140	120	100	80
0-80	210	200	190	165	130	105
0-100	265	250	235	205	165	130

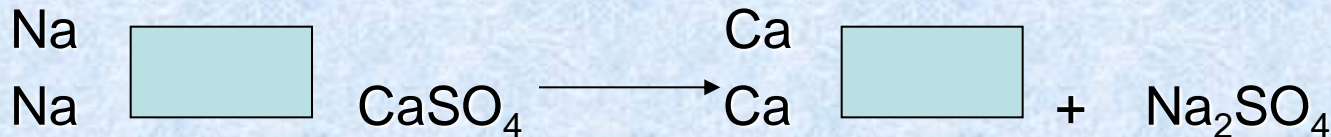
# Jips ve sülfürik asit uygulaması

- $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaSO}_4 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$  (Yıkanabilir)



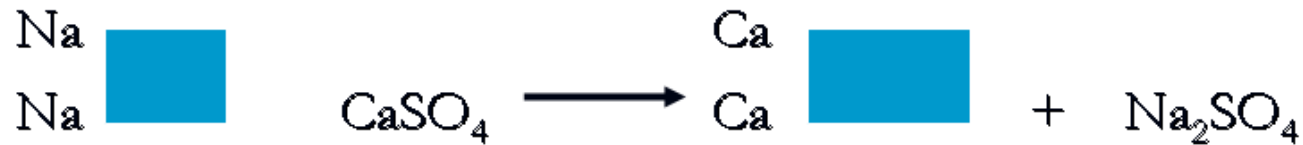
Sülfürik asit uygulaması

- $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$



# Kükürt uygulaması

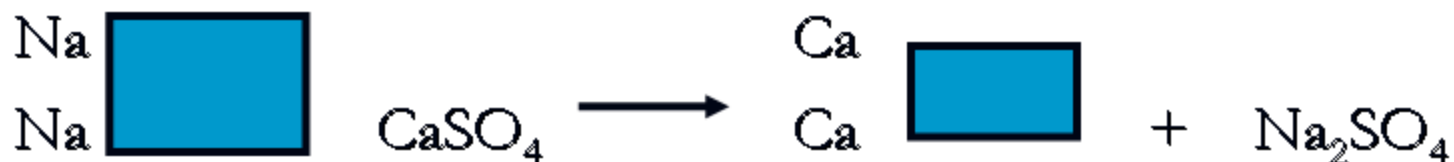
- $S + 3 O_2 \rightarrow 2 SO_3$  (mikrobiyal oksidasyon)
- $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$
- $H_2SO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2$





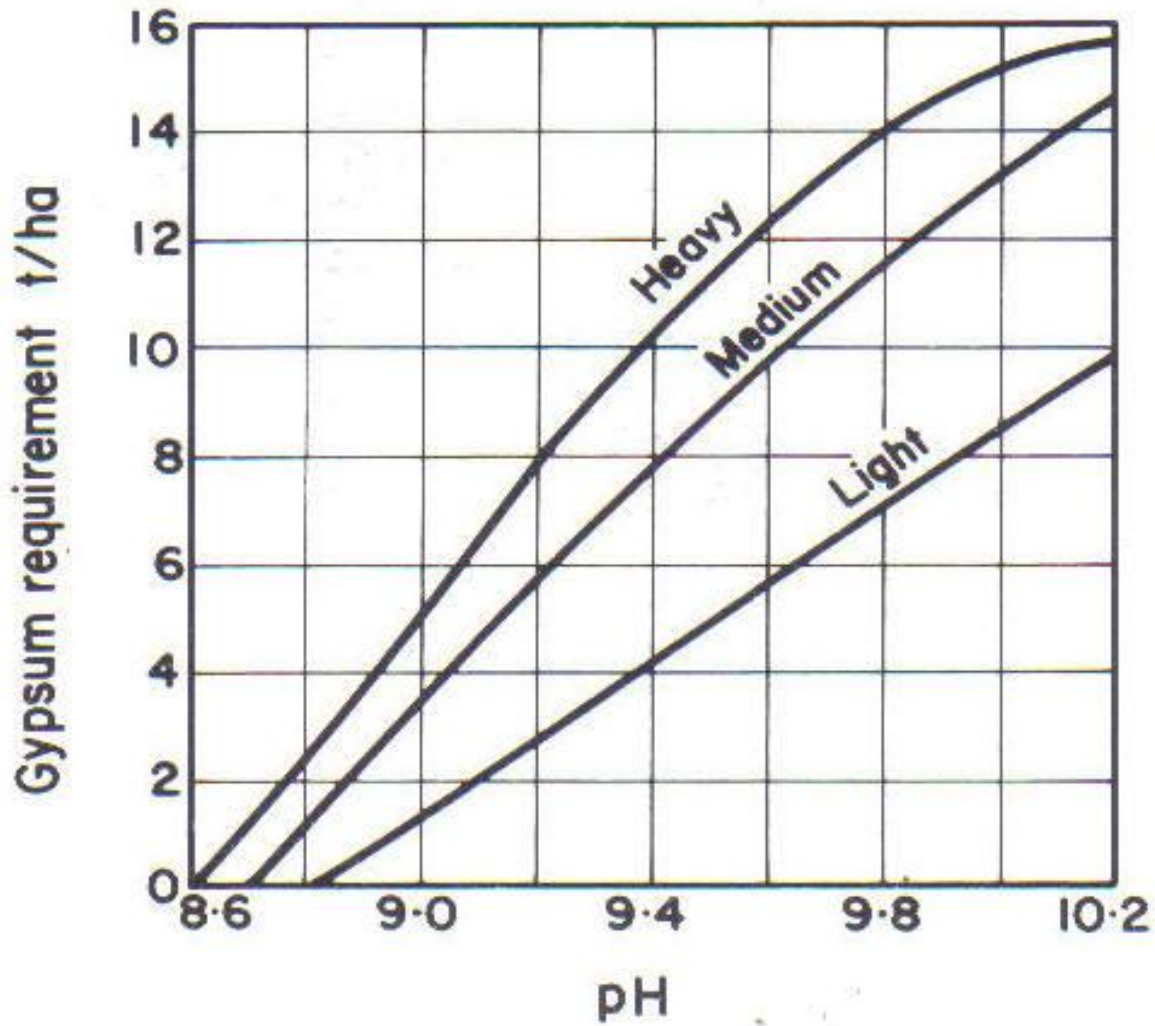
# FeSO<sub>4</sub> Uygulaması

- $\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Fe}(\text{OH})_2$
- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CaSO}_4$



# Islah materyali miktarını etkileyen faktörler

- Toprak tekstürü
- Kil tipi
- ESP düzeyi
- Bitki türü
- Toprak derinliği



Jips gereksinimi, pH ve toprak tekstürü arasındaki ilişkiler

# Tuzlu ve Alkali Toprak Islahında Gereksinilen Yıkama Suyu ve Jips İhtiyaçları (Menemen)

Değişebilir sodyum yüzdesi (DSY) 10'a düşürmek için gerekli ıslah maddesi (ton/dekar) ve yıkama suyu miktarları (cm)

Islah Edilecek Toprak Derinliği (cm)	Arazide Rastlanan DSY Miktarları		
	40	35	30
0-20	0.50-80	0.30-80	0.20-60
0-40	0.75-100	0.30-100	0.30-90
0-60	0.90-140	0.40-120	0.40-140
0-80	0.95-160	0.50-160	0.50-160
0-100	1.00-240	0.70-240	0.50-240











