

SULAMA SUYU KALİTESİ & TUZLULUK

TUZLULUĞUN TOPRAĞA ETKİSİ

1

SU KALİTESİ VE TOPRAK ÖZELLİKLERİ

- Organik ve mineral komplekslerden oluşan toprak kütlesi sulama suyunda bulunan bileşiklerle
 - hem fiziksel hem de kimyasal olarak reaksiyona girer.
- Suyun kalitesini ortaya çıkaran bu bileşiklerle toprak kompleksleri arasında meydana gelen reaksiyonlar sonucu
 - ortaya arzu edilen veya edilmeyen toprak özellikleri çıkar
- Örneğin:
 - sulama suyunda kalsiyum iyonlarının bulunması toprak fiziksel özelliklerinden hava ve su permeabilitesinin düzelmesine
 - sodyum iyonlarının bulunması tamamen aksi durumun ortaya çıkmasına neden olur

2

SU KALİTESİ VE TOPRAK ÖZELLİKLERİ

- Toprakların fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimleri genellikle birbiriyle yakından ilgilidir
- Toprak:
 - infiltrasyon hızı,
 - hava ve su permeabilitesi,
 - yapısı,
 - gözenek miktarı
 - ve gevşekliği gibi fiziksel" özellikleri
 toprak kimyasal bileşimi ile değişmekte
- Birtakım reaksiyonlar nedeniyle sulama suyunun kalitesini oluşturan bileşimi ile bu özellikler arasında sıkı bir ilişki vardır

3

SU KALİTESİ VE TOPRAK ÖZELLİKLERİ

- Toprağın organik ve kil fraksiyonları iyon değiştirme özelliklerine sahiptirler.
 - Bu toprak kompleksleri negatif (-) yük taşıdıklarından pozitif (+) iyonları (katyonları) adsorbe ederler.
- Adsorbe edilen katyonların başlıcaları:
 - Ca, Mg, K, H ve Al
- Toprak içerisinde adsorbe edilen katyonların dağılımı toprak eriyiği ile denge halindedir.
- Sulama veya gübreleme gibi herhangi bir müdahale
 - toprak eriyiği bileşimini değiştirir ve bu dengeyi bozar
 - dolayısıyla toprakta adsorbe edilmiş iyonların dağılımı değişir

4

SU KALİTESİ VE TOPRAK ÖZELLİKLERİ

- Toprak komplekslerinde kalsiyum iyonlarının hakim katyon olarak adsorbe edilmesi halinde, toprak;
 - granüler bir yapıya sahip olur
 - kolayca işlenebilir ve geçirgen bir özellik gösterir
- Toprak komplekslerinde adsorbe edilen sodyum iyonları miktarının, toplam katyonların yüzde 10 ve 15 inden fazla olması halinde:
 - kil kompleksleri dispersiyon durumuna geçerek toprağı daha az geçirgen bir hale getirir
- Toprak komplekslerinde sodyum iyonlarının artması:
 - toprakların kurudukları zaman kabuk bağlamalarına,
 - çatlama ve yarılmalarına
 - hava ve su permeabilitesinin azalmasına
 - tohum çimlenmesi ve toprak işlenmenin güçleşmesine

5

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

- Her sulama ile birlikte tuzlar toprağı eklenir
 - eğer zarar verici düzeylerde birikirse, bitki verimini azaltır.
- Bitkiler transpirasyonlarını karşılamak üzere topraktan suyu alırlarken
 - pek çok tuzu geride bırakarak topraktaki tuz konsantrasyonunun artmasına neden olurlar.
- Her sulamada daha fazla tuz biriktirilir.
- Tuzluluğun zararlı düzeylere ulaşmasından önce
 - biriktirilen tuzların kök bölgesinden uzaklaştırılması gerekir.
- Yıkama uygulaması,
 - kök bölgesi dışına bir miktar tuzun taşınabilmesi için yeteri kadar fazladan suyun uygulanması şeklinde yapılır.

6

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

- “Yıkama Hacmi (Leaching Fraction-LF)”:

- Kök bölgesine uygulanan ve buradan süzülerek kök bölgesi altına perkole olan su hacmi.

$$LF = \frac{D_z}{D_i} \quad \begin{array}{l} D_z : \text{Kök bölgesi altına sızan su hacmi,} \\ D_i : \text{Yüzeyden uygulanan su hacmi} \end{array}$$

- Birkaç başarılı sulamanın ardından,
 - yıkama fraksiyonuna
 - ve sulama suyu tuz içeriğine bağlı olarak toprak tuzluluğu denge konsantrasyonuna ulaşır.
- Yüksek değerleri (LF=0.5), düşük değerlere oranla (LF=0.1) daha az tuz birikimine neden olurlar.

7

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

- Eğer bitki su tüketimi (ET) ve LF değerleri biliniyorsa,
 - kök bölgesine uygulanması gereken (AW) su miktarı belirlenebilir;

$$AW = \frac{ET}{1 - LF}$$

Eşitlikte;

- AW : kök bölgesine uygulanması gereken su miktarı (mm),
- ET : Bitki su tüketimi (mm),
- LF : Yıkama fraksiyonu

8

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

- Eğer sulama suyu tuzluluğu (EC_i) ve kök bölgesi altına sızan drenaj suyu tuzluluğu biliniyorsa,
 - İhtiyaç duyulan LF değerleri hesaplanabilir;

$$LF = \frac{EC_i}{EC_{dw}}$$

Eşitlikte;

- LF : Yıkama fraksiyonu
- EC_i : Uygulanan sulama suyu tuzluluğu,
- EC_{dw} : kök bölgesi altına sızan drenaj suyunun tuzluluğu,

9

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

ÖRNEK: LF değerinin hesaplanması.

- Kullanılacak sulama sularının elektriksel iletkenlik değerleri (EC_i) 1, 2 ve 3 dS/m,
- Kök bölgesi altına sızan drenaj suyunun tuzluluğu 8 dS/m

$$EC_i = 1 \text{ dS/m} \Rightarrow LF = \frac{EC_i}{EC_{dw}} = \frac{1}{8} = 0.13 = \%13$$

$$EC_i = 2 \text{ dS/m} \Rightarrow LF = \frac{EC_i}{EC_{dw}} = \frac{2}{8} = 0.25 = \%25$$

$$EC_i = 3 \text{ dS/m} \Rightarrow LF = \frac{EC_i}{EC_{dw}} = \frac{3}{8} = 0.38 = \%38$$

10

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

- Eğer sulama suyu tuzluluğu (EC_i) ve LF değerleri biliniyorsa,
 - kök bölgesi altına sızacak olan drenaj suyu tuzluluğu ile kök bölgesi ortalama tuzlulukları tahmin edilebilir;

$$EC_{dw} = \frac{EC_i}{LF}$$

Eşitlikte;

- EC_{dw} : kök bölgesi altına sızan drenaj suyunun tuzluluğu,
- EC_i : Uygulanan sulama suyu tuzluluğu,
- LF : Yıkama fraksiyonu

11

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

ÖRNEK: Kök bölgesi altına sızan suyun tuzluluğunun hesaplanması.

- Sulama suyu tuz konsantrasyonu 1 dS/m,
- LF değeri %15.
- Kök bölgesi altına sızan suyun tuzluluğu (EC_{sw}), drenaj suyu tuzluluğuna eşittir (EC_{dw}).

$$EC_{dw} = EC_{sw} = \frac{EC_i}{LF} = \frac{1}{0.15} = 6.67 \text{ dS / m}$$

- Bu durumda kök bölgesi altına sızan suyun elektriksel iletkenliği yaklaşık 6.7 dS/m olacaktır

12

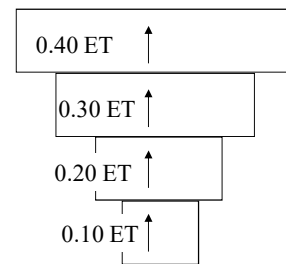
TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

- Bu örnekte LF ve sulama suyu tuzluluk değerleri drenaj suyunun tuzluluğunun belirlenmesinde kullanılmıştır.
- Bitki ise, bu tuzluluktaki drenaj suyu etkisine ancak kök bölgesinin alt kısımlarında maruz kalır.
 - Daha düşük LF değeri nedeniyle alt kısımlardaki toprağın tuzluluğu, üst kısımlardaki tuzluluktan daha fazladır.
- Bitki ise alt ve üst kısımlardaki ekstrem tuzluluklara değil
 - *ortalama toprak tuzluluğuna* karşı bir tepki gösterir.

13

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

- Kök bölgesi içerisindeki su kullanımı hakkında bir bilgi mevcut ise,
 - eşitlik aynı zamanda ortalama kök bölgesi toprak tuzluluğunun (EC_{sw}) tahmininde de kullanılabilir.
- Normal sulama suyu uygulamaları ve kullanımı deseni altında,
 - kök bölgesi içerisinde suyun kullanımı sırasıyla,
 - %40,
 - %30,
 - %20 ve
 - %10 düzeyinde olacaktır.



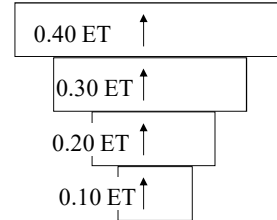
14

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

ÖRNEK: Ortalama kök bölgesi tuzluluğunun hesaplanması.

Varsayımlar:

- Uygulanan sulama suyunun tuzluluğu 1 dS/m,
- Bitki su ihtiyacı $ET=1000$ mm/mevsim,
- Bitkinin su kullanım deseni,
 - üst $\frac{1}{4}$ lük kısımda %40,
 - ikinci $\frac{1}{4}$ lük kısımda %30,
 - üçüncü $\frac{1}{4}$ lük kısımda %20,
 - ve dördüncü $\frac{1}{4}$ lük kısımda ise %10
- Bitki su kullanımı nedeniyle bir sonraki $\frac{1}{4}$ lük kısma drene olan suyun konsantrasyonu artmaktadır.
- Arzulanan LF oranı %15 dir.
 - Bunun anlamı verilen sulama suyunun %15 lik bölümü kök bölgesi altına drene olmakta, buna karşın %85 lik kısmı bitki su ihtiyacını ve yüzeyden buharlaşan miktarı karşılamaktadır.



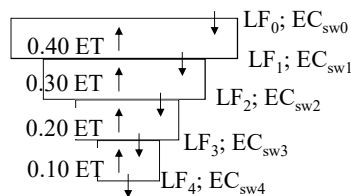
15

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

ÖRNEK: Ortalama kök bölgesi tuzluluğunun hesaplanması.

İşlemler:

1. Ortalama kök bölgesi tuzluluğunun belirlenmesinde 5 nokta ele alınmıştır. Bunlar değişik noktalardaki toprak tuzluluklarıdır:
 - i. Toprak yüzeyinde EC_{sw0}
 - ii. Birinci çeyreğin en alt kısmındaki tuzluluk değeri EC_{sw1}
 - iii. İkinci çeyreğin alt kısmındaki tuzluluk değeri EC_{sw2}
 - iv. Üçüncü çeyreğin alt kısmındaki tuzluluk değeri EC_{sw3}
 - v. Dördüncü çeyreğin alt kısmındaki yada kök bölgesinden drene olan suyun (EC_{dw}) tuzluluk düzeyi EC_{sw4} .



16

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

ÖRNEK: Ortalama kök bölgesi tuzluluğunun hesaplanması.

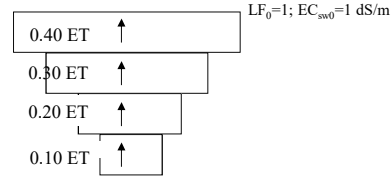
İşlemler:

2. $LF=0.15$ değeri için uygulanacak su miktarının hesabı;

$$AW = \frac{ET}{1-LF} = \frac{1000}{1-0.15} = 1176 \text{ mm}$$

3. Yüzeyden giren suyun tuzluluğu, uygulanan sulama suyu tuzluluğuna eşit alınabilir;

$$EC_{dw0} = EC_{sw0} = \frac{EC_w}{LF_0} = \frac{1}{1} = 1 \text{ dS/m}$$



17

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

ÖRNEK: Ortalama kök bölgesi tuzluluğunun hesaplanması.

İşlemler:

4. Her bir çeyreğin alt kısmından drene olan toprak suyu tuzluluğu

• Birinci çeyreğin alt kısmında;

$$LF_1 = \frac{1176 - (0.40 \times 1000)}{1176} = 0.66 \quad EC_{sw1} = \frac{EC_w}{LF_1} = \frac{1}{0.66} = 1.5 \text{ dS/m}$$

• İkinci çeyreğin alt kısmında;

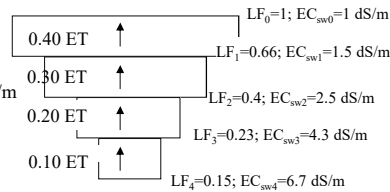
$$LF_2 = \frac{1176 - (0.70 \times 1000)}{1176} = 0.40 \quad EC_{sw2} = \frac{EC_w}{LF_2} = \frac{1}{0.40} = 2.5 \text{ dS/m}$$

• Üçüncü çeyreğin alt kısmında;

$$LF_3 = \frac{1176 - (0.90 \times 1000)}{1176} = 0.23 \quad EC_{sw3} = \frac{EC_w}{LF_3} = \frac{1}{0.23} = 4.3 \text{ dS/m}$$

• Dördüncü çeyreğin alt kısmında;

$$LF_4 = \frac{1176 - (1.00 \times 1000)}{1176} = 0.15 \quad EC_{sw4} = \frac{EC_w}{LF_4} = \frac{1}{0.15} = 6.7 \text{ dS/m}$$



18

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

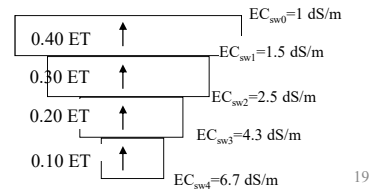
ÖRNEK: Ortalama kök bölgesi tuzluluğunun hesaplanması.

İşlemler:

5. Ortalama kök bölgesi tuzluluğunun hesaplanması için, 5 noktadaki tuzluluk değerlerinin ortalaması alınır;

$$EC_{sw} = \frac{EC_{sw0} + EC_{sw1} + EC_{sw2} + EC_{sw3} + EC_{sw4}}{5}$$

$$EC_{sw} = \frac{1.0 + 1.5 + 2.5 + 4.3 + 6.7}{5} = 3.2 \text{ dS/m}$$



19

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

- 40-30-20-10 su kullanım deseni altında
 - LF nin %15 olması halinde kök bölgesi ortalama toprak suyu tuz konsantrasyonunun, sulama suyu tuz konsantrasyonundan yaklaşık 3.2 kez
 - LF nin %20 olması halinde, ortalama toprak suyu tuzluluğu 2.7 kez sulama suyu tuzluluğundan daha konsantre hale gelmekte
- EC_{sw} değeri bitkilerin etkisinde kaldığı ortalama toprak tuzluluk değerini belirtmektedir.
 - Ancak bunun ölçümü zordur.

20

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

- Tuzluluk ölçümü genellikle saturasyon ekstraktında yapılır ve toprak tuzluluk değeri olarak belirtilir (EC_e).
- Bunu belirleyebilmek için:
 - EC_e ve EC_{sw} arasındaki ilişkiden; $* EC_{sw} = 2 \times EC_e$
(genel olarak)
 - ya da EC_i ve EC_{sw} arasındaki ilişkiden $* EC_{sw} = 3 \times EC_i$
(%15-20 yıkama fraksiyonu için)
- Bu durumda genel bir ifade ile;
 - %15-20 yıkama fraksiyonu altında, toprak saturasyon çamuru ekstraktının tuzluluğu sulama suyu tuzluluğunun yaklaşık 1.5 katına eşit olacaktır. $* EC_e = 1.5 \times EC_i$

21

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

- Eğer sulama uygulamaları sonucunda %15-20 LF değerlerinden daha farklı bir LF değeri oluşursa,
 - yeni ortalama tahmini LF değeri aynı hesaplamalar yapılarak, daha doğru bir konsantrasyon faktörü hesaplanabilir.
- *Bazı yıkama oranı ve uygulanan sulama suyu miktarına bağlı ortalama toprak tuzluluğunun hesaplanması için gerekli konsantrasyon faktörü değerleri*

LF	Uygulanan sulama suyu miktarı (mm)	Konsantrasyon faktörü
0.05	105.3	3.2
0.10	111.1	2.1
0.15	117.6	1.6
0.20	125.0	1.3
0.25	133.3	1.2
0.30	142.9	1.0
0.40	166.7	0.9
0.50	200.0	0.8
0.60	250.0	0.7
0.70	333.3	0.6
0.80	500.0	0.6

22

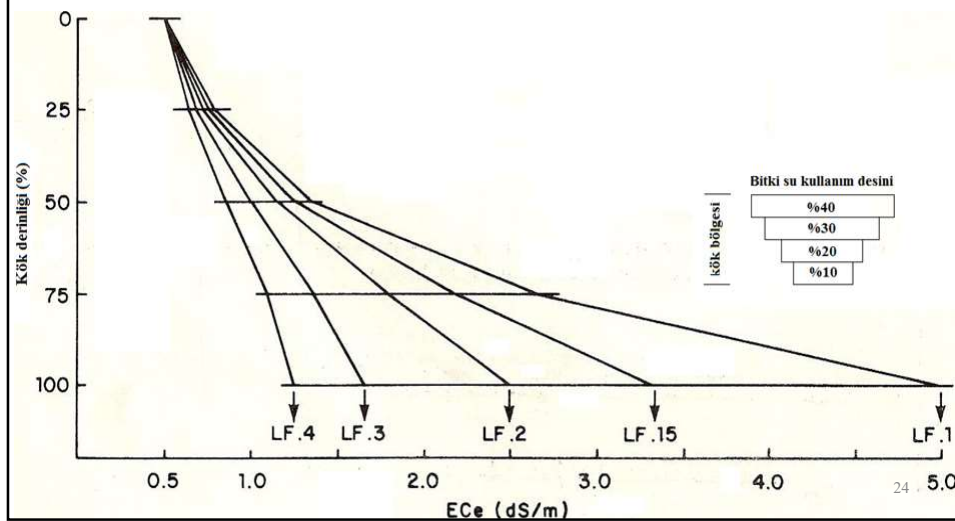
TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

- Ortalama toprak tuzlulukları (EC_e),
 - çizelgede verilen konsantrasyon faktörü değerleri ile sulama suyu tuzluluğu çarpılması yoluyla tahmin edilebilirler.
- Bu tahmin edilen ortalama toprak tuzluluğu değerleri,
 - örneğin bir sulama mevsimini yada iki sulama arasındaki dönemi içeren kısa dönem ortalama tuzlulukları değil,
 - en az bir yıllık süreyi içeren uzun dönem toprak tuzluluk değerlerini gösterir.
- Aynı su kaynağı ile ve yaklaşık aynı LF değeri ile yapılan sulamalar sonucunda elde edilecek tipik toprak profil tuzluluğu değerleri için grafik:

23

TOPRAK TUZLULUĞUNUN OLUŞUMU

Elektriksel iletkenliği 1.0 dS/m olan su kaynağının farklı yıkama fraksiyonlarında uzun dönem kullanımı sonucu kök bölgesinde oluşması beklenen tuzluluk profili



24

TOPRAK TUZLULUĞUNUN BELİRLENMESİ

- Tuzlu alanlar bazen yüzeyde biriken tuzların görünen beyazımsı izlerinden anlaşılabilmektedir.



TOPRAK TUZLULUĞUNUN BELİRLENMESİ

- Bu tür birikmeler daha çok alanın
 - bitki örtüsü barındırmayan nisbeten yüksek kısımlarında suyun buharlaştığı ve tuzların geride biriktiği bölümlerde
- Görünen bu tuz birikintileri,
 - yüzeydeki birikmeleri gösterir,
 - her zaman yüksek kök bölgesi tuzluluğunu temsil etmez
 - bu durumda açık profillerin incelenmesi yada kök bölgesi profilinden örnekleme yapılması gerekmektedir.



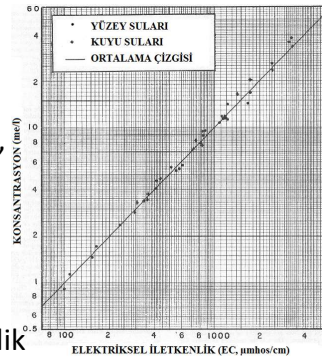
TOPRAK TUZLULUĞUNUN BELİRLENMESİ

- Toprak tuzluluğu:
 - kök bölgesinden alınan örneklerin saturasyon ekstraktından
 - yada son zamanlarda geliştirilen teknikler yardımıyla, doğrudan tarla toprağından elektriksel iletkenlik ölçülmesi şeklinde yapılabilir.



ELEKTRİKSEL İLETKENLİK VE TOPRAK EKSTRAKTI

- Toprak tuzluluğu genelde,
 - tuzluluk ile elektriksel iletkenlik (EC) değeri arasındaki sıkı ilişkiden ötürü, toprak ekstraktında elektriksel iletkenlik değeri olarak ölçülür (EC_e)
 - topraktan elde edilen çözeltiden (toprak suyu) laboratuvarında yada doğrudan arazide elektriksel iletkenlik ölçümü şeklinde yapılabilir (EC_{sw}).
 - bunun yanında daha kolay olarak doğrudan saturasyon çamurundan ölçülebilir (EC_p),
 - yada “bulk” toprakta, toprak anlık elektriksel iletkenlik değeri olarak da, ilgili yöntem ve teknikler kullanılarak (EC_a) ölçülebilmektedir.



ELEKTRİKSEL İLETKENLİK VE TOPRAK EKSTRAKTI

- Bu son değinilen teknik ile
 - topraktan örnekleme yapmadan
 - hızlı bir şekilde tuzluluğun belirlenmesi mümkün olabilmekte
- Bu amaçla:
 - toprağa yerleştirilmiş elektrik probları yardımıyla
 - yada uzaktan ölçüm yapabilen elektromagnetik indüksiyon (EM) cihazları kullanılmakta
- Burada değinilen EC_a ölçüm cihazları,
 - diğer sulu çözeltilerde ölçüm yapabilen cihaz ve ekipmanlara göre çok daha pahalıdır

29

ELEKTRİKSEL İLETKENLİK VE TOPRAK EKSTRAKTI

- Elektromagnetik indüksiyon (EM) cihazları



30

ELEKTRİKSEL İLETKENLİK VE TOPRAK EKSTRAKTI

- Elektromagnetik indüksiyon (EM) cihazları



ELEKTRİKSEL İLETKENLİK VE TOPRAK EKSTRAKTI

- Değişik tuz ve iyonların
– mg ve meq olarak değerlerinin ilişkisi

İyon	mg/meq	Tuz	mg/meq
Na	23	NaCl	58.5
K	39	CaCl ₂	55.5
Ca	20	MgCl ₂	47.5
Mg	12	Na ₂ SO ₄	71
Cl	35.5	CaSO ₄	68
SO ₄	48	MgSO ₄	60
HCO ₃	61	NaHCO ₃	84
CO ₃	30	Ca(HCO ₃) ₂	81
		Mg(HCO ₃) ₂	73

32

ELEKTRİKSEL İLETKENLİK VE TOPRAK EKSTRAKTI

- meq/l, dS/m, mg/l mg/meq arasındaki yaklaşık ilişkiler ile meq/l ile dS/m arasındaki oran

mg/L	meq/L	dS/m	mg/meq	(meq/L) / (dS/m)
640	10	1	64	10
7000	120	10	58.3	12

- mg/meq arasındaki azalmalar artan tuz konsantrasyonlarında SO_4 ve HCO_3 iyonlarına nazaran Cl iyonunda görülen nispi artmadan kaynaklanmaktadır.
- meq/l ile dS/m oranında görülen artma ise tuz konsantrasyonunun artışı ile iyon aktivitesinde görülen azalma ile ilgilidir.
- Ortalama bir değer olarak meq/l cinsinden verilen tuz konsantrasyonunun 10 yada 12 ile bölünmesi sonucu dS/m olarak tuz konsantrasyonu hesaplanmış olur.

33

ELEKTRİKSEL İLETKENLİK VE TOPRAK EKSTRAKTI

- Toprak tuzluluğunun belirlenmesi amacı ile çok sayıda ekstrakt üzerinde EC ölçümleri yapılır.
- En gerçekçi değerlendirme ise EC değerinin toprak tarla kapasitesinde iken belirlenmesidir.
 - Yalnızca bu şekilde gerçek arazi koşullarındaki toprak tuzluluğu belirlenmiş olur ve bu tuzluluk değeri doğrudan bitki gelişimini etkileyecek olan tuzluluk değeridir.
- Ancak uygulamada tarla kapasitesindeki bir topraktan kısıtlı miktarda ekstrakt elde edilebildiğinden
 - laboratuvar koşullarında bu yöntemi uygulamak zordur.

34

ELEKTRİKSEL İLETKENLİK VE TOPRAK EKSTRAKTI

- Bu nedenle çoğunlukla toprak EC değeri
 - saturasyon ekstraktında ölçülür.
- Bu amaçla
 - hava kurusu toprak üzerine saturasyon macunu elde edilinceye kadar saf su ilave edilir
 - bu değer kaba tekstürlü (kumlu ve tınlı kum) topraklar haricinde tarla kapasitesi değerinin yaklaşık iki katıdır.
- Laboratuarda elde edilen saturasyon çamuru, bozulmamış toprak örneklerinden elde edilen saturasyon çamuruna göre
 - daha fazla su içerir
 - ve elde edilecek ekstrakt, tarla kapasitesi koşulunda elde edilecek ekstrakta oranla daha seyreltiktir.
 - Bu nedenle $EC_{fc}=2EC_e$

35

ELEKTRİKSEL İLETKENLİK VE TOPRAK EKSTRAKTI

- Herhangi bir alandan tuzluluk kontrolü amacı ile periyodik örneklerin alınması gerektiği koşullarda en uygun yöntem:
 - belli hacimdeki hava kurusu toprağa her defasında aynı miktarda su ilave ederek saturasyon çamurunun hazırlanmasıdır.
- Aksi halde EC_e değerinde gözlenen değişiklikler,
 - toprak tuzluluğundan çok saturasyon çamuruna eklenen su miktarındaki değişikliklerden kaynaklanacaktır.

36

ELEKTRİKSEL İLETKENLİK VE TOPRAK EKSTRAKTI

- Genel olarak saturasyon macunu hazırlanması zahmetli bir uğraşı olduğundan,
 - rutin analizler için
 - 1:1 (100g kuru toprak 100 g su),
 - 2:1 (200g kuru toprak 100 g su),
 - 1:5 (100g kuru toprak 500 g su),
 - yada daha seyreltik konsantrasyonlar hazırlanır.
- Böylelikle genelde laboratuarda herhangi bir emme uygulanmadan da
 - basit infiltrasyon ile yeterli çözelti elde edilir.
- $EC_{1:1} = EC_{2:1} / 2$
- $EC_{1:1} = 5 \times EC_{1:5}$

37

ELEKTRİKSEL İLETKENLİK VE TOPRAK EKSTRAKTI

- Klorür tuzları gibi yüksek çözünürlüklü tuzların varlığı durumunda
 - EC ve tuz konsantrasyonu değerleri su içeriği değeri ile ters orantılı seyrederek.
- Eğer nispeten düşük çözünürlüklü kireç ve jips gibi tuzların varlığı söz konusu ise
 - seyreltik ekstrakt üzerinde elde edilen EC ve tuz konsantrasyonlarının çevriminde dikkat edilmelidir.

38

ELEKTRİKSEL İLETKENLİK VE TOPRAK EKSTRAKTI

- Toprakta bulunan tuzlar sadece katı kireç yada jips ise her bir toprak ekstraktı,
 - su/toprak oranından bağımsız olarak, bu tuzların aynı konsantrasyonlarını içerecek ve aynı EC değerini gösterir.
- Bunun nedeni
 - erirliği düşük olan bu tuzların su ortamına olan katkılarının belli ve sınırlı bir düzeyde olması
 - dolayısıyla eklenen su miktarının EC_e değerine etkisinin önemsiz düzeyde olması

39

TUZLULAŞACAK TOPRAK DERİNLİĞİ

- Verilen sulama suyu miktarı ile ilişkili olarak
 - ıslatılacak toprak derinliğinin bulunmasında
 - yada tuzlulaşacak toprak derinliğinin belirlenmesinde kullanılan eşitlik:

$$\frac{d}{D} = \frac{\gamma_t}{\gamma} \times \frac{SP}{100} \times \frac{EC_e}{EC_i}$$

d = sulama suyu miktarı(cm)
 D = tuzlulaşacak toprak derinliği(cm)
 γ_t = toprak hacim ağırlığı (g/cm^3)
 γ = suyun özgül ağırlığı (g/cm^3)
 SP = saturasyon yüzdesi değeri (%)
 EC_e = toprak tuzluluk değeri (dS/m)
 EC_i = sulama suyu tuzluluk değeri (dS/m)

40

TUZLULAŞACAK TOPRAK DERİNLİĞİ

- Bu eşitlikle ilgili varsayımlar:
 - Suyun elektriksel iletkenlik değeri, suyun tuz konsantrasyonunun iyi bir ölçütüdür,
 - Saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenlik değeri toprak tuzluluğunu belirten iyi bir ölçüdür,
 - Toprakta yıkama yapılmamıştır ve
 - Eriyebilir tuz bileşikleri tuzlulaşma sırasında çökelme meydana getirmemişlerdir.
- Eşitlik aynı zamanda $\frac{d}{D} = \frac{\gamma_t}{\gamma} \times \frac{SP}{100} \times \frac{EC_e}{EC_i}$
 - tuzlulaşacak toprak derinliğinin,
 - toprak suyu konsantrasyon değerinin,
 - sulama suyu miktarının
 - sulama suyu elektriksel iletkenlik değerinin belirlenmesi amacıyla da kullanılabilir

41

TUZLULAŞACAK TOPRAK DERİNLİĞİ

ÖRNEK: Tuzlulaşacak toprak derinliğinin hesaplanması.

- Sulama suyu tuzluluğu 1 dS/m (EC_i),
- toprak hacim ağırlığı 1.2 g/cm³ (γ_t),
- saturasyon yüzdesi değeri %40 (SP),
- sulama suyu miktarı 600 mm (d)
- tuzluluk koşulu $EC_e > 4$ dS/m

$$\frac{d}{D} = \frac{\gamma_t}{\gamma} \times \frac{SP}{100} \times \frac{EC_e}{EC_i} \Rightarrow \frac{60}{D} = \frac{1.2}{1} \times \frac{40}{100} \times \frac{4}{1} \Rightarrow$$

$$D = 30 \text{ cm}$$

- **Yorum:**
 - Bu koşullarda bu alanda sulama mevsimi sonunda yaklaşık 30 cm lik toprak katmanı tuzlu hale gelecektir.

42

TUZLARIN ERİRLİLİKLERİ

- Toprak ortamındaki kompleks çözeltilerde pek çok tuzun çözünürlüğü değişebilmektedir.
- Kural olarak benzer iyonlar bulunduran farklı tuzların varlığı halinde bazı tuzların erirliği azalmaktadır.
- Örneğin,
 - CaSO_4 tuzunun erirliği Na_2SO_4 ve CaCl_2 tuzunun varlığında önemli ölçüde azalmaktadır.
- *Jipsin ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) meq/l olarak erirliği:*

Saf Su	10 g/L Na_2SO_4	10 g/L CaCl_2
30	22	17

43

TUZLARIN ERİRLİLİKLERİ

- Benzer iyonların bulunmadığı karışık çözeltilerde ise düşük erirlikteki tuzların eriyebilirlikleri artar.
 - NaCl varlığında jipsin erirliği artmaktadır.

Saf Su	10 g/L Na_2SO_4	10 g/L CaCl_2	10 g/L NaCl	100 g/L NaCl
30	22	17	49	98

- Kirecin erirliği ise benzer olmayan iyonların konsantrasyonuna ve CO_2 basıncına bağlıdır.

- *Kirecin (CaCO_3) meq/l olarak erirliği:*

Benzer olmayan Kons. meq/L	P- CO_2 atm 0.0005	0.001	0.005	0.01	0.05
10	1.5	1.9	3.3	4.1	7.0
100	2.0	2.6	4.4	5.5	9.2

44

TUZLARIN ERİRLİLİKLERİ

- Yüksek konsantrasyonlar oluşturarak bitki gelişmesi için zararlı düzeylere kadar ulaşabilen tuzlara **yüksek erirlikli tuzlar** denir. Bunlar:
 - bütün Cl tuzları, NaSO_4 ve MgSO_4 ile NaHCO_3 tuzlarıdır.
 - erirlikleri 20 C°'de 100 meq/L' ye ($100 \cdot 64 = 6400$ mg/l) kadar ulaşabilir.
- Konsantrasyonları hiçbir zaman bitkiler için tolere edilemeyecek düzeylere ulaşmayan tuzlara **düşük erirlikteki tuzlar** denir.

45

DEĞİŞEBİLİR SODYUM

- Toprağın katı parçacıkları negatif (-) yüzey yüküne sahiptirler.
- Bu (-) yükün büyüklüğü toprakta
 - Kil minerallerinin varlığına
 - Bu kil minerallerinin tipine
 - Organik maddenin bulunmasına bağlıdır
- Elektriksel olarak yüzeylerin nötralizasyonu ise bazı katyonlar (örneğin, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , ve H^+ iyonları) tarafından sağlanır.
 - Bu katyonlar adsorbe edilirler ve karşılıklı olarak yer değiştirebilir yada değişebilir özelliktedirler.

46

DEĞİŞEBİLİR SODYUM

- Örneğin:
 - toprağa Ca^{+2} içeren bir çözelti eklendiğinde:
 - adsorbe edilen Ca^{+2} toplamı, diğer katyonlar ile eşdeğer toplama ulaşıncaya kadar artar.
 - Aynı şekilde Na^+ içeren bir çözelti eklenmesi durumunda
 - adsorbe edilen Na^+ miktarı artar.
- Pek çok toprakta Ca^{+2} diğer iyonlara oranla daha fazla miktarda adsorbe edilmiş durumdadır.
 - Ancak, tuz etkisinde kalmış topraklarda, değişebilir Na^+ değeri büyük toplamlara ulaşabilir.

47

DEĞİŞEBİLİR SODYUM

- Değişebilir katyonların kompozisyonları,
 - toprak çözeltisinde bulunan pek çok katyonun varlığı ile ilişkilidir.
- Bu ilişki Gapon eşitliği ile belirtilir:

$$\frac{\mu_{\text{Na}}^+}{\mu_{\text{Ca}}^+ + \mu_{\text{Mg}}^+} = K_G \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}}$$

μ_{Na}^+ , μ_{Ca}^+ ve μ_{Mg}^+ ; Toplam adsorbe edilmiş
Na, Ca ve Mg'un miktarları,

Na, Ca ve Mg; toprak çözeltisindeki Na, Ca ve
Mg'un meq/l olarak konsantrasyonları,

K_G ; Toprak nem sisteminde bulunan belli kil
mineralleri ve katyon kombinasyonları için
sabiteyi gösterir ve Değişim Katsayısı denir.

DEĞİŞEBİLİR SODYUM

$$\frac{\mu^+_{Na}}{\mu^+_{Ca} + \mu^+_{Mg}} = K_G \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

- Eşitliğin sağ tarafı, çok bilinen SAR (sodyum adsorpsiyon oranı) değeridir.
- Genellikle toplam adsorbe edilmiş Na miktarı,
 - katyon değiştirme kapasitesi yüzdesi olarak yani değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) olarak verilir.
 - ($\mu^+_{Na} = ESP$).
- Tuz etkisinde kalmış topraklarda μ^+_{Na} , μ^+_{Ca} ve μ^+_{Mg} toplamı,
 - katyon değiştirme kapasitesine (CEC) eşdeğerdir.
 - $\mu^+_{Na} + \mu^+_{Ca} + \mu^+_{Mg} = 100 = CEC$

49

DEĞİŞEBİLİR SODYUM

- Bu değerler için Gapon eşitliği yeniden düzenlenirse:

$$\frac{\mu^+_{Na}}{\mu^+_{Ca} + \mu^+_{Mg}} = K_G \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \Rightarrow \frac{ESP}{100 - ESP} = K_G * SAR$$

$$\Rightarrow ESP = (100 * K_G * SAR) - (ESP * K_G * SAR)$$

- eşitliğin her iki tarafı ESP ile bölünürse

$$1 = \frac{100 * K_G * SAR}{ESP} - \frac{ESP * K_G * SAR}{ESP} = \frac{100 * K_G * SAR}{ESP} - K_G * SAR$$

$$\Rightarrow 1 + K_G * SAR = \frac{100 * K_G * SAR}{ESP} \text{ ve sonuçta}$$

$$ESP = \frac{100 * K_G * SAR}{1 + K_G * SAR}$$

50

DEĞİŞEBİLİR SODYUM

- ESP' nin hesaplanması için
 - Toprak komplekslerinde adsorbe edilen toplam Na 'un
 - CEC' in analizi gerekir ki bunlar oldukça fazla zaman alır
- Richards ve ark. (1954) Batı Amerika'da yer alan pek çok toprak için
 - saturasyon ekstraktındaki SAR ve toprak ESP değeri arasındaki ilişkiyi:

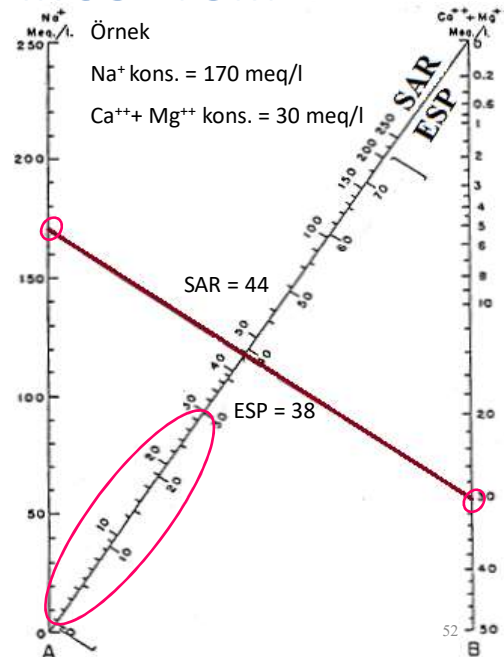
$$ESP = \frac{100 * K_G * SAR}{1 + K_G * SAR} = \frac{100(-0.0126 + 0.01475 * SAR)}{1 + (-0.0126 + 0.01475 * SAR)}$$

- ESP değeri bu eşitlik yardımıyla, SAR değerinden gidilerek hesaplanır.

51

DEĞİŞEBİLİR SODYUM

- Saturasyon ekstraktında:
 - Na⁺, Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ değeri kolayca analiz edilir
 - ve SAR değeri de bu analiz sonuçlarından kolayca hesaplanır yada
 - Bu amaçla hazırlanmış grafikten doğrudan bulunabilir.
 - SAR değerinin 2-30 arasında olduğu koşullarda, SAR ve ESP değerleri, denge koşullarında yaklaşık eşittirler.



52

SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ

- Kalsiyum ile magnezyumun uygun oranlarda bulunması
 - toprağı gerek yapı gerekse işleme yönünden oldukça arzu edilen bir durumda tutar.
- Sodyum iyonlarının hakim olması halinde ise
 - bunun tamamen tersi bir durum meydana gelir.
- Potasyumun toprağı etkisi sodyuma benzerse de genellikle sularda potasyum konsantrasyonu düşük olduğundan
 - hesaplamalarda göz önüne alınmaz
 - veya sodyum konsantrasyonuna eklenir.

53

SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ

- Kurak ve yarı kurak bölgelerin normal topraklarında
 - Kalsiyum ve magnezyum toprak tarafından tutulan başlıca katyonlardır
 - Sodyum ise %3-7 arasında düşük yüzdelerde tutulur
 - Bitki köklerinin kolayca büyüyebileceğı ve suyun toprak içerisinde kolayca hareket edebileceğı uygun fiziksel özellikler mevcuttur
- Ancak toprak içerisindeki değişebilir sodyum yüzdesinin 12 ile 15 değerine yükselmesi halinde:
 - Toprağın granüler yapısı parçalanmaya başlar
 - Toprak gözenekleri tıkanır ve permeabilite azalır
- Sodyum yüzdesinin daha da artması halinde:
 - Toprak yapısının bozulması ve kötüleşmesi devam eder
 - ve pH değeri sodyumlu toprakların seviyesine yükselir.

54

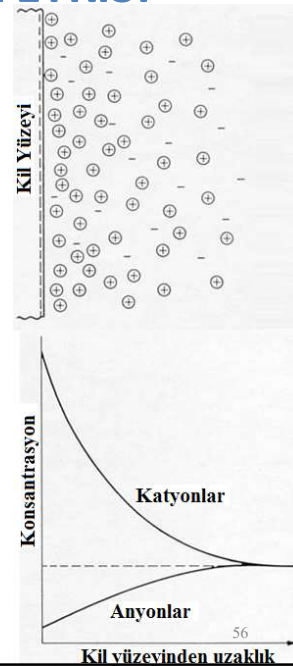
SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ

- Toprak katı zerrelerinin negatif elektrik yükleri ile
 - toprak çözeltisinde bulunan anyon ve katyonlar karşılıklı dengeye ulaşırlar.
- Bu (-) ve (+) yüklerin ortamda uzaysal dağılımları Elektrik Çift Yüzey adı verilen sistemden farklı olarak;
 - katyonlar likit faz içerisinde iki karşı etki altında serbestçe hareket ederler;
 - 1) Toprak zerrelerinin yüzeylerine doğru elektriksel alan etkisinde çekilirler.
 - 2) Difüzyon etkisinde kendilerini likid faz içerisinde düzenli bir biçimde dağıtmaya çalışırlar.

55

SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ

- Sonuç dağılımında, DDL (diffuse double layer = difüz çift tabaka) adı verilen katyonların difüz birikme zonu oluşur.
- DDL içerisinde:
 - anyonlar dışarıda tutulurken,
 - katyonlar tane yüzeylerince çekilirler.
- Katı yüzeyin biraz uzağında ise,
 - anyonlar ve katyonlar eşdeğerdedirler
 - yani bir denge çözeltisi oluşur.



56

SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ

- DDL nin kalınlığını belirleyecek önemli özellikler
 - denge çözeltisinin konsantrasyonu
 - katyonların değerlikleridir.
- Katı yüzeylerce
 - iki değerlikli katyonlar, tek değerlikli olanlara oranla daha fazla bir kuvvetle çekilirler.
- Toprak su sistemi içerisinde DDL kalınlığı,
 - ortamda Ca/Na oranını arttıkça azalır
 - Ca/Na oranı azaldıkça artar
- Benzer şekilde yine denge çözeltisinde tuz konsantrasyonunun
 - artması halinde DDL kalınlık olarak azalacak,
 - seyreltilmesi (yıkama) durumunda ise artacaktır.

57

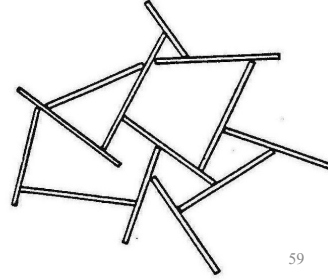
SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ

- Toprakta DDL nin kalınlığı (miktarı),
 - toprak fiziksel özelliklerinden kesin olarak etkilenir
- DDL içerisinde bazı noktalarda katı yüzeylerdeki (-) yükler katyonlarca tamamen nötralize edilmemiş durumdadırlar.
- Bu durumda
 - iki kil partikülü DDL miktarının iki katı aralıkla yer almakta iseler, bunlar birbirinden ayrılma eğilimindedir.
- Kil mineralleri aynı zamanda karşılıklı olarak çekim etkisindedirler.
- pH 'nin 7nin altına düştüğü durumlarda kil minerallerinin kenarları (uç kısmı) (+) yükle yüklenir.

58

SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ

- Eğer, DDL'nin miktarı az olur ise bu (+) yüklü kil partikülleri yeterince yakınında bulunan (-) yüklü diğer kil partikülleri ile zayıf flokülleer oluşturacak biçimde birleşirler ve sonuçta *şekildeki gibi* bir yapı oluşur.
- Bu flokülleerin dayanıklılığı ise ortamda yer alan organik madde kireç ve jips miktarı tarafından etkilenir.



59

SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ

- Toprak tarla kapasitesinde iken DDL kendi potansiyel düzeyine ulaşır.
- Kuruma sırasında nem kaybına bağlı olarak toplam toprak nemi DDL içerisinde biriktirilen düzeyin de altına düşebilir
 - özellikle kalın DDL olması halinde (sodyumlu topraklarda)
- Daha sonra DDL'nin kalınlığı azalır.
- Yeniden ıslanma halinde ise DDL şişer.
- Şişme miktarı:
 - Yüksek oranlarda değişebilir Na içerenlere nazaran yüksek oranlarda değişebilir Ca içeren topraklarda daha yüksek düzeylerde olmaktadır.

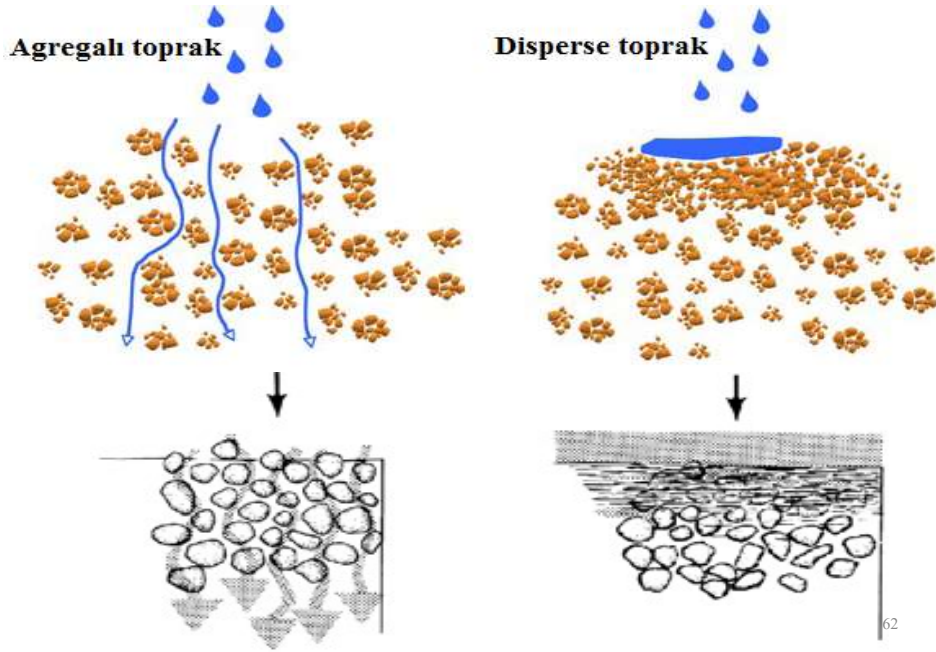
60

SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ

- Bu şişme agregalar arasındaki porların tıkanmasına neden olur ve hidrolik geçirgenlik azalır.
 - Bununla ötesinde şişme ile artan basınç bireysel kil minerallerinin birbirlerinden ayrılmasına neden olabilir.
- Bu durumda:
 - Toprak disperse olur ve agregalar parçalanır,
 - ince toprak taneleri serbest kalırlar ve toprak gözeneklerini tıkayarak hava ve su geçirgenliğinin daha da azalmasına neden olurlar.
 - Yağmur ve sulama ile toprağa iletilen sular bir süre toprak yüzeyinde göllenirler;
 - kuruma ile disperse olmuş ve asılı duran kil partikülleri ince kıvrılmış kabuk halini alır

61

SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ



62

SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ

- Tuzlulaşmış topraklar önemli düzeyde değişebilir Na içerdiklerinde dahi, iyi bir toprak özelliği gösterebilirler.
- Yıkama yapıldığında
 - tuz miktarı azalır
 - yüksek ESP düzeylerinde DDL kuvvetle artar
 - ve toprak yapısı bozulur.
 - sodyumun kalsiyum ile yer değiştirmesi gereksinimi ortaya çıkar.

63

SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ

- Değişebilir Na'un toprak fiziksel özelliklerine olumsuz etkisi iyi bilinmekte
- Fakat hangi düzeydeki ESP'nin toprak yapısını olumsuz etkilediği tam olarak bilinmemektedir.
- Genellikle:
 - 10 -15 ESP düzeyinin kritik düzey olduğu
 - Kumlu topraklarda %25 ESP düzeyinin dahi toprak yapısına herhangi bir olumsuz etkisi olmazken
 - Killi topraklarda %5 ESP düzeyinin 2:1 tipi montmorillonit kil içeren topraklarda fiziksel özellikleri olumsuz etkilediği belirtilmektedir.

64

SODYUMUN TOPRAĞA ETKİSİ

- Yüksek düzeylerde ESP,
 - düşük tuzluluk koşulunda toprak yapısını bozucu bir etkide bulunur
 - ancak bu koşullarda toprak yapısının bozulması mekanik bir etki ile olabilmektedir.
- Bu mekanik etki yağmur veya sulama suyu tarafından oluşturulur.
 - Yüzey toprak parçalanarak çamur haline gelir.
 - Kuruma ile sert kaymak tabakası oluşur ve çimlenme ile bitki gelişimi üzerine etkili olur.
- Pullukla sürmek ve arkasından sürgü çekilmesi durumunda üst toprak katmanı düşük su geçirgenliğinde kompakt bir yapı kazanır.

65

TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

- **USDA Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırması**
 - Tuzlu Topraklar
 - Tuzlu-Sodyumlu Topraklar
 - Sodyumlu Topraklar
- **USSR Tuzluluk Sınıflandırması**
 - Solonçak
 - Solonçak Benzeri Topraklar
 - Solonetzler
- **FAO-UNESCO Sınıflandırması**
 - Solonçak
 - Solonetzler

66

TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

USDA Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırması

- USDA Tuzluluk Laboratuvarı tarafından ortaya atılmıştır
- Yaygın olarak kullanılmaktadır
- Esas olarak tuzlu toprakların iyileştirilmesi amacıyla ortaya atılmıştır.
- Basit olarak iki faktöre dayanan bir sınıflandırmadır;
 - toprak tuzluluğu (EC_e)
 - ve sodyumluluk (ESP).
- Basitliği nedeniyle bu sınıflandırma,
 - doğada rastlanabilecek tüm varyasyonları içermektedir.
- Bu nedenle sistem gelişigüzel uygulanamaz.

67

TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

USDA Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırması

- Tuzlu Topraklar:
 - $EC_e > 4$ dS/m ve $ESP < 15$ olan topraklar
 - Genellikle $pH < 8.5$
 - Dominant anyonlar, Cl ve SO_4
 - HCO_3 az miktarda
 - NO_3 ise nadiren
 - Genel olarak Na, çözünebilir katyonların %50'sinden az
 - $Ca(CO_3)_2$ ve jips bulunabilir

68

TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

USDA Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırması

• Tuzlu-Sodyumlu Topraklar:

- $EC_e > 4$ dS/m ve $ESP > 15$ olan topraklar
- Bazı durumlarda $pH > 8.5$ fakat sıklıkla nötr
- Na iyonu doğal tuzlar halinde bulunur
 - Örneğin: $NaCl$, Na_2SO_4
- $pH > 8.5$ ise HCO_3 ve CO_3 iyonları da çözeltide bulunur
- Bu tür topraklar ıslah açısından oldukça problemlidir.

69

TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

USDA Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırması

• Sodyumlu Topraklar:

- $EC_e < 4$ dS/m ve $ESP > 15$ olan topraklar
- Her zaman $pH > 8.5$
 - Hatta $pH > 10$
- Toprakta ana katyonlardan birisi Na
- Toprak nadiren $CaCO_3$ içerir.
 - düşük çözünürlüğünden ötürü, pH değeri düşürülmediği sürece ıslah için gerekli olan Ca rezervini karşılayamaz
- Strüktürleri çoğunlukla zayıf (dayanıksız) olarak nitelendirilir

70

TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

USSR Tuzluluk Sınıflandırması

• Solonçak:

- Özellikle üst toprakta (0-30 cm) genellikle %2'den fazla kolay çözünürlüklü tuz içerir
- Doğal vejetasyon sulu halofitlerden oluşur
- Toprak bazen çoraktır
- Genellikle tarımsal ürünlerin verimleri düşüktür
- Üst horizonlarda az miktarda humus içerir (%0.7- 1.3)
- Toprak reaksiyonu hafif alkali (pH 7.5- 8.3).
- Reaksiyon genellikle CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, MgCO_3 ve $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ tarafından kontrol altında tutulur.

71

TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

USSR Tuzluluk Sınıflandırması

• Solonçak:

- Kolay çözünebilir tuz konsantrasyonu
 - en fazla üst horizonlarda (%10'a varan miktarlarda CaCO_3 ve CaSO_4 (jips)
 - alt katmanlara doğru azalmakta
- Hidrolojik, morfolojik ve kimyasal özelliklerine göre:
 - Na_2SO_4 içeren solonçaklar
 - MgCl_2 ve CaCl_2 içeren ıslak mineral solonçaklar,
 - nitratlı solonçaklar,
 - kloridli solonçaklar
- Taban suyunun oluşum derinliğine göre:
 - Aktif (taban suyu yüzeysel)
 - Artık (taban suyu derinde)

72

TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

USSR Tuzluluk Sınıflandırması

- Solonçak Benzeri Topraklar:

- 1-1.5 m'lik toprak derinliğinde %0.5- 1.5 arasında eriyebilir tuz ($EC_e = 10 - 45 \text{ dS/m}$) içeren tuzlu topraklardır.
- Dominant tuzun cinsine ve taban suyu derinliğine göre alt sınıflara ayrılır



TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

USSR Tuzluluk Sınıflandırması

- Solonetzler:

- Önemli miktarlarda değişebilir Na içerir
- Tuzlu topraklarda görülmeyen profil özellikleri vardır
- A horizonu genellikle incedir ve burada kolloidler disperse olmuş durumdadır
- Değişebilir sodyuma bağlı olarak topraklar, kil minerallerinin birikmesi ile oluşmuş, sert ve koyu renkli blok yada prizmatik yapıda B horizonu bulundurur
- B horizonunda ESP'nin yüksek olması nedeniyle $pH > 8$
- Tabansuyu derinliğine, profil gelişmesine ve bulunan tuzlara göre alt sınıflara ayrılır

TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

FAO-UNESCO Sınıflandırması

- FAO ve UNESCO 1974 yılında yayınladığı Dünya Toprak Haritasında, tuzlu toprakları
 - solonçak ve solonetzler
 olmak üzere sınıflandırmışlardır



TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

FAO-UNESCO Sınıflandırması

- Solonçak:
 - diğer özelliklerine ek olarak yüksek tuz içerirler
 - Yılın belli bazı dönemlerinde profil içerisindeki tuz miktarı belli derinliklerde (örneğin: kaba tekstürlü topraklarda < 1.25 m) $EC_e > 15$ dS/m
 - Eğer 0.25m derinlikte $EC_e > 4$ dS/m ve pH (1:1) > 8.5 ise yine Solonçak olarak sınıflandırılır

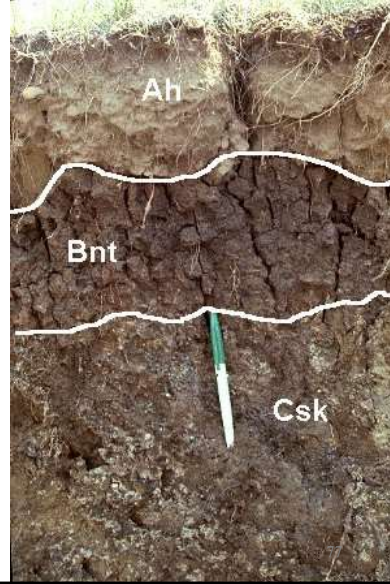


TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

FAO-UNESCO Sınıflandırması

- Solonetz:

- B horizonuna sahip topraklar
- Bu horizon kil birikimi ile oluşmuştur
- Blok yada prizmatik strüktürlü
- ESP > %15



TUZLU VE SODYUMLU TOPRAKLARIN AYIRT EDİLMESİ

ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
1) Coğrafi Dağılım	• yağışın 550 mm'den az olduğu kıyı kesimlerle, • kurak ve yarı kurak bölgelerde	• yağışın 500-1000 mm arasında olduğu yarı kurak ve yarı nemli bölgelerde



TUZLU VE SODYUMLU TOPRAKLARIN AYIRT EDİLMESİ

ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
2) Görünüm	Genellikle toprak yüzeyinde beyaz tuz lekeleri ve düzensiz bitki gelişimi vardır.	Toprak yüzeyi kül rengi kahve veya siyah tuz lekeleri ile kaplıdır.



TUZLU VE SODYUMLU TOPRAKLARIN AYIRT EDİLMESİ

ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
3) Doğal Bitki Örtüsü	<i>Cressa cretica</i>  <i>Cyperus rotundus</i> 	<i>Sporobolus marginatus</i>  <i>Desmostachya bipinnata</i> 

TUZLU VE SODYUMLU TOPRAKLARIN AYIRT EDİLMESİ		
ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
3) Doğal Bitki Örtüsü	<i>Chloris pallida</i>	<i>Suaeda maritima</i>
		
	<i>Sporobolus pallida</i>	<i>Leptochloa fusca</i>
		

TUZLU VE SODYUMLU TOPRAKLARIN AYIRT EDİLMESİ		
ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
3) Doğal Bitki Örtüsü	<i>Haloxylon salicornicum</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
		
	<i>Dichanthium annulatum</i>	<i>Brachiaria mutica</i>
		

TUZLU VE SODYUMLU TOPRAKLARIN AYIRT EDİLMESİ		
ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
3) Doğal Bitki Örtüsü	<i>Suaeda fruticosa</i>	<i>Kochia indica</i>
		
	<i>Salicornia virginica</i>	<i>Panicum antidotale</i>
		

TUZLU VE SODYUMLU TOPRAKLARIN AYIRT EDİLMESİ		
ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
3) Doğal Bitki Örtüsü	<i>Tamarix spp.</i>	<i>Prosopis juliflora</i>
		
	<i>Phragmites communis</i>	<i>Butea monosperma</i>
		

TUZLU VE SODYUMLU TOPRAKLARIN AYIRT EDİLMESİ		
ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
4) Kimyasal Özellikler		
pHs	• < 8.2	• > 8.2
ESP	• < 15	• > 15
ECe	• > 4 dS/m	• < 4 dS/m
Çözünebilir tuzlar	• Na ⁺ , Ca ⁺² ve Mg ⁺² 'un Cl ⁻ ve SO ₄ ⁻² lı bileşikler. CO ₃ ⁻² yoktur.	• Na ⁺ un CO ₃ ⁻² ve HCO ₃ ⁻ lı bileşikler. Cl ⁻ ve SO ₄ ⁻² olabilir.
Çökelen tuzlar	• Jips	• Serbest halde CaCO ₃
pHs,ESP/SAR ilişkisi	• pHs, ESP ve SAR arasında iyi tanımlanmış bir ilişki yok	• Belirli toprak grupları için pHs; ESP veya SAR değerinin artmasıyla artar. pHs genellikle toprağın sodiklik durumu ve ESP'nin tahmini için belirlenir.

85

TUZLU VE SODYUMLU TOPRAKLARIN AYIRT EDİLMESİ		
ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
5) Fiziksel Özellikler		
Dispersiyon	• Kil fraksiyonu floküle	• Kil fraksiyonu dispers
Geçirgenlik	• Genellikle iyi	• Düşüktür ve artan ESP ve pHs nedeniyle kötüleşir
Suyun toprak yüzeyinde kalma süresi	• Su tablası derinde ise göllenme olmaz	• Su uzun süre toprak yüzeyinde kalır
Durgun suyun rengi	• Genellikle berrak	• Dispersiyondan dolayı bulanık
Kurumanın etkisi	• Sert hale gelmez	• Yüzeyinde çatlaklar oluşur ve ince bir tabaka meydana gelir
Taşınabilirlik	• Düşük-Orta	• Erozyona eğilimli
Sert tabaka varlığı	• Genellikle yok	• Geçirimsiz CaCO ₃ veya kil katmanı içerirler.

86

TUZLU VE SODYUMLU TOPRAKLARIN AYIRT EDİLMESİ

ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
6) Su Tablası	Su basması ve tuzlulaşmanın ana nedeni su tablasının yüzeye yakın olması	Çoğunlukla makul derinlikte

ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
7) Yer Altı Suyunun Kalitesi	- Genellikle düşük kalitede - EC yüksek	- Düşük-orta düzeyde tuz içerir - RSC yüksek olabilir

87

TUZLU VE SODYUMLU TOPRAKLARIN AYIRT EDİLMESİ

ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
8) Bitki Gelişimine Olumsuz Etkileri	- Yüksek ozmotik basınç nedeniyle fizyolojik kuralık Cl^-, SO_4^{2-} ve B^- gibi spesifik iyonların toksik etkisi - Beslenme bozuklukları - Oksijen stresi	- Yüksek pHs ve ESP durumunda düşük permeabilite, oksijen stresi ve kullanılabilir suyun azalması Na^+, CO_3^{2-}, HCO_3^-, F^- ve Se gibi spesifik iyonların toksik etkisi - Yüksek pHs, Ca, Zn, Fe ve Mn'ın alınımını engeller - Yüksek Na^+, CO_3^{2-} ve HCO_3^- nedeniyle beslenme bozuklukları - Geçirimsiz tabaka nedeniyle dikey kök gelişiminin engellenmesi

88

TUZLU VE SODYUMLU TOPRAKLARIN AYIRT EDİLMESİ

ÖZELLİK	TUZLU TOPRAKLAR	SODYUMLU TOPRAKLAR
9) İslah Yöntemleri	- Fazla tuzların kök bölgesinden yıkama ve drenaj yoluyla uzaklaştırılmasıyla ıslah edilir - Genellikle, toprağa ıslah edici (iyileştirici) madde ilavesine gerek yok	- pHs'nın düşürülmesi ve değişebilir sodyumun Ca ile yer değiştirmesiyle ıslah edilir - Kimyasal ıslah maddeleri kullanılarak değişebilir sodyumla ıslah maddesinin reaksiyona girmesinin sonucunda tuzlar yıkanarak ortamdan uzaklaştırılır.

89