

# **SULAMA SUYU KALİTESİ & TUZLULUK**

## **Tarımsal Tuzluluk, Dağılımı, Su ve Toprak Kaynaklarımızın Tuzlulukları**

1

### **GİRİŞ**

- Dünya üzerinde sulu tarım alanları yüzyıllardır kendi verimlilik potansiyellerini yani sürdürülebilirliklerini devam ettirme çabası içindedir
- Sulamadan kaynaklanan sorunlar olduğu kadar,
  - doğal nitelikli hidrolojik ve jeokimyasal faktörler nedeniyle toprak ve suyun tuzlulukları
  - ve bununla ilişkili ortaya çıkan drenaj problemleri, tarımın önünde engel oluşturmaktadır

2

## GİRİŞ

- Ortaya çıkan tuzluluk problemleri sadece tarımsal alanlarla sınırlı bir çevrede etkili kalmayıp,
  - oluşan tuzlu drenaj suları ulaştırıldığı alanlarda çevresel ve sağlık sorunları ortaya çıkarmaktadır
- Bu nedenle tarımsal tuzluluk sorunları;
  - sadece sulu tarımın sürdürülebilirliği açısından belirli çerçevede değerlendirilebilecek bir problem olarak kalmayıp, ülkesel ve belki de uluslararası nitelikte ele alınması gereken sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır.



3

## GİRİŞ

Bu bölümde:

- Tarımsal alanlardaki tuzluluğun ne anlama geldiği,
- Nasıl oluştuğu,
- Tuzluluk bileşenlerinin neler olduğu,
- Tuzluluk problemlerinin çeşitleri,
- Tuzların kaynakları
- Küresel boyutta tuzlu alanlar ve dağılımları
- Ülkemizdeki su ve toprak kaynaklarının genel durumu ve tuzluluk problemleri açıklanacak

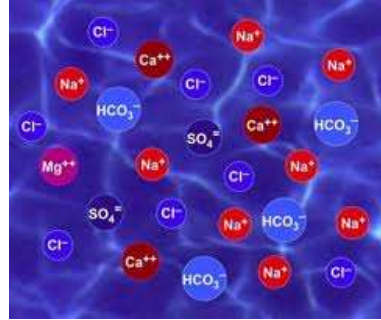


4

## TARIMSAL TUZLULUK

- **Tuzluluk:** Doğada farklı kaynaklardan gelen ve çeşitli biçimlerde bulunabilen ve suda eriyebilen maddelerin oluşturduğu etki

- Su ile etkileşime giren bu tür maddeler:
  - eriyerek suya geçerler,
  - daha sonra su ile birlikte taşınır

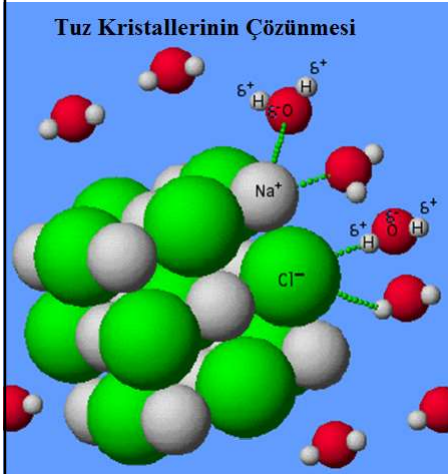


- İçerisinde erimiş katı maddeleri yani tuzları barındıran su kaynağı biriktiği yada kullanıldığı alana bağlı olarak
  - tarımsal, çevresel ya da sosyal bazı etkilere neden olurlar<sup>5</sup>

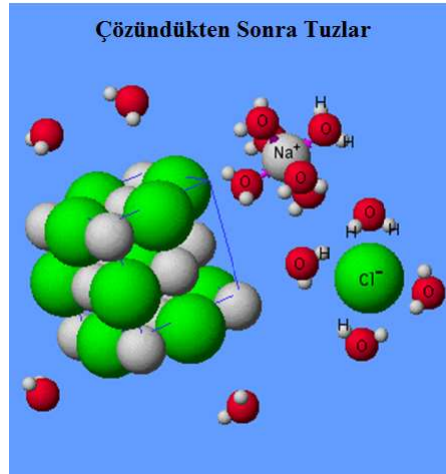
## TARIMSAL TUZLULUK

### Tuzun suda çözünmesi

Tuz Kristallerinin Çözünmesi

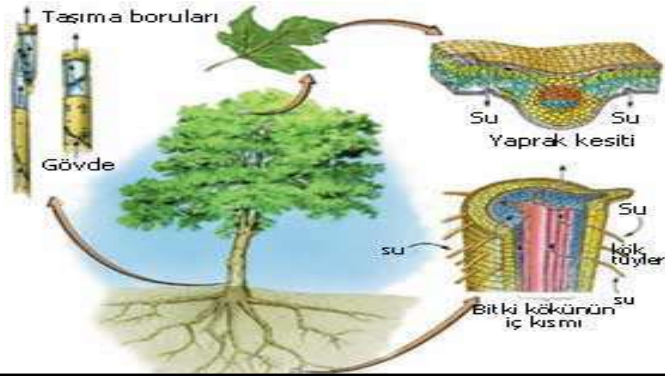


Çözündükten Sonra Tuzlar



## TARIMSAL TUZLULUK

- Sulu tarım alanlarında, değişik kaynaklardan gelen erimiş katı maddeler (tuzlar) toprak çözeltisi içerisinde biriktirilir
  - Bu birikmenin nedeni, bitkinin kökleri ile aldığı toprak suyunun oldukça saf veya saf'a yakın olmasıdır.

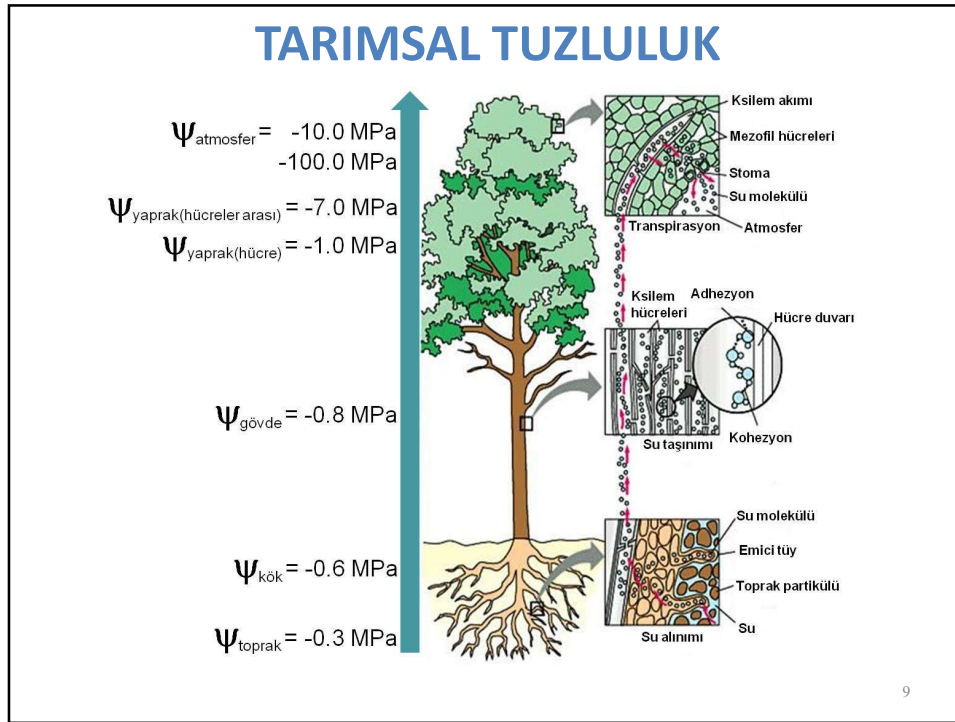


7

## TARIMSAL TUZLULUK

- Bitkilerde
  - suyun alınabilmesi için, yapraklardan transpirasyon olayının olması gerekir
    - Bu yaprak yüzeyinin soğutulmasını ve yaprağın uygun sıcaklıkta tutulmasını sağlayarak enzim etkinliğini devam ettirir.
  - Terleme ile kaybedilen su yaprak ozmotik basıncını yükseltir ve yapraklarda emme kuvveti oluşur
    - Bu basınç suyun köklerden yapraklara taşınmasına yardımcı eder
  - Kökün ozmotik basıncı topraktan yüksek olduğu için su bunu dengeleyebilmek için topraktan köke geçer

8



### TARIMSAL TUZLULUK

- Bitki kökleri seçicidir ve suyun kökler tarafından alınabilmesi için
  - toprak çözelti ortamı konsantrasyonunun bitki öz suyu konsantrasyonundan daha düşük olması gerekir
  - Bir başka deyişle, toprak çözeltisi tuzluluğunun düşük olması gerekir.
- Bunun tersi ortamlarda
  - bitki kökleri suyu almakta zorlanacaktır.

**A**

**B**

10

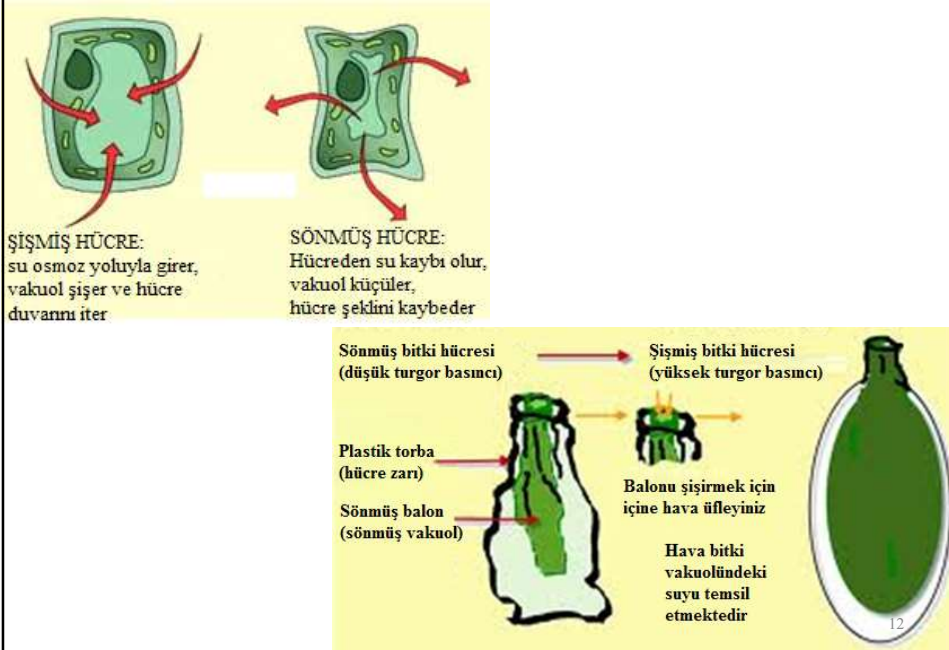
## TARIMSAL TUZLULUK

- Yüksek tuzluluktaki toprak çözeltisi ortamlarında bitkiler;
  - tıpkı kuraklık etkisinde kalmış gibi sararmaya,
  - turgorlarını (hücre zarının hücre duvarına yaptığı basınç) kaybetmeye başlarlar.
- **Tarimsal tuzluluk** sorunu ortaya çıktığında, bitki kökleri ile suyu daha az almaya,
  - bu nedenle de verimliliğini
  - ve morfolojik kalite özelliklerini azaltmaya başlar



11

## TARIMSAL TUZLULUK



12

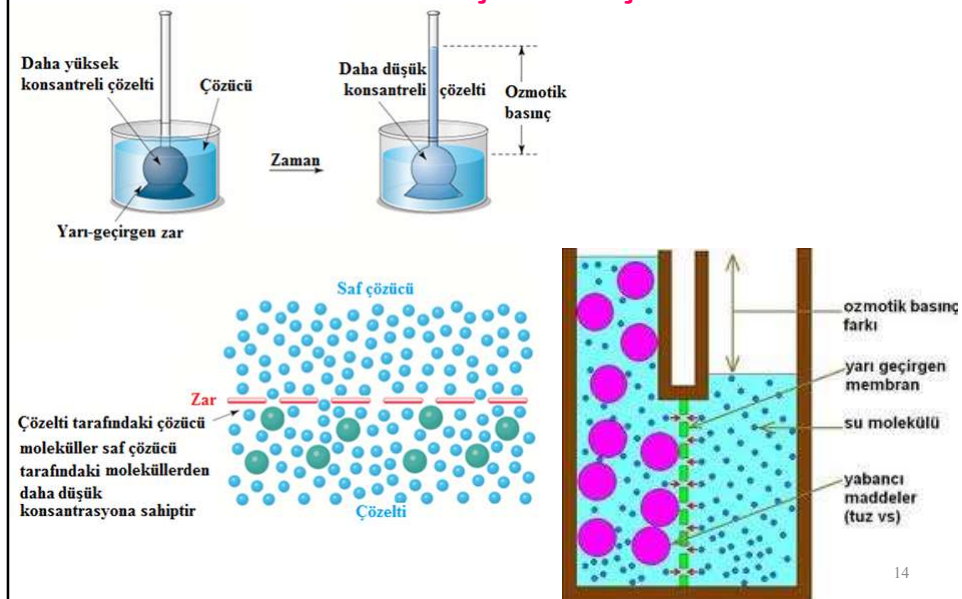
## TARIMSAL TUZLULUK

- Toprak içerisinde yüksek çözelti konsantrasyonu **ozmotik etkiyi** ortaya çıkartır.
- Sudaki erimiş katılar;
  - çözelti içerisinde **ozmotik basınç** oluşturur
  - ve bu basınç nedeniyle bitki, kökleri vasıtasıyla suyu almak için daha fazla güç harcamaya başlar.
- Bu durumdaki bitki;
  - fizyolojik ve generatif gelişmesi ile üretimi için harcayacağı enerjisini, topraktan taze suyu almak için kullanmaya çalışır.
  - Sonuçta da bitki gelişimi ve verimliliği azalır
- Bu nedenle, tuzluluğun belirli sınır değerlerden daha yüksek hale geldiği alanlarda
  - bitki veriminde ve ürün kalitesinde azalmalar görülür.

13

## TARIMSAL TUZLULUK

### ozmotik basınç nasıl oluşur?



14

## TARIMSAL TUZLULUK

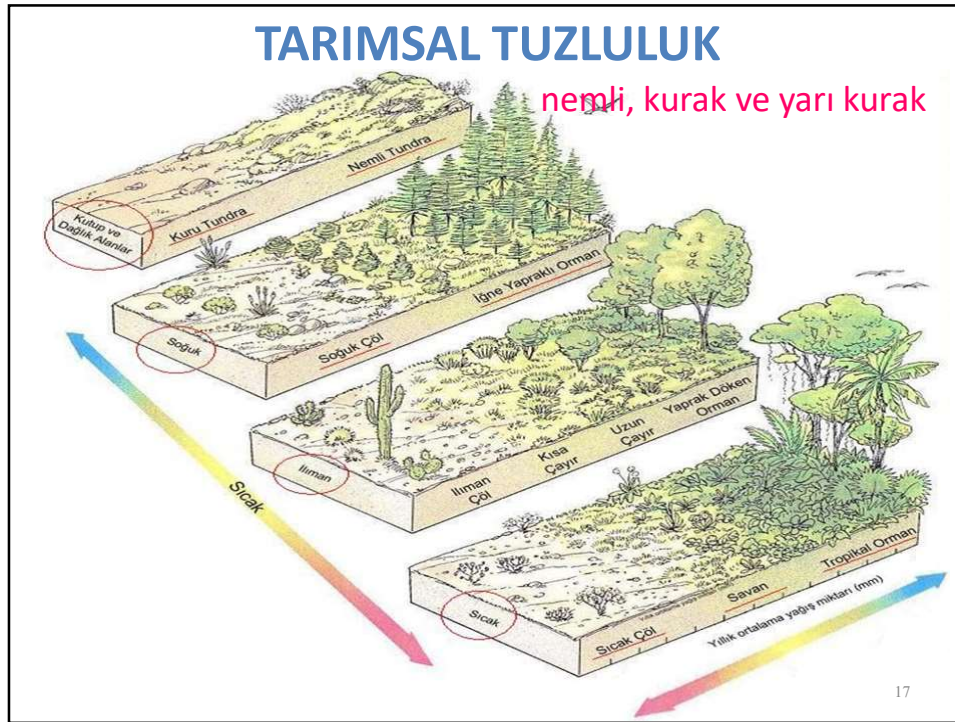
- Tarımsal tuzluluk deyince aklımıza;
  - kurak ve yarı-kurak alanlarda yer alan tarımsal alanlar gelmelidir.
- Çünkü, tuzlulaşmanın oluşabilmesi için toprağa iletilen tuzların burada birikebilmesi gerekmektedir.



## TARIMSAL TUZLULUK

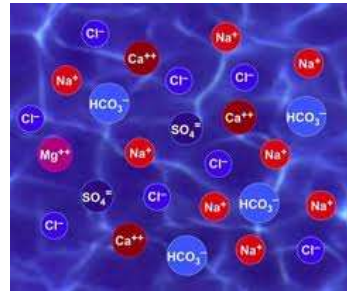
- Tuzlar, örneğin kış yağışları ile kök bölgesinden uzaklaşabiliyorlar ise,
  - sulama suyu yada diğer kaynaklardan alana iletilen tuzlar birikmeyeceklerinden, tarımın sürdürülebilirliği açısından önemli bir tehdit oluşturmayacaktır.
- Ancak, kurak ve yarı-kurak alanlarda;
  - yağışların miktar ve dağılımının uygun olmaması nedeniyle bu yıkanma oluşmaz ve iletilen tuzlar birikmeye başlar.
  - zaman boyutunda iletilen tuz miktarına bağlı olarak kısa yada uzun bir süre içerisinde tuzlulaşma süreci başlamış olur.

16



## TUZLULUK BİLEŞENLERİ

- **Tuzluluk**, suda ve toprakta bulunan erimiş toplam katı maddelerin hacimsel ya da ağırlıksal olarak bulunuş konsantrasyonlarıdır.
- Çözünebilir mineral tuzları kapsayan eriyiklerden
  - **Başlıca katyonlar:**  
 $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$
  - **Başlıca anyonlar:**  
 $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{NO}_3^{-2}$
- Bu katyonlar ve anyonlar doğadaki
  - sularda en fazla rastlanan eriyiklerdir.
  - tüm su kaynaklarında değişen oranlarda bulunur



18

## TUZZLULUK BİLEŞENLERİ

- Bu nedenle, sulama suyu tuzluluk analizleri
  - bu anyon ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^{2-}$ )
  - ve katyonları ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) içermektedir.
- Rutin laboratuvar analizlerinde bu maddelerin miktarları belirlenmeye çalışılır.
- Daha tuzlu sular ya da özel probleme sahip alanlarda ise bu anyon ve katyonların dışında:
  - B (bor), Sr (stronsiyum), Li (lityum), Si (silisyum), Rb (rubidyum), F (flor), Mo (molibden), Mn (mangan), Ba (baryum), Al (aliminyum) gibi elementlerin de bulunması söz konusudur.

19

## TUZZLULUK PROBLEMİNİN ÇEŞİTLERİ

- “Çözelti ortamında yüksek oranda suda eriyebilen katıların bulunması hali” şeklinde tanımlanan **Tuzluluk**
  - iki farklı etki meydana getirir
- Bu iki etki;
  - birbirinden tamamen farklı biçimlerde oluşur
  - ve ortaya çıkardığı sonuçlar da birbirinden farklıdır.

| Tuzluluk zararı | Neden olur...<br>→ | Tuzlu toprak koşulu    | etki eder...<br>→ | bitkiye |
|-----------------|--------------------|------------------------|-------------------|---------|
| Sodyum          | Neden olur...<br>→ | Sodyumlu toprak koşulu | etki eder...<br>→ | toprağa |

*Tuzluluk problemlerinin çeşitleri*

20

## TUZLULUK PROBLEMİNİN ÇEŞİTLERİ

### Tuzlu topraklar



## TUZLULUK PROBLEMİNİN ÇEŞİTLERİ

### Sodyumlu topraklar



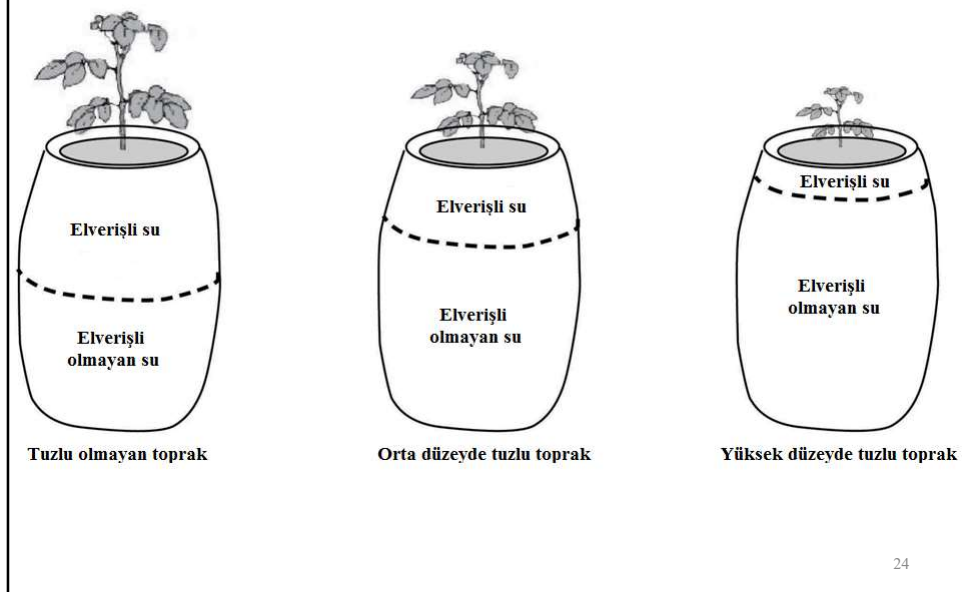
## TUZLULUK PROBLEMİNİN ÇEŞİTLERİ

- Toplam tuzluluk etkisi:
  - bitkiye olan etki
  - tuzlulaşmış bir toprak koşulu demektir.
- Toplam tuzluluk etkisi;
  - çözeltide erimiş olan katıların toplamının oluşturduğu **ozmotik etki**dir
  - ve bitkinin kökleri ile su alımına olumsuz etki yapar.
- Toprak çözeltisi ortamında yeterli miktarlarda su olmasına karşın bitkiler yüksek ozmotik basınç etkisi ile bu suyu alamazlar ve kuraklık etkisinde kalabilirler.
  - Buna **fizyolojik kuraklık** adı verilir.

23

## TUZLULUK PROBLEMİNİN ÇEŞİTLERİ

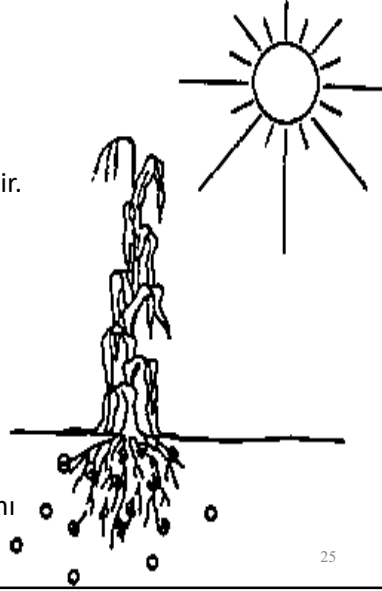
### Fizyolojik Kuraklık



24

## TUZLULUK PROBLEMİNİN ÇEŞİTLERİ

- Tuzlu topraklarda karşımıza çıkan en önemli sorunlardan birisi fizyolojik kuraklıktır
- Yetiştirilen bitkiler, sanki yeterli nem toprakta yokmuş gibi
  - sararma, solma ve turgor basınçlarını kaybetme eğilimindedir.
  - vejetatif gelişmeleri azalır,
  - tuzluluğun düzeyine göre toplam üründe ve kalitesinde azalmalar görülür.
- Toprak çözeltisindeki toplam tuzluluk etkisi sonucunda
  - toplam tuz konsantrasyonu zararlı düzeylere ulaşmış bir toprak ortamı oluşur



25

## TUZLULUK PROBLEMİNİN ÇEŞİTLERİ

### Fizyolojik Kuraklık



26

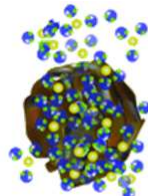
## TUZLULUK PROBLEMİNİN ÇEŞİTLERİ

- Toprak çözelti ortamında, toplam tuzluluk düzeyinin düşük olmasına karşın, özellikle
  - $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$  iyon konsantrasyonlarına göre oransal olarak yüksek miktarlarda  $\text{Na}^+$  iyonunun bulunması durumunda, **sodyumluluk etkisi** ortaya çıkar
- Bu durumda etkinin olduğu yer toprak fiziksel özellikleridir ve
  - kötüleşen toprak fiziksel koşulları nedeniyle verimlilik ve ürün kalitesinde azalmalar görülür.

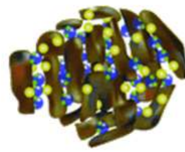
27

## TUZLULUK PROBLEMİNİN ÇEŞİTLERİ

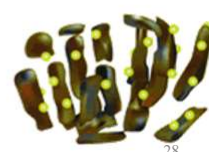
- Çözelti ortamında bulunan fazla sodyum,
  - kümeli toprak yapısı üzerine etki eder.
- Toprağın havalanma ve su geçirgenliğini olumlu etkileyen kümeli yapının bozulması durumunda,
  - su ve hava geçirgenliği azalan ve hatta kaybolan toprak ortamında bitki yetiştirmek ve ekonomik düzeyde ürün almak olanaksız hale gelebilir.
- Geçirgenliği azalan toprak ortamında suyun yüzeyde uzun süre göllenmesi, çevresel etkilere de neden olur.



Sodyumca zengin çözelti



Şişme

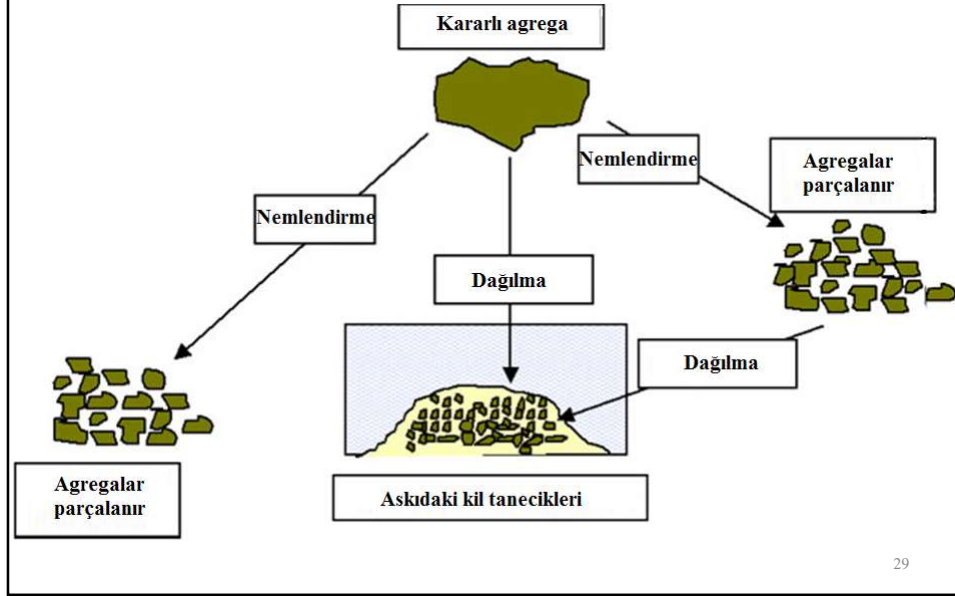


Kil tanelerinin dağılması

28

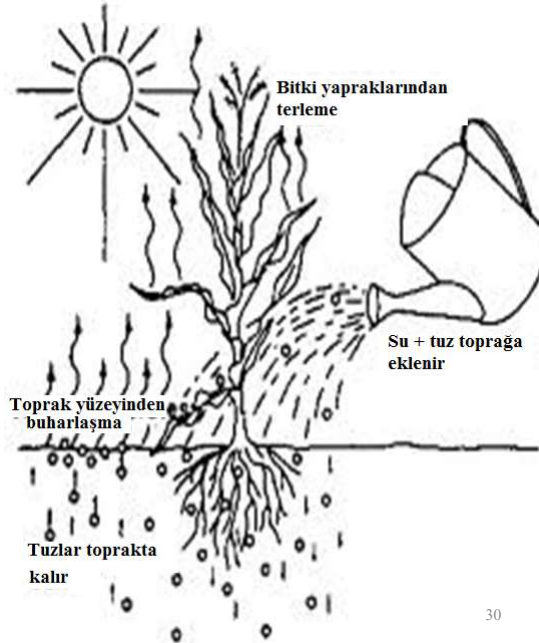
## TUZZULUK PROBLEMİNİN ÇEŞİTLERİ

Sodyumun kümeli toprak yapısı üzerine etkisi



## TARIMSAL TUZZULUĞUN NEDENLERİ

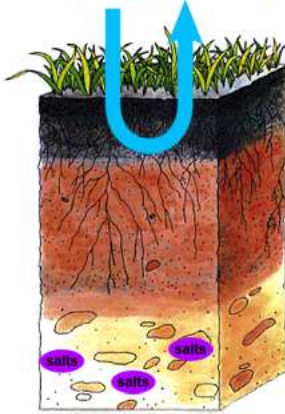
- Sulanan alanlarda tuzluluğa neden olan faktörlerin başında
  - kullanılan **sulama suyu** gelmektedir.
- Sulamada kullanılan suyun içerdiği tuzluluk düzeyine bağlı olarak,
  - tarımsal alanlarda tuzlulaşma sorunları ile karşılaşılır.



## TARIMSAL TUZLULUĞUN NEDENLERİ

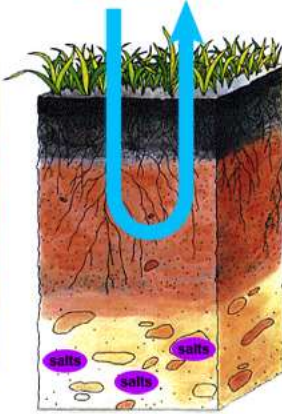
### Yağış, Sulama ve Toprak Tuzluluğu

Düşük Yağış & Buharlaşma



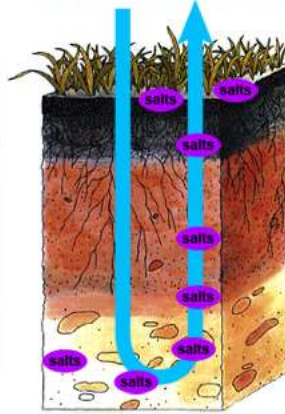
Hafif yağış bitki kökleri tarafından alınır hızlı bir şekilde atmosfere geri buharlaştırılır

Ağır yağış veya Hafif Sulama & Buharlaşma



Ağır yağış ve sulama suyun buharlaşmadan önce toprakta daha derinleri sızmasına neden olur

Aşırı Sulama & Buharlaşma



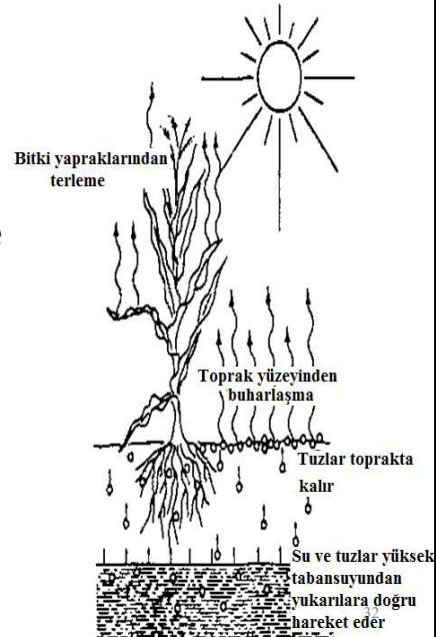
Aşırı sulamayla yüksek düzeyde mineral tuzları içeren toprak katmanlarına sızar, su buharlaştıkça bu tuzları yüzeye taşıır

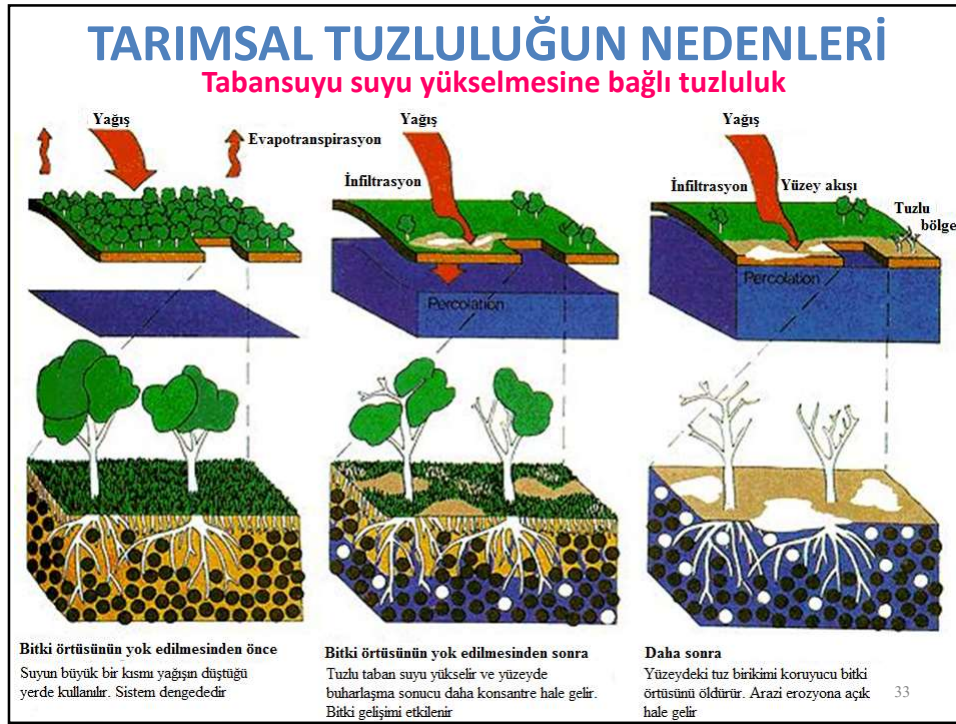
## TARIMSAL TUZLULUĞUN NEDENLERİ

- **Sulama suyuna** ek olarak:

- taban suyunun yüksekliği,
- taban arazilerde yanal sızmalar,
- kıyı alanlarda deniz etkileşimi

gibi faktörler de kök bölgesine tuzun taşınmasını sağlar.





33

## TARIMSAL TUZLULUĞUN NEDENLERİ

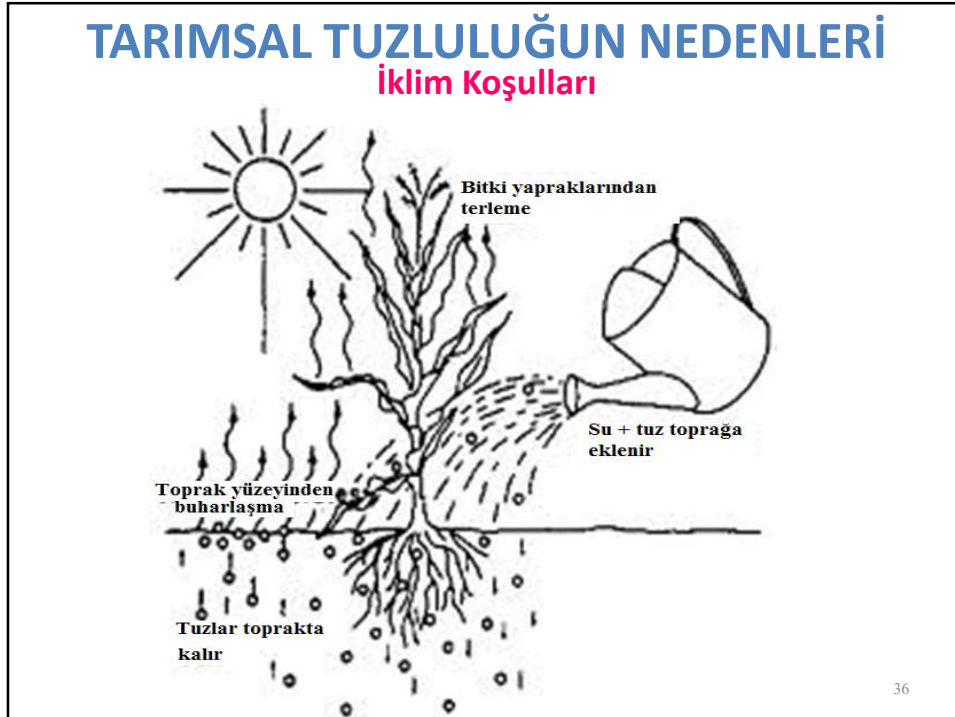
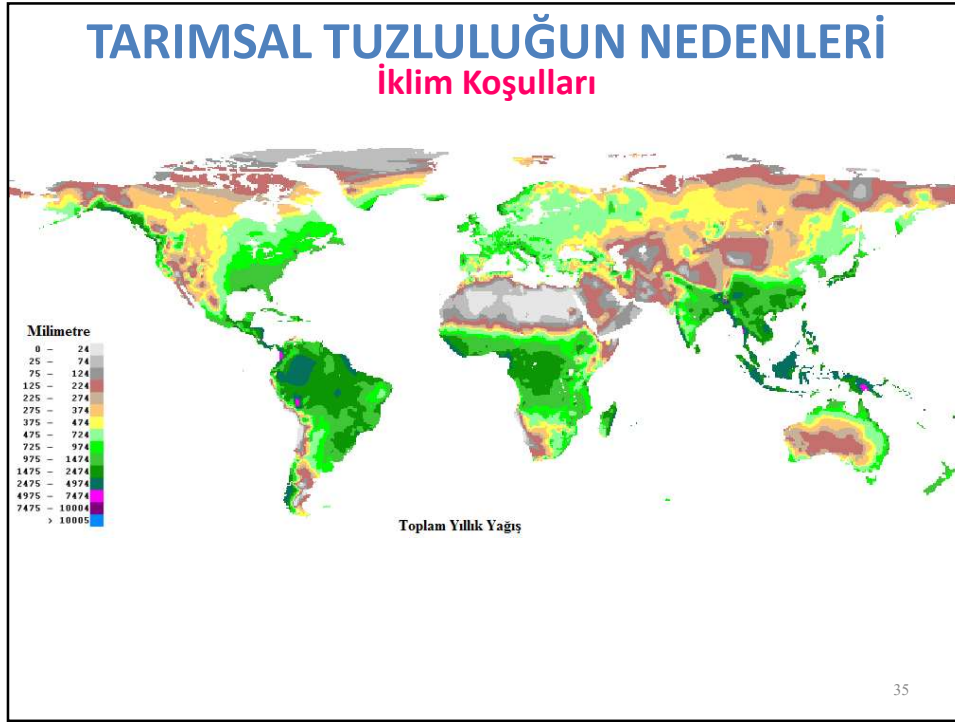
- Bunların dışında:

- iklim koşulları,
- uygulanan tarım şekli,
- sulama yöntemi,
- sulama suyu miktarı,
- drenajın yeterliliği,
- sulama ve drenajın yönetimi,
- çiftçilerin bilgi birikimi,
- sosyolojik faktörler

gibi etmenler de sulanan alanlarda tuzlulaşmaya neden olurlar.

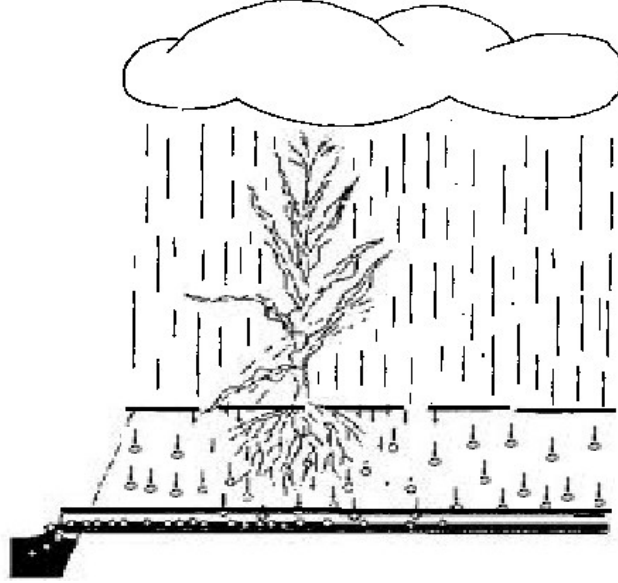


34



## TARIMSAL TUZLULUĞUN NEDENLERİ

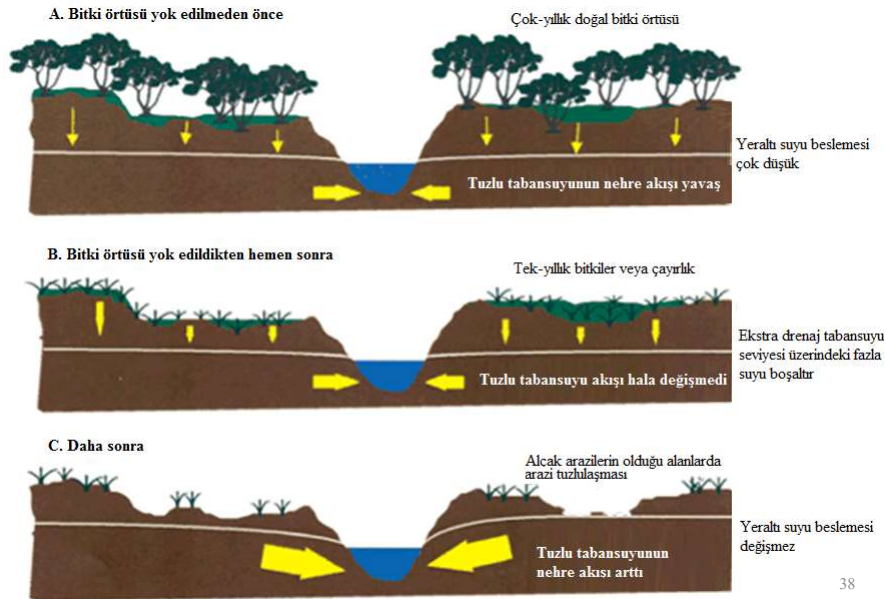
İklim Koşulları



37

## TARIMSAL TUZLULUĞUN NEDENLERİ

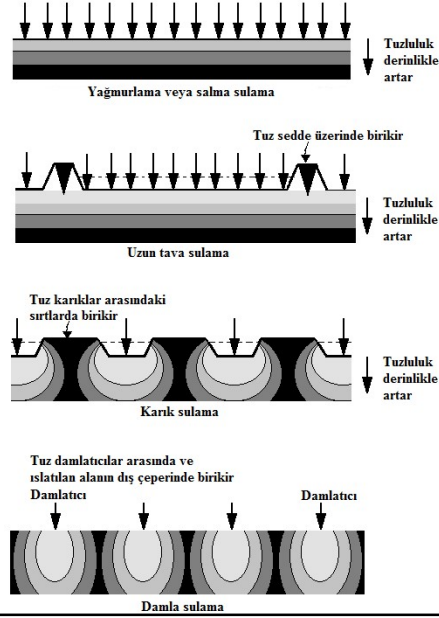
Uygulanan tarım şekli



38

## TARIMSAL TUZLULUĞUN NEDENLERİ

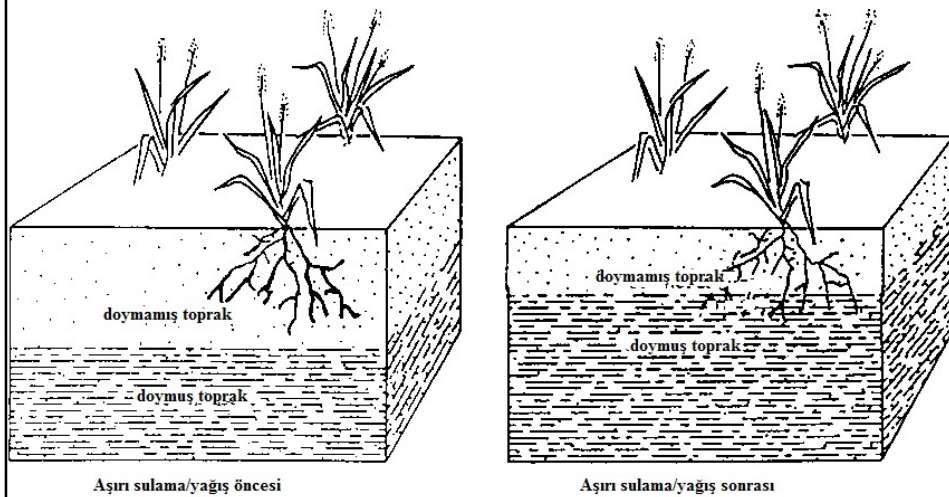
### Sulama Yöntemi



39

## TARIMSAL TUZLULUĞUN NEDENLERİ

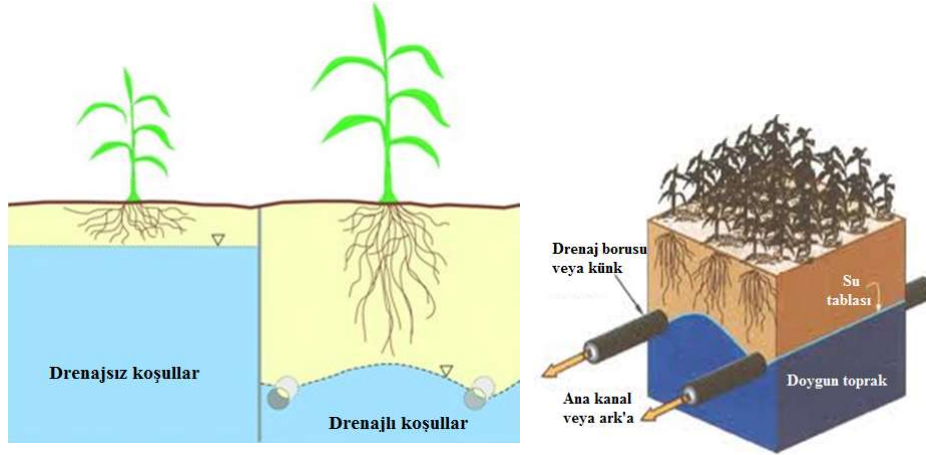
### Sulama Suyu Miktarı (Aşırı Sulama veya Yağış)



40

## TARIMSAL TUZLULUĞUN NEDENLERİ

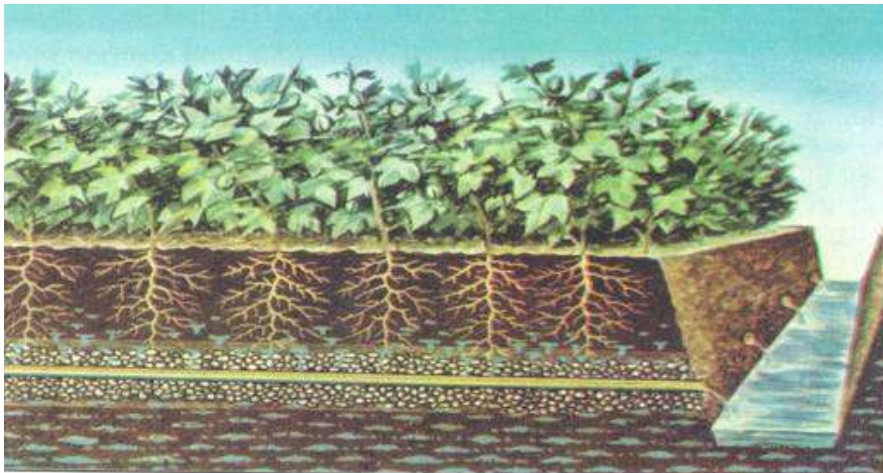
### Drenaj Yeterliliği



41

## TARIMSAL TUZLULUĞUN NEDENLERİ

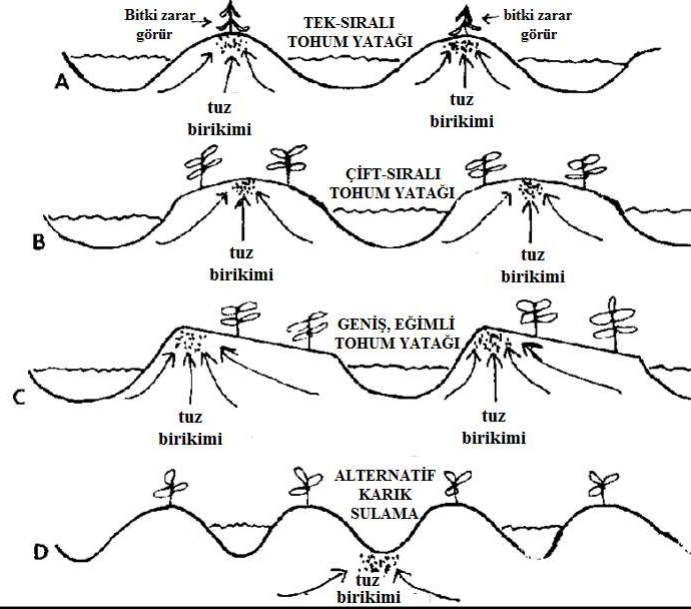
### Drenaj Yeterliliği



42

## TARIMSAL TUZLULUĞUN NEDENLERİ

### Sulama ve Drenaj Yönetimi



43

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

- Su ve toprakta bulunan bütün tuzların ana kaynağı, yerkürenin üst bölümünde (kabuk) bulunan kayaların sürekli bir şekilde devam eden jeokimyasal ayrışması olayıdır.
- Bu olay jeolojik zaman süresince var olan, toprak ile okyanuslar arasındaki jeokimyasal madde alış-verişinin bir ayağını ifade eder.



## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Birincil ve İkincil Tuzluluk

#### • Birincil Tuzluluk (Primer Tuzluluk):

– Yeryüzündeki materyallerin kimyasal değişime uğraması

- Toprak tuzluluğu ya toprağın mineral yapısı nedeniyle önceden beri mevcut olabilir ya da sonradan oluşabilir
- Toprağın tuzlu olması, onun mineral özelliklerine bağlı olarak geçmişten beri var olan bir durumsa buna **primer tuzluluk** denir
  - Seyreltme: yağış, kar erimesi, sulama
  - Taşınım: su akışı
  - Konsantrasyon: buharlaşma ve terleme

45

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Birincil ve İkincil Tuzluluk

#### • İkincil Tuzluluk (Sekonder Tuzluluk):

– İnsan faktörü tarafından oluşturulan toprak tuzluluğu ise sulanan bütün alanlarda meydana gelebilir

- Sulamalar nedeniyle oluşan bu tür tuzlulaşmaya **sekonder tuzluluk** denir
  - Sulama ve drenaj suyu
  - Toprak ıslah maddeleri
  - Hayvansal gübre ve atıklar
  - Kimyasal gübreler
  - Atıksular

46

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Su ve Topraktaki Tuzların Kaynağı

- Ayrışma
- İklim ve Çevre Etkileri
- Fosil yada İkincil Depozitler
- Atmosferik Depolama
- Antropojenik Aktiviteler (İnsan Faaliyetleri)

47

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Ayrışma:

- Pek çok kaya yüksek sıcaklık ve basınç altında şekillendiğinden, atmosferik koşulların etkisi altında bulunduklarında,
  - bu kayaları meydana getiren mineraller genellikle termodinamik olarak “kararsız” özelliktedirler.
- Ayrışma, birincil mineralleri dünya yüzeyinde daha “kararlı” olan diğer minerallere dönüştüren bir işlemdir.
- Jeokimyasal ayrışmaya neden olan atmosferik etkenlerin başında
  - nem,
  - oksijen
  - karbondioksit gelmektedir.

48

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Ayrışma:

- Biyosfer içerdiği yüksek miktarlardaki karbondioksit ve organik madde nedeniyle
  - ayrışma işlemlerini artırır
- Organik madde,
  - birleşme sırasında katyon değişimini (hareketini) ve ayrışmayı teşvik edici nitelikteki organik asitlerin kaynağını oluşturur
  - ve redoks etkeni olarak görev yapar.

49

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Ayrışma:

- Kaya oluşumu içerisinde yer alan minerallerin kimyasal ayrışmasında üç tip reaksiyon söz konusudur:
  - Eşleşik erime,
  - Eşleşik olmayan erime
  - redoks-oksidasyon reaksiyonları

**Eşleşik erime:** bu tür reaksiyonlarda çözüm ürünleri minerallerdeki oranlarında bulunurlar, yani;

- *Mineral*  $\longrightarrow$  *çözünebilir bileşikler*
- Bu tür ayrışmaya örnek olarak;

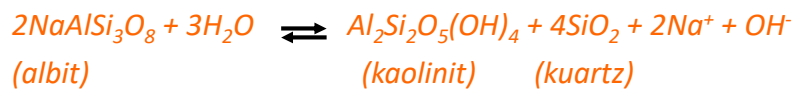


50

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Ayrışma:

**Eşleşik olmayan erime:** Bu reaksiyonda, mineralin bir kısmı erir ve ikincil bir katı faz şeklinde (ikincil aluminosilikat kil mineralleri) artık olarak kalır ki,  
– bu artık orijinal mineralden farklı bir kompozisyonundadır, örneğin;



51

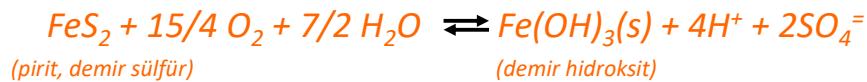
## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Ayrışma:

**Redoks reaksiyonları:** Minerallerin oksidasyon niteliklerindeki değişimler ayrışmayı etkiler.

- Çözeltide çözünen (eriyen) mineraller ile bu çözelti ile etkileşimde bulunan mineraller arasındaki redoks reaksiyonları, bazen çözeltinin pH'ına etki eder.

- Örneğin;



- Bu reaksiyonda, üretilen protonlar, peşi sıra gelecek olan ayrışmada güçlü bir lokal etkiye sahiptirler.

52

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### İklim ve Çevre Etkileri:

- Her ne kadar ayrışma devam eden ve üniversal bir işlem olsa da, ayrışma reaksiyonlarının yoğunluğu ve dağılımı iklimin büyük oranda etkisi altındadır.
- Nemin varlığı,
  - ayrışma işlemleri için çok önemli bir parametre
  - mineral transformasyonda etkin rol oynar
  - ve erimiş maddelerin yada askıdaki maddelerin ortamdan uzaklaştırılmasında taşıyıcı görevi görür.

53

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### İklim ve Çevre Etkileri:

- Ayrışma ürünlerinin toprak yüzeyinden yer altı sularına doğru taşınması ve buradan da nehirlerle ve en sonunda da okyanuslara kadar ulaştırılması, etkili yağışın miktarına bağlıdır.
- Okyanusların kimyasal bileşimleri,
  - toprak kütesinden olan ve kimyasal interaksiyon ile evapokonsantrasyon tarafından modifiye edilen
  - ve tuzların sabit akımını arttıran volkanik aktiviteler bağlıdır.

54

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### İklim ve Çevre Etkileri:

- Tuzluluk etkisindeki topraklar kurak ortamın doğal unsurlarıdır.
- Bu alanların bulunuşu doğrudan, sınırlı miktardaki yağışların varlığı ile ilişkilidir,
  - yani, evapotranspirasyon büyük oranda yıl boyunca yağışlardan daha yüksek olarak meydana gelir.
- Suyun eksikliği (yetersizliği)
  - minerallerin kimyasal ayrışma yoğunluğunu sınırlandırır.
  - aynı zamanda ayrışma ürünlerinin (tuzlar) oranını da sınırlar
  - ve çoğunlukla oluşan ikincil minerallerin belirli alanlarda toplanmasına neden olur.
- Düşük nemlilikteki alanlarda ana kayaçların özellikleri, büyük oranda oluşan toprakların özelliklerini de belirler.
  - Pek çok kurak bölge alanları entisoller ve aridisoller olarak sınıflandırılmaktadır.

55

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### İklim ve Çevre Etkileri:

- Su, tuzların taşınmasında birinci derecede önemli olduğundan,
  - tuzluluk taban (düşük) arazilerde yada çöküntülerde yani suyun drene olduğu alanlarla çok yakın bağıntılıdır.
- Sınırlı drenaj koşullarında
  - taban suyu sorunlarının artmasıyla tuzluluk genişlemektedir.
- Taban suyunun yüksekliği drenaj kapasitesi ile ilişkili iken,
  - mineralleşme daha çok buharlaşma ve/veya transpirasyonun etkisi altındadır.
- Drenajın etkilediği tuzlu alanların genişlikleri
  - birkaç hektardan binlerce kilometrekare alana kadar büyük değişiklikler gösterebilir.
    - Örneğin Amerika'daki Utah Büyük Tuz Gölü, Pakistan'daki Indus Havzası

56

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Fosil ya da İkincil Depozitler:

- Jeolojik çağlar boyunca tuzlu okyanuslar büyük kara parçalarını su altında bırakmıştır.
  - Bu su baskını altında kalan alanlar daha sonra yükselmiş
  - Sonuçta ortaya çıkan jeolojik formasyonlar topraklar için ana materyalleri sağlamıştır
  - Yüzeye çıkan kayalar ve altta bulunan tuzlu tabaka, yüzey ve yer altı sularının tuz yüklerinin oluşmasına neden olan önemli temas bölgeleridir.
  - Su baskınları sırasında kıtasal kayaların ayrışmasından oluşan ikincil depozitler (sedimentasyon kayaları), tuzluluk ve sodyumluluğun önemli kaynaklarıdır.
- **Fosil tuzları** deyimi, bu depozitlerin tuzluluğunu belirtmek amacıyla kullanılır.

57

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Atmosferik depolama:

- Atmosferik depolanan tuzlar lokal olarak önemlidir
- Kuru yada ıslak aerosol taşınımalar
  - kıyı alanlarda 100 ila 200 kg/yıl-ha düzeylerine ulaşabilirken,
  - iç bölgelerde 10 ila 20 kg/yıl-ha düzeylerindedir.
- Atmosferik depolanan tuzların cinsleri kaynaktan olan uzaklıklara bağlı olarak değişmektedir.
  - Kıyı bölgelerde tuzların çoğunluğu NaCl şeklindedir
  - İç bölgelerde ise daha çok hava akımları ile taşınan  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{SO}_4^{-2}$  ağırlık kazanır.

58

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Atmosferik depolama:

- Kurak bölge topraklarında katkı haldeki atmosferik tuz yükü,
  - yıllık oluşan ayrışma ürününün yaklaşık %10-25 kadardır
- Genel olarak göz önüne alındığında toprakların tuzlulaşmasında
  - çoğunlukla atmosferik katkı göz ardı edilmektedir
- Ancak özellikle
  - yüksek ayrışma etkisindeki
  - ve zayıf drenajlı alanlarda bu durum göz önünde bulundurulması gereken bir faktördür.
- Örneğin batı Avustralya'daki tuzlu ve geniş alanlarda uzun yıllar yağışlarla bırakılan tuz yükü buna bir örnektir.

59

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Antropojenik Aktiviteler (İnsan Faaliyetleri):

- İnsan etkisinde oluşan tuzluluk tarihsel ve ekonomik öneme sahiptir.
- Endüstrileşme atmosferdeki nitrojen ve sülfür gazlarının yükünü artırmıştır,
  - her iki gaz da atmosferdeki tuz konsantrasyonunu artırmakta
  - ve asit yağmurlarına neden olmaktadır.
- Asit yağmurları
  - toprak minerallerinin ayrışma oranının artmasına neden olur
- Enerji ile ilişkili madencilik faaliyetleri sonucu
  - tuzlu ve sodyumlu materyaller yüzeye çıkarılır ve yeryüzünde bırakılır,
  - ancak bunların çevreye etkileri düşüktür.

60

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Antropojenik Aktiviteler:

- Yeryüzü sisteminin tuzlarla tanıştırılmasında
  - sulama dramatik bir etkiye sahiptir.
- Doğadaki tüm sulama suları
  - değişik miktar ve cinsten tuzları içerirler.
- Evapotranspirasyon sırasında;
  - saf su ortamdan uzaklaşır
  - ve geriye kalan tuzlar daha önceden rizosferde (kök bölgesi) bulunan tuz miktarına eklenir.

61

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Antropojenik Aktiviteler:

- Örneğin sudaki her 100 mg/L tuz konsantrasyonu;
  - her bir ha-m 'lik uygulama oranıyla araziye toplamda 1 ton tuz ekler.

$$100 \frac{mg}{L} = 100 \frac{mg}{L} \times \frac{1kg}{1000000mg} \times \frac{1000L}{1m^3} = 0.1 \frac{kg}{m^3}$$

$$1 ha \cdot m = 1ha \cdot m \times \frac{10000 m^2}{1 ha} = 10000 m^3$$

$$10000m^3 \times 0.1 \frac{kg}{m^3} = 1000 kg = 1 ton$$

62

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Antropojenik Aktiviteler:

- Yetiştirme periyodu boyunca:
  - 850 mg/L tuz konsantrasyonuna sahip sulama suyunun 0.8 ha-m miktarında bitkiye uygulanması sonucunda
    - araziye 6.8 ton tuz eklenir

$$850 \frac{mg}{L} = 850 \frac{mg}{L} \times \frac{1kg}{1000000mg} \times \frac{1000L}{1m^3} = 0.85 \frac{kg}{m^3}$$

$$0.80 \text{ ha} \cdot m = 0.80 \text{ ha} \cdot m \times \frac{10000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} \cdot m = 8000 \text{ m}^3$$

$$8000 \text{ m}^3 \times 0.85 \frac{kg}{m^3} = 6800 \text{ kg} = 6.8 \text{ ton}$$



## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Antropojenik Aktiviteler:

- 20 da lık bir arazi 10 yıl boyunca yılda ortalama 700 mm, 1.5 dS/m lik sulama suyu ile sulanırsa
  - Yıkama suları ihmal edildiğinde arazide birikecek tuz miktarı 134.4 ton

$$1.5 \frac{dS}{m} \times 640 = 960 \text{ ppm} = 960 \frac{mg}{L}$$

$$960 \frac{mg}{L} = 960 \frac{mg}{L} \times \frac{1kg}{1000000mg} \times \frac{1000L}{1m^3} = 0.96 \frac{kg}{m^3}$$

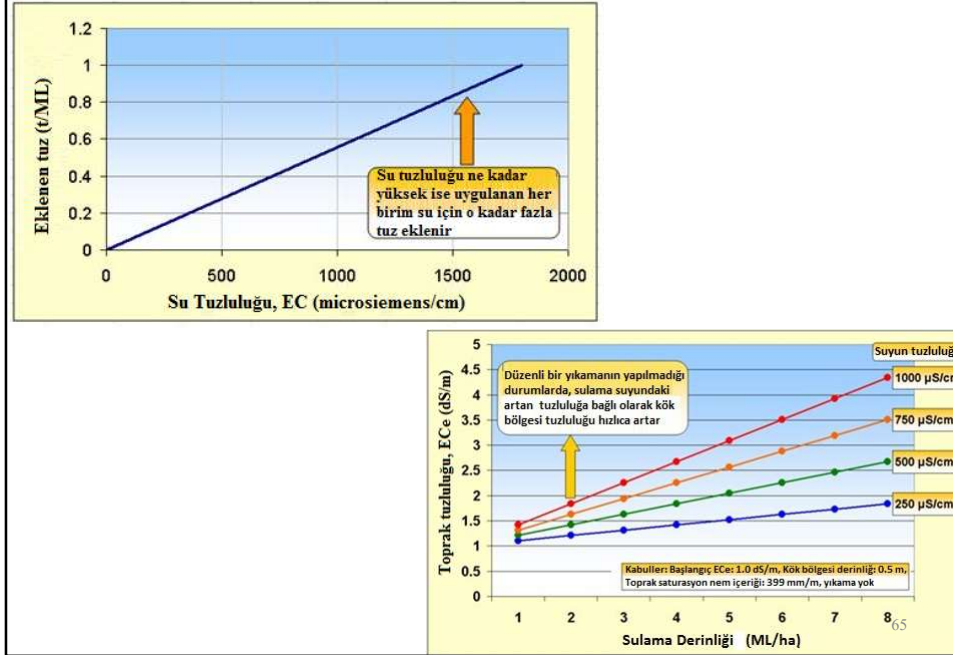
$$700 \text{ mm su} \times 20 \text{ da} = 14000 \text{ da} \cdot \text{mm} = 14000 \text{ da} \cdot \text{mm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \times \frac{1000 \text{ m}^2}{1 \text{ da}} = 14000 \text{ m}^3$$

$$14000 \text{ m}^3 \times 0.96 \frac{kg}{m^3} = 13440 \text{ kg} = 13.44 \text{ ton}$$

10 yıl için 134.4 ton

64

## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI



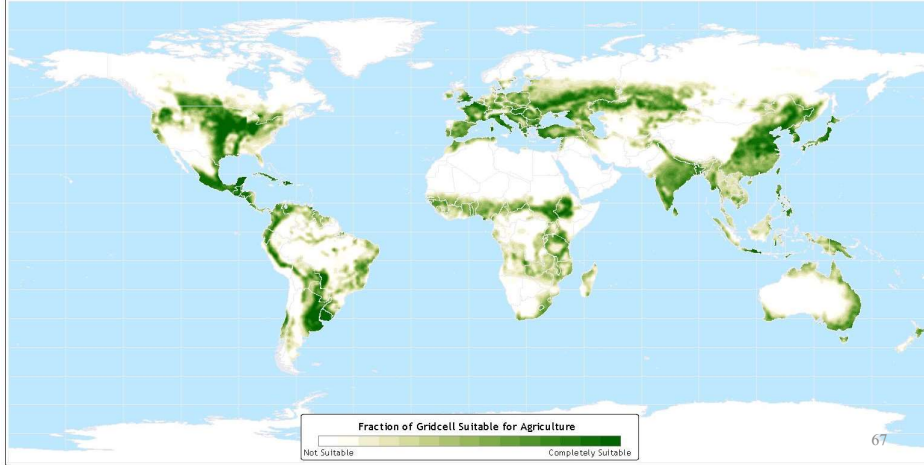
## SU VE TOPRAKTAKİ TUZLARIN KAYNAĞI

### Antropojenik Aktiviteler:

- Herhangi bir tuzluluk yönetimi uygulanmadığı durumda
  - bu tuzlar rizosferde (kök bölgesi) biriktirilir.
- Sulama suyu uygulamaları aynı zamanda;
  - mineral ayrışmanın hızını da büyük oranda arttırmaktadır.
- Bu nedenle rizosferdeki ve yeraltı-yerüstü sularındaki tuzluluk ve sodyumluluğun kontrolü
  - toprak ve su yönetim uygulamaları ile yakından ilgilidir.

## KÜRESEL TOPRAK POTANSİYELİ

- Yeryüzü toplam alanı:  $13.2 \times 10^9$  ha
- Ekilebilir nitelikte:  $7 \times 10^9$  ha
- Tarım yapılan alan toplamı:  $1.5 \times 10^9$  ha



## KÜRESEL TOPRAK POTANSİYELİ

- Tarım yapılan alanların yaklaşık olarak
  - %23'ü ( $0.34 \times 10^9$  ha) tuzlu,
  - %37'si ( $0.56 \times 10^9$  ha) sodyumlu
- Tuzlu ve sodyumlu topraklar yaklaşık:
  - 100 ülkeye dağılmış ve toplam ekilebilir alanların %10'u
- Tuzluluk etkisi altındaki alanlar
  - yarı-kurak ve kurak bölgelerle sınırlı kalmayıp diğer bölgelere de yayılmışlardır.
- Pek çok diğer bölgede tuzların hareketliliği ve iklim;
  - mevsimlik tuzlu su ve topraklar oluşturabilmektedir.

## KÜRESEL TOPRAK POTANSİYELİ

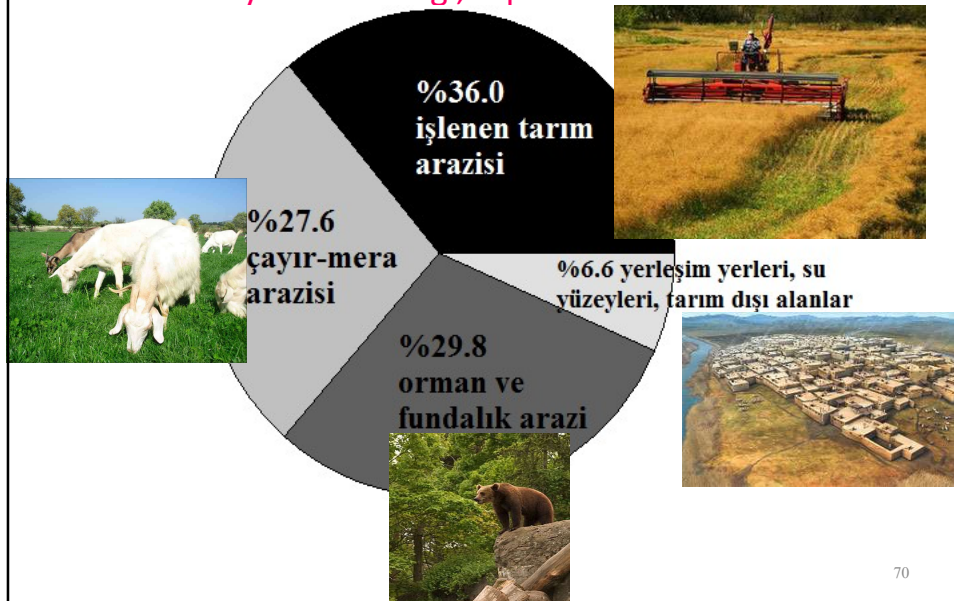
Tuzlu toprakların küresel dağılımı



69

## TÜRKİYE TOPRAK KAYNAKLARI

Türkiye arazi varlığı, toplam 77 899 700 ha



70

## TÜRKİYE TOPRAK KAYNAKLARI

- Toprak sınıflaması konusunda ilk olumlu çalışmalar 1951 yılında,
  - Tarım Bakanlığının bünyesindeki “Toprak Muhafaza ve Zirai Sulama Teşkilatı” ile başlamıştır.
- Bakanlık 1951 ve 1952 yıllarında Amerika Birleşik Devletlerinden uzmanları topraklarımızın incelenmesi için davet etmiştir ve elde edilen sonuçlar
  - 1/800000 ölçekli “Türkiye Umumi- Genelleştirilmiş- Toprak Haritası” ve Raporuyla birlikte, 1958 yılında yayımlanmıştır.
- Bu etüd çalışması, 1938 Eski Amerikan Sınıflama Sistemine göre yapılmıştır.
  - Raporda tarıma uygun olan arazinin alanı, yaklaşık  $16 \times 10^6$  ha
  - bu alanın yaklaşık  $4 \times 10^6$  ha’ı sulu tarım arazisi
  - Ülkenin yaklaşık %80’i fiziki olarak tarım yapmaya uygun değil

## TÜRKİYE TOPRAK KAYNAKLARI

- Daha sonra Toprak Etüd ve Haritalama çalışmaları yetkisi 28.2.1960 tarihinde yürürlüğe giren
  - 7457 sayılı yasayla Toprak-Su Genel Müdürlüğüne verilmiş
- Toprak kaynaklarımıza ait veri tabanı oluşturmak ve tarımsal planlamalara hizmet götürebilmek için 1966 yılında, 1/25000 ölçekli topografik haritalardan da yararlanarak
  - “İstikşafi- Yoklamalı/Gözlemlı” karakterli “Türkiye Geliştirilmiş Toprak haritaları” İl’ler bazında yapımına başlanmış ve 1971 yılında sonuçlandırılmıştır.
- 1981-1984 yılları arasında ise:
  - haritaların yenileme çalışmaları yapılmış ve il bazında 1/25000 ölçekli olarak toprak haritaları ve açıklayıcı raporları yayınlanmıştır

72

## TÜRKİYE TOPRAK KAYNAKLARI

- Ülkemizde arazi varlığı ile ilgili çalışmada:
  - I. sınıf araziler 5 086 087 ha
  - II. sınıf araziler ise 6 772 873 ha
- Tarım arazilerinin tarım dışı bırakılmasıyla ilgili yasa yönetmeliğine göre tarım dışı amaçla kullanılmayan I. ve II. Sınıf araziler ülke topraklarının:
  - %15.2 bölümünü içermekte
- Orman ve mera olarak kullanılanlar;
  - VI. ve VII. sınıf araziler
  - Türkiye arazi varlığının yarısından fazla bir bölümünü içerir

73

## TÜRKİYE TOPRAK KAYNAKLARI

*Türkiye arazi varlığının arazi kullanım yetenek sınıflarına göre dağılımı*

| Kullanım özellikleri                                                      | Arazi kullanım yetenek sınıfı | Alan (ha)  | Toplam alan (ha)  |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------|-------------------|
| Toprak işlemesine uygun araziler                                          | I                             | 5 086 087  | 26 566 768        |
|                                                                           | II                            | 6 772 873  |                   |
|                                                                           | III                           | 7 282 763  |                   |
|                                                                           | IV                            | 7 425 045  |                   |
| Toprak işlemesine uygun olmayan araziler                                  | V                             | 127 934    | 46 790 036        |
|                                                                           | VI                            | 10 825 762 |                   |
|                                                                           | VII                           | 35 836 340 |                   |
| Tarımaya uygun olmayan araziler (su yüzeyleri, yerleşim yerleri dahildir) | VIII                          | 4 542 896  | 4 542 896         |
| <b>Genel toplam</b>                                                       |                               |            | <b>77 899 700</b> |

74

## TÜRKİYE TOPRAKLARINDA TUZLULUK

- Kurak ve yarı kurak bölgelerde yetersiz yağıştan dolayı
  - çözünebilir tuzlar uzaklara taşınamamakta,
  - özellikle sıcak ve yağışsız olan dönemlerde, tuzlu taban suları kılcal yükselme ile toprak yüzeyine kadar ulaşabilmektedir.
- Evaporasyonun yüksek oluşu nedeni ile sular,
  - toprak yüzeyinden kaybolurken
  - beraberinde taşıdıkları tuzları toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın kısımlarda bırakmaktadır.
- Diğer bir deyişle, bu bölgelerdeki tuzlulaşmanın temel nedeni
  - yağışların yetersiz, buna karşılık evaporasyonun yüksek olmasıdır.

75

## TÜRKİYE TOPRAKLARINDA TUZLULUK

- Ekonomik ve sosyal sorunların çözümü için
  - toprak ve su kaynaklarının akılcı biçimde kullanımı zorunludur.
- Ancak, Türkiye’de toprak ve su kaynaklarının kullanımı ile ilgili çok sayıda sorun bulunmaktadır.
  - sulanabilir nitelikteki arazilerin ancak %17.57 kadarı sulanmakta;
  - yüzey su kaynaklarının %67’si,
  - yeraltı suyu potansiyelinin ise %27’si henüz kullanılmamaktadır

76

## TÜRKİYE TOPRAKLARINDA TUZLULUK

- Yarı kurak iklim koşullarında sulama yapılan alanlarda önemli bir sorun olan tuzluluğun potansiyel etkisi, sadece ürün verimi üzerine değil, aynı zamanda:
  - arazilerin tuzlulaşması,
  - toprağın ve suyun bozulması
  - yer altı sularına tuzun karışarak kalitelerinin bozulması
- Tuzluluğun neden olduğu arazi bozunması da yine;
  - gıda üretimi olumsuz bir şekilde etkilenmektedir.
- Kurak ve yarı kurak alanlarda biriken tuzlu taban sularının uzaklaştırma şansı olmadığına;
  - ciddi bir problem oluşturmakta
  - ve farklı kullanımlar için ihtiyaç duyulan kaliteli suya olan talebi artırmaktadır

77

## TÜRKİYE TOPRAKLARINDA TUZLULUK

### Türkiye’de sorunlu alanlar

| Sorunun Niteliği   | Kapladığı Alan |       |
|--------------------|----------------|-------|
|                    | ha             | %     |
| Hafif tuzlu        | 614 617        | 41.0  |
| Tuzlu              | 505 603        | 33.0  |
| Alkali             | 8 641          | 0.5   |
| Hafif tuzlu-alkali | 125 863        | 8.0   |
| Tuzlu-Alkali       | 264 958        | 17.5  |
| Toplam             | 1 519 682      | 100.0 |

78

## TÜRKİYE TOPRAKLARINDA TUZLULUK

- Türkiye’de sulamaya uygun olan 16.2 milyon hektarlık arazinin, il toprak kaynakları envanterine göre yaklaşık:
  - 1.5 milyon hektarında tuzluluk ve alkalilik,
  - 2.8 milyon hektarında ise drenaj sorunu bulunmakta
- Bu durumda;
  - Türkiye’de sulamaya uygun arazilerin yaklaşık % 26.5’inde tuzluluk, alkalilik ve drenaj sorunu vardır
- Toprakların tuzlulaşma ve alkalileşmesini
  - sulama,
  - drenaj,
  - toprak özellikleri,
  - topografya
  - ve iklim gibi faktörler önemli ölçüde etkilemektedir.

79

## TÜRKİYE TOPRAKLARINDA TUZLULUK

*KHGM tarafından yapılan toprak geliştirme çalışmaları, (KHGM, 2005)*

| Uygulama yılları | Tarla içi geliştirme hizmetleri (ha) | Drenaj ve Tuzluluk Islahı (ha) | Toplulaştırma (ha) | Uygulama yılları | Tarla içi geliştirme hizmetleri (ha) | Drenaj ve Tuzluluk Islahı (ha) | Toplulaştırma (ha) |
|------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| 1965             | 104 181                              | 49 524                         | 456                | 1985             | 548 553                              | 259 527                        | 67 982             |
| 1966             | 109 331                              | 61 793                         | 1 300              | 1986             | 596 203                              | 279 208                        | 72 136             |
| 1967             | 115 572                              | 72 404                         | 3 258              | 1987             | 634 217                              | 286 912                        | 79 475             |
| 1968             | 122 698                              | 83 660                         | 6 371              | 1988             | 656 717                              | 291 212                        | 85 993             |
| 1969             | 132 024                              | 94 403                         | 11 755             | 1989             | 669 828                              | 297 329                        | 88 748             |
| 1970             | 147 202                              | 101 418                        | 17 942             | 1990             | 698 065                              | 304 832                        | 102 525            |
| 1971             | 169 202                              | 105 519                        | 23 124             | 1991             | 723 345                              | 308 466                        | 107 024            |
| 1972             | 187 953                              | 111 035                        | 28 349             | 1992             | 741 219                              | 309 822                        | 119 452            |
| 1973             | 211 378                              | 118 823                        | 31 527             | 1993             | 775 888                              | 316 300                        | 148 800            |
| 1974             | 231 318                              | 125 674                        | 34 598             | 1994             | 802 623                              | 317 163                        | 167 510            |
| 1975             | 255 685                              | 132 778                        | 36 000             | 1995             | 823 355                              | 318 756                        | 174 345            |
| 1976             | 294 937                              | 143 983                        | 41 217             | 1996             | 847 509                              | 318 386                        | 192 253            |
| 1977             | 334 224                              | 161 688                        | 43 406             | 1997             | 892 598                              | 322 114                        | 255 840            |
| 1978             | 351 808                              | 167 280                        | 47 658             | 1998             | 915 134                              | 323 593                        | 265 151            |
| 1979             | 367 648                              | 174 992                        | 52 149             | 1999             | 944 089                              | 324 348                        | 276 997            |
| 1980             | 385 331                              | 182 106                        | 52 149             | 2000             | 963 234                              | 328 182                        | 290 935            |
| 1981             | 408 876                              | 194 373                        | 56 459             | 2001             | 977 687                              | 329 277                        | 304 566            |
| 1982             | 439 519                              | 206 217                        | 57 045             | 2002             | 1 005 965                            | 325 986                        | 321 752            |
| 1983             | 469 787                              | 222 027                        | 62 485             | 2003             | 1 029 466                            | 327 638                        | 332 668            |
| 1984             | 508 440                              | 243 965                        | 65 517             | 2004             | 1 037 468                            | 338 461                        | 339 237            |

## TÜRKİYE TOPRAKLARINDA TUZLULUK

### Harran Ovası:

- Drenaj sistemleri kurulmadan ve özellikle drenaj boşaltım sorunu çözümlenmeden aşırı miktarlarda yeraltı kuyu suları ile yapılan sulamalar sonucu Harran Ovası'ndaki topraklarda tuzluluk önemli boyutlara ulaşmıştır.
- Alanda, tuzluluk sorunlarının artmasındaki diğer bir etken ise
  - sulama suyunun yeterli olmadığı dönemlerde düşük kaliteli drenaj sularının sulama amacıyla kullanılmış olmasıdır
- Ovada sulamanın başlamasından sonra tuzdan etkilenen topraklardan alınan örneklerde hidrolik iletkenlik, strüktürel özellikler, kil minerallerindeki değişim ve tuz içerikleri incelenmiştir:
  - strüktür stabilitesinde ve agregasyonda hafif bir bozulma
  - hidrolik iletkenlikte önemli bir azalma
  - kil minerallerinde belirgin bir değişim gözlenmezken, tuz içeriğinde önemli artışlar

81

## TÜRKİYE TOPRAKLARINDA TUZLULUK

### Harran Ovası:



82

## TÜRKİYE TOPRAKLARINDA TUZLULUK

### Amik Ovası:

- Ova topraklarının tamamı
  - hafif bazik reaksiyonlu olup, herhangi bir alkalilik sorunu bulunmamaktadır.
- Toprakların yaklaşık 2/3'ünde tuzluluk problemi yok
- Tuzluluk sorunu olan toprakların tümü,
  - hafif tuzlu topraklar sınıfına girmekte



## TÜRKİYE TOPRAKLARINDA TUZLULUK

### Konya Ovası:

- Konya kapalı havzasının toplam yüzölçümü 4.329.969 ha
  - 509 382 hektarında tuzluluk ve sodyumluluk,
  - 623 446 hektarında ise drenaj problemi
- Konya TİGEM arazilerinde yapılan bir çalışmada,
  - toprakların tuzlulaşmasına ve yer yer sodyumlaşmasına yüksek taban suyu ve tuz konsantrasyonunun etkili olduğu



## TÜRKİYE TOPRAKLARINDA TUZLULUK

### Aşağı Seyhan Ovası (ASO):

- 210.000 ha genişliğe sahip
- Ovada taban suyu seviyesi ve tuzluluğu izlenmekte
- Sulamanın en yoğun olduğu aylarda;
  - taban suyu 0-1 m arasında
- Drenajı bozuk olan bu alanlarda;
  - 36 434 hektarda tuzluluk sorunu bulunmakta

