

2022-2023 Bahar Dönemi

## ZTO104 TOPRAK BİLİMİ

**Öğretim Görevlisi Dr. Esra Güneri**

A.Ü. Z. F. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

[eguneri@ankara.edu.tr](mailto:eguneri@ankara.edu.tr); [egbagci77@gmail.com](mailto:egbagci77@gmail.com)

0312 596 1744; 0312 596 1541 (Toprak Anabilim Dalı  
Sekreterliği)

# Haftalık Ders İçeriği

- 1-2. Hafta: Giriş (Toprağın Tanımı, Temel Bileşenleri) ve Toprak Ana Materyalleri (İnorganik, Organik ve Taşınmış Ana Materyaller)
3. Hafta: Topraklara Karakter Kazandıran Etmenler (Ana Materyal, Topoğrafya, İklim, Biyosfer, Zaman)
4. Hafta: Toprak Oluşumunda Meydana Gelen Olaylar (Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Olaylar)
5. Hafta: Toprak Profili (Toprak Horizonları ve Özellikleri)
6. Hafta: Toprakların Biyolojik Özellikleri (Toprak Canlıları ve Organik Madde)
7. Hafta: Toprakların Fiziksel Özellikleri (Bünye, Strüktür, Özgül Ağırlık, Hacim Ağırlığı, Kıvam, Renk)
- 8. Hafta: Ara Sınav**
9. Hafta: Toprakların Kimyasal Özellikleri (toprak reaksiyonu, tuzluluk, besin maddeleri)
10. Hafta: Toprakların Kimyasal Özellikleri (toprak kolloidleri, katyon değişimi, bazla doygunluk,)
11. Hafta: Toprak Havası, Suyu ve Sıcaklığı
12. Hafta: Toprakların Sınıflandırılması
13. Hafta: Toprak Sorunları ve Islahı

# Toprak Suyu

- Su, yalnız BBE'nin alımına hizmet eden bir çözücü sıvı olmayıp, aynı zamanda canlıların yapı taşı olan H ve O açısından kendisi de önemli bir inorganik besin maddesidir.
  - Bitki dokularının %80-95'i sudan oluşur.
  - Bakterilerin %70-90 arasında bulunur, sporlarda ise yaklaşık %5-20 arasında olduğu bilinmektedir.
  - Yetişkin insanlarda ise ortalama %60 olduğu bildirilmektedir.
- Bu nedenlerle; Toprakta bulunan suyun durumu (serbest veya tutulan miktarı, hareketliliği, içeriği vs.) hem bitkiler hem de toprak canlı popülasyonu üzerine büyük etkiye sahiptir.
- Toprak suyunda bulunan çözünmüş mineraller, organik maddeler ve gazlar biyoçeşitliliğin sürmesi açısından önem taşımaktadır.

# Toprak Suyu

Toprak Suyu temel olarak;

- Bitki gelişimi için gerekli olan besin maddelerinin açığa çıkmasını (çözünürlüğünü) sağlar.
- Besin maddelerini bitki köküne taşır.
- Bitki hücrelerinin temel yapı maddesidir.
- Fotosentez ve fotosentez ürünlerinin oluşumu için gereklidir.
- Bitkilerin belirli şekil ve pozisyonlarının (mekanik destek) oluşumu için gerekli olan 'Turgor' için gereklidir.

Bitkiler kökleri aracılığıyla aldıkları suyun çok önemli bölümünü buharlaşma (terleme) yoluyla kaybetmektedirler. Her bir kg kuru madde için buharlaşan su miktarı 300-1000 litre civarındadır. Bu miktar bitki türüne, çeşidine, bitki gelişim dönemine, meteorolojik şartlara ve toprak yönetim pratiklerine bağlı olarak değişiklikler göstermektedir.

# Toprak Suyu

- Bitkiler açısından baktığımızda; bitkilerin topraktan suyu alımı ozmoz şeklindedir. Ozmoz; suyun yarı geçirgen hücre zarlarından, zarın iki tarafındaki yoğunluk farkı nedeniyle geçmesi olayıdır (çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçiş).
- Kök hücrelerini dolduran sıvı genel olarak toprak suyundan daha yoğundur, çünkü birim alanda/hacimde bulunan çözünmüş madde miktarı daha fazladır. Yani, aynı hacimdeki toprak suyuna oranla daha az su molekülüne sahiptir. BU nedenle, denge oluşumunu sağlamak için toprak suyunda bulunan su molekülleri hücre zarını geçerek hücre içine girmektedir (bitki su absorpsiyonu/alımı).
- Eğer toprak suyunun konsantrasyonu (çözünen/çözünmüş madde miktarı) bitki hücre konsantrasyonundan yüksek olursa ozmoz tersine hareket eder, hücre suyunun bir kısmı toprak suyuna geçer. Yani hücre su kaybeder. Ör; tuzlu topraklarda...

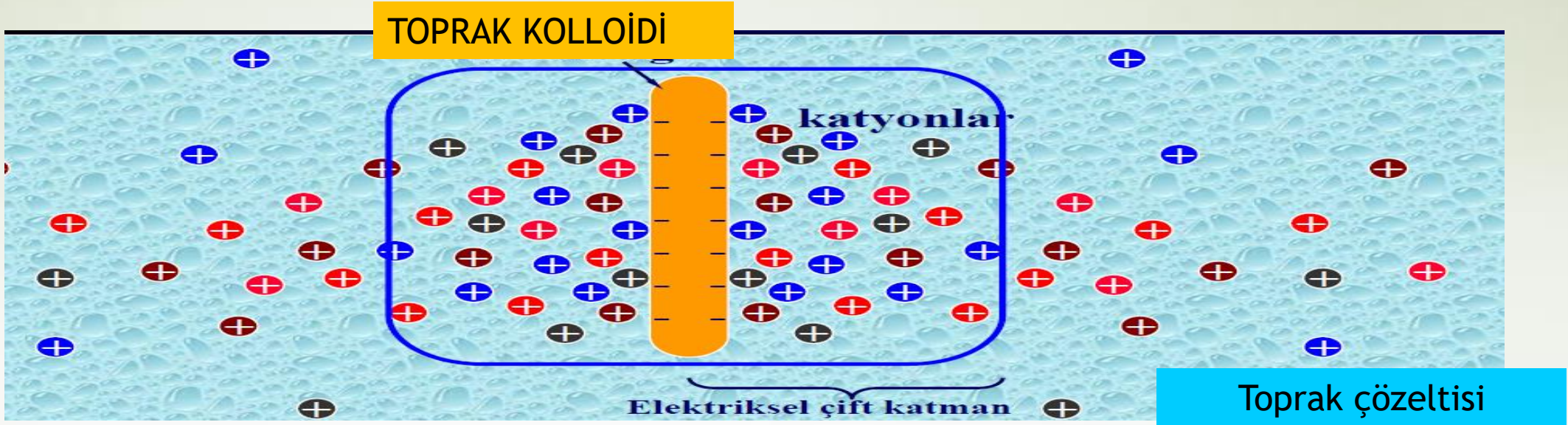
# Toprak solüsyonu=Toprak çözeltisi

- Toprak suyu ile Toprak solüsyonu aynı değildir, karıştırılmamalıdır. Toprak suyu, toprakta bulunan sıvı kısmın genel ifadesidir.
- Toprak solüsyonu/çözeltisi ise tarla kapasitesi veya daha yüksek tansiyonda su bulunduran toprakların sıvı kısmıdır.
- Toprak solüsyonu toprak kimyasal reaksiyonlarının olduğu kabul edilen ortamdır.
- Toprak solüsyonunun bileşimi nem miktarına bağlı olarak değişir. Çeşitli miktarlarda anyon ve katyonlar içerir.

Katyonlar	Anyonlar
Na <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Mg <sup>+2</sup>	Cl <sup>-</sup>
Ca <sup>+2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	



# Toprakların Tamponlama Kapasitesi-Toprak Solüsyonu-BBE- Kuvvetler İlişkisi



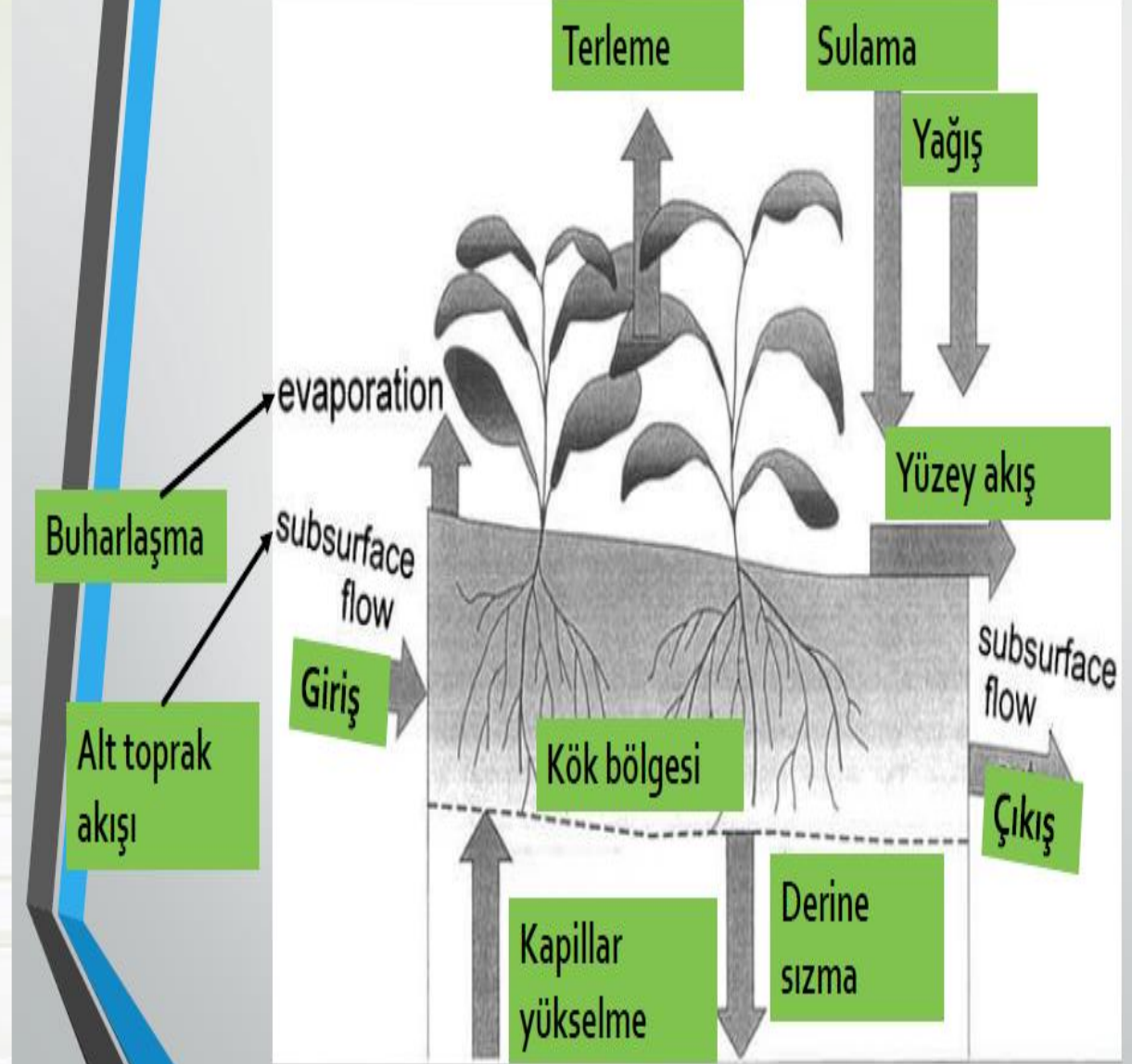
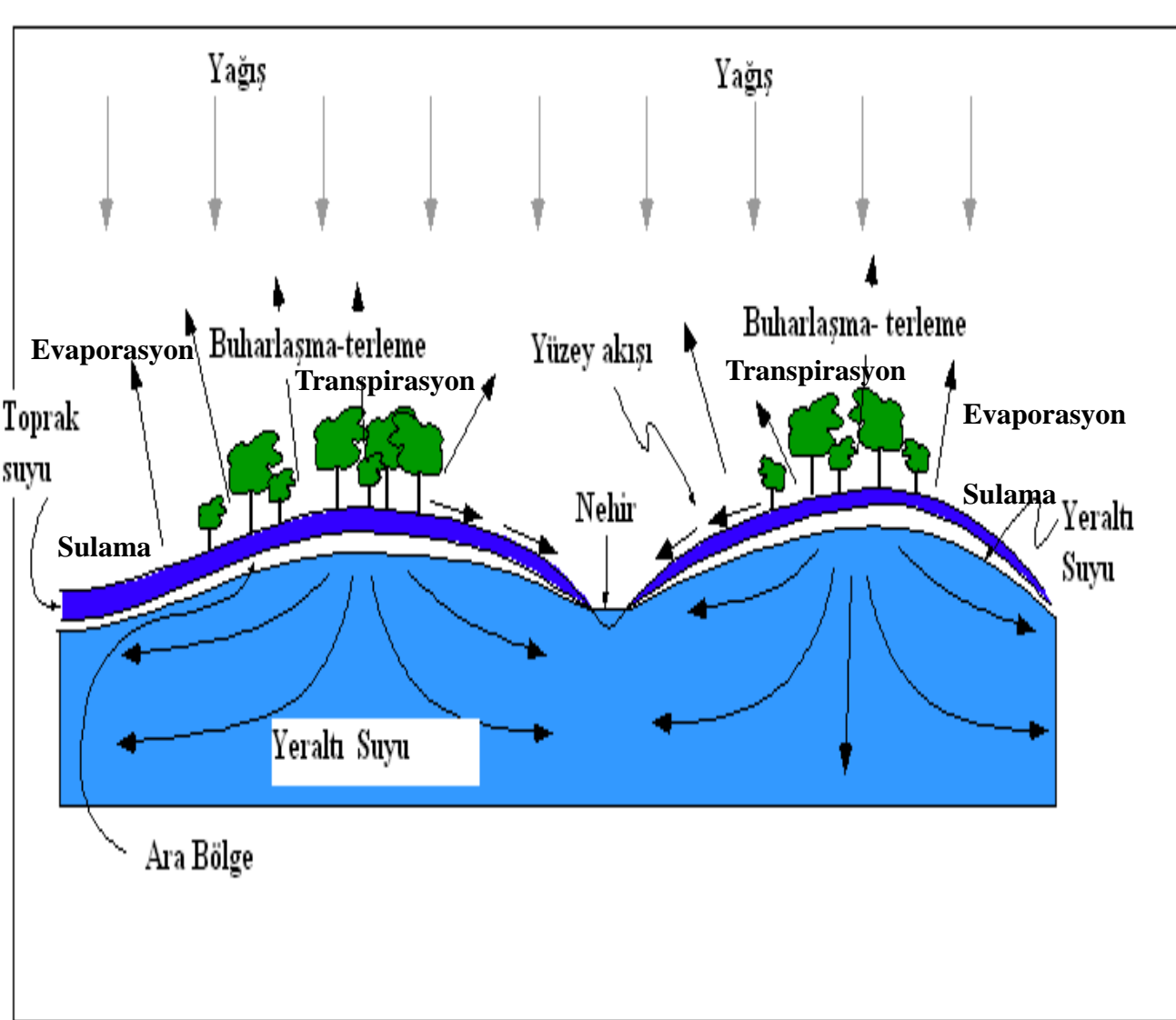
Toprak kolloidlerinde  
Adsorbe edilmiş iyonları  
konsantrasyonu



Toprak çözeltisindeki  
iyonları  
konsantrasyonu

Toprakların tamponlama kapasitesi Ana materyal ve pH'ya bağlı olarak toprak çözeltisindeki BBE'nin dengesinde etkin rol oynar.

# Su Döngüsü





# Suyun Enerjisi

- İki tür enerji söz konusudur: 1) Potansiyel enerji 2) Kinetik enerji
- Toprak boşlukları arasında suyun hareketi oldukça yavaştır. Toprak içinde su, daima potansiyel enerjinin azaldığı yöne doğru hareket eder. Bu nedenle suyun kinetik enerjisinden ziyade potansiyel enerjisi dikkate alınır.
- Suyun potansiyel enerjisi; suyun pozisyonuna yani farklı alanlardaki nispi enerji düzeylerine bağlı olarak, birim su miktarının bir noktadan belirlenmiş bir başka noktaya transferi için gerekli kuvvet olarak tanımlanır. Suyun ağırlığı baz alınarak potansiyel birimi 'cm' olarak ifade edilir.

# Toprak Su Potansiyeli

- Toprak su potansiyeli; yerçekimi kuvveti, matrik potansiyel kuvveti ve ozmotik potansiyel kuvvetlerinin etkisindedir. Her 3 kuvvetin sağladığı potansiyelin toplamı **Toprak Suyunun Potansiyelidir**.
- Toprak su potansiyeli, topraktaki farklı su sütunu yüksekliklerine (h, cm) bağlı olarak toprak boşluklarına giren toprak suyunun, 1 cm<sup>2</sup> birim alana yaptığı basıncın-çekim kuvvetinin bir göstergesi şeklinde açıklanabilir. Toprak su potansiyelinin ifade edilmesinde kullanılan birimler şunlardır:
  - Atmosfer basınç (atm)
  - Bar
  - Su sütunu yüksekliği (h, cm)
  - pF

# MATRİK POTANSİYELİ

Su toprak tarafından adsorbe edildiğinde potansiyel enerjisi azalmaktadır

Suyun toprak boşluklarını önemli ölçüde dolduracak miktarda olması durumunda ise su toprak tarafından zayıf bir kuvvetle tutulacak ve matrik potansiyeli daha az olacaktır

Bu azalmanın miktarı, suyun toprak tarafından ne kadar kuvvetle çekildiğine bağlıdır

Eğer suyun miktarı az ve buna bağlı olarak toprakta tutulma kuvveti fazla ise matrik potansiyel fazla olacaktır.

# Toprak Su Potansiyelinin tanımlanmasında kullanılan Basınç konusunun anlaşılması için ekstrem bir örnek

0 bar  
-0,33 bar  
-1 bar  
-15 bar





# Toprak Su Potansiyelinin belirlenmesi

Bozulmuş/bozulmamış toprak örnekleri iki tarafı açık, metal ve yüksekliği bilinen örnekleme silindirleri içine alınır. Bunlar su tablalarına yerleştirilir ve doymun hale getirilir. Ardından basınç tencerelerine alınır ve kapalı bir ortamda sabit sıcaklıkta basınç uygulamaları ile toprak su potansiyeline bağlı nem sabiteleri tespit edilir.

Su sütunu yüksekliği h, cm	Toprak su potansiyeli bar	Toprak su potansiyeli kPa	Toprak su potansiyeli atm	Toprak su potansiyeli pF
0	0	0	0	0
10,2	-0,01	-1	0,01	1
346	-0,3	-30	1/3	2,54
1033	-1,0	-100	1,0	3
15849	-15	-1500	15	4,2
31700	-31	-3100	31	4,5
1000000	-1000	-1000000	1000	6
10000000	-10000	-10000000	10000	7

Su sınıfına göre toprak nemi	pF
Tabakalar-arası veya yapıya ait su	7
Higroskopik su	7 - 4.5
Kapillar su	4.5 - 2.54
Yerçekimi etkisindeki su	2.54 - 0.0
Taban suyu	Serbest tansiyon

$$pF = \log h$$

h: cm su sütunu

$$1 \text{ kPa} = 0,01 \text{ bar} = 0,01 \text{ atm} = 10,2 \text{ cm H}_2\text{O} = 0,75 \text{ cm Hg} = 1 \text{ pF}$$

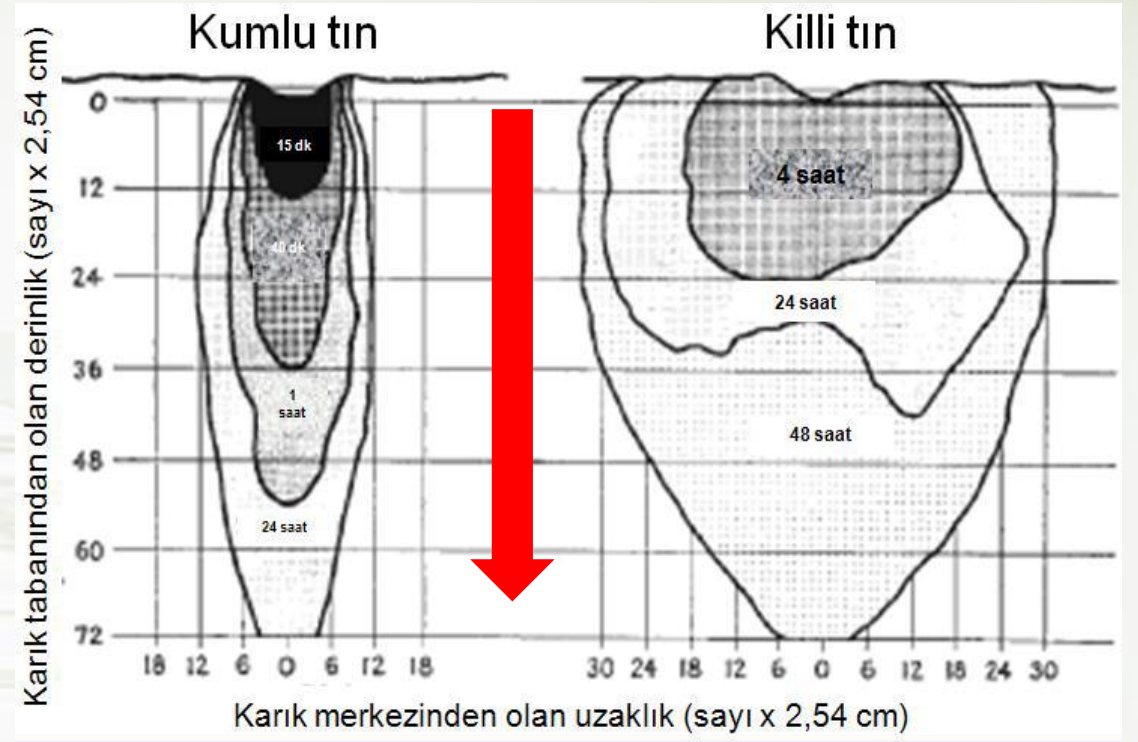
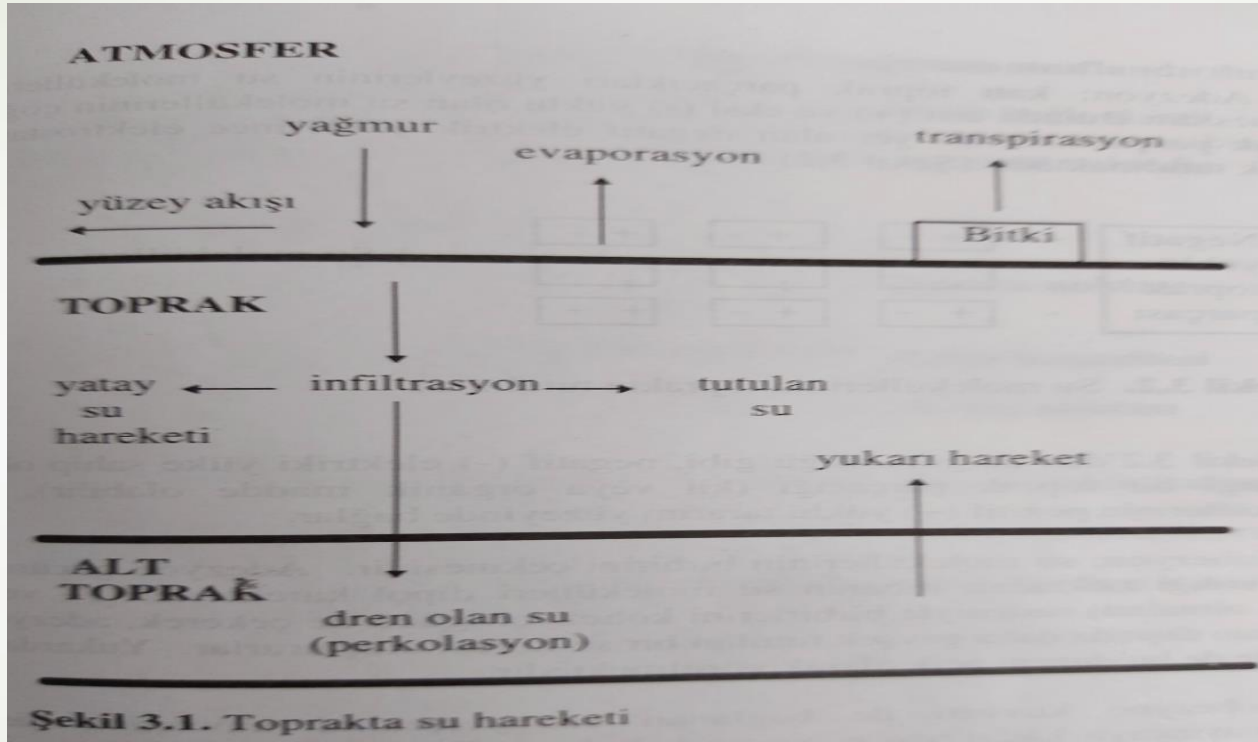
# Toprak Suyunun Hareketi

**Toprak suyunun hareketi** sıvı halde veya gaz (buhar) halinde gerçekleşir.

Sıvı halindeki hareket; yerçekimi etkisinde kalan suyun **aşağı doğru hareketi** (=perkolasyon) ile olur

**PERKOLASYON:** Suyun toprak içindeki hareketi (**SÜZÜLME**).

**İNFİLTASYON:** Sızma ile toprağın ıslanması . Suyun toprak yüzeyinden toprak içerisine hareketi



# Toprak suyunun sıvı halde hareketi - Perkolasyon ve İnfiltrasyon

## Perkolasyon ve İnfiltrasyon Hızına Etki Eden Etmenler

- Tekstür (bünye),
- Strüktür (yapı),
- Gözeneklerin büyüklüğü,
- Organik madde içeriği,
- Başlangıçtaki nem miktarı,
- Geçirimsiz katmanlar,
- Yüzey altı drenaj,
- Suyun darbe etkisi (yağış şiddeti),
- Agregatların dayanıklılığı,
- Suyun vizkositesi.

## Perkolasyon ve İnfiltrasyon Hızının Kullanıldığı Alanlar

- Sulama süresinin hesaplanması,
- Uygun karık ve tava boylarının belirlenmesi,
- Yağmurlama sistemlerinin planlanması,
- Yüzey akışın saptanması,
- Erozyon kontrol çalışmaları,
- Tuzlu ve alkali toprakların ıslahı çalışmaları.

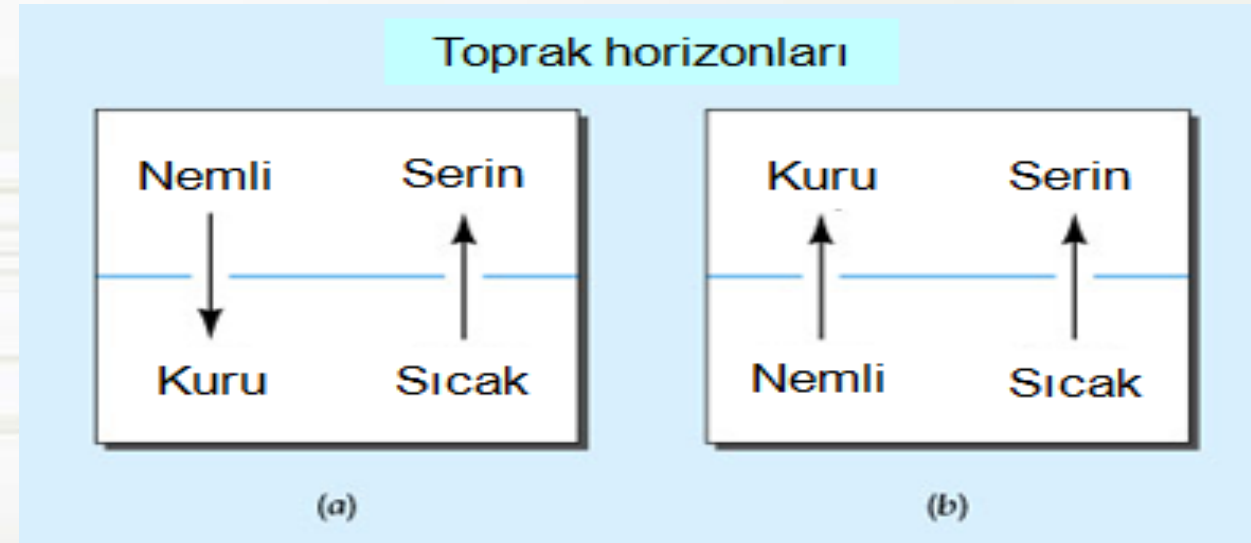
# Toprak suyunun buhar hareketi (Buharlaşma)

- Topraktaki su buharı hareketi, sıvı suyun hareketi gibi su potansiyelinin azaldığı yönde olmaktadır.
- Buhar hareketinde toprak tarafından tutulan suyun potansiyel enerjisindeki farklılıktan ziyade, serbest su moleküllerinin kinetik enerjilerindeki farklılıklar neden olmaktadır.
- Su buharının kinetik enerjisi 'Buhar Basıncı' olarak tanımlanmaktadır.

## Buhar;

- Sıcaklık aynı olmak koşulu ile buhar basıncının yüksek olduğu ıslak kısımdan düşük olduğu kuru kısma doğru
- Su miktarı (nem) aynı olmak koşulu ile buhar basıncının yüksek olduğu sıcak kısımdan düşük olduğu soğuk kısma doğru

## Hareket eder.





## YARI KURAK VE YARI NEMLİ BÖLGELERDE BUHARLAŞMA KONTROLÜ

- < 600 mm yağış alan bölgelerde sulama zorunludur. İmkan yok ise kuru tarım yapılmalıdır.
- 1. Buğday, mısır, çavdar gibi kuraklığa dayanıklı bitki yetiştirilmesi buharlaşmayı azaltır.
- 2. Yabani ot mücadelesi sayesinde su kaybının azaltılması sağlanır.
- 3. Nemi koruyan toprak işleme yöntemleri kullanılmalıdır: Bunlar;
  - a) Toprak işleme teknikleri (Rüzgar yönüne dik sürüm, eğime dik sürüm, şerit üzerine ekim, anızlı tarım-anıza ekim)
  - b) Nadas: **Bir mevsimlik yağışı toprakta tutma amaçlanır.** Nadasla % 30 oranında fazla yararlı su depolanır ve toprakta azot miktarı da artar. Bunun için;
    - Hasat sonrası anız bozumu yapılmaz,
    - İlk baharda kaz ayağı ile anız bozulur,
    - Yüzey kesekli bırakılır,
    - Otlama olursa kaz ayağı ile ikileme yapılabilir,
    - Otlamada ot yolucu alet kullanılarak bitki kalıntıları toprak yüzeyinde bırakılabilir.

# Suyun toprak tarafından tutulması

Bir toprak-su sisteminde su moleküllerinin yüzey gerilimleriyle oluşan **kohezyon ve adezyon kuvvetlerin** etkisi söz konusudur. Bu Kuvvetler büyük oranda H-bağlarının bir sonucu olarak ortaya çıkan **Tansiyon** **olarak da ifade edilen Negatif basınç** ile tanımlanır. Tansiyon-Negatif Basınç, Kolloidal yüzey tarafından emilme gücün ifadesidir, yani Su moleküllerinin bulunduğu yerden sökülmesi için harcanacak kuvvettir)

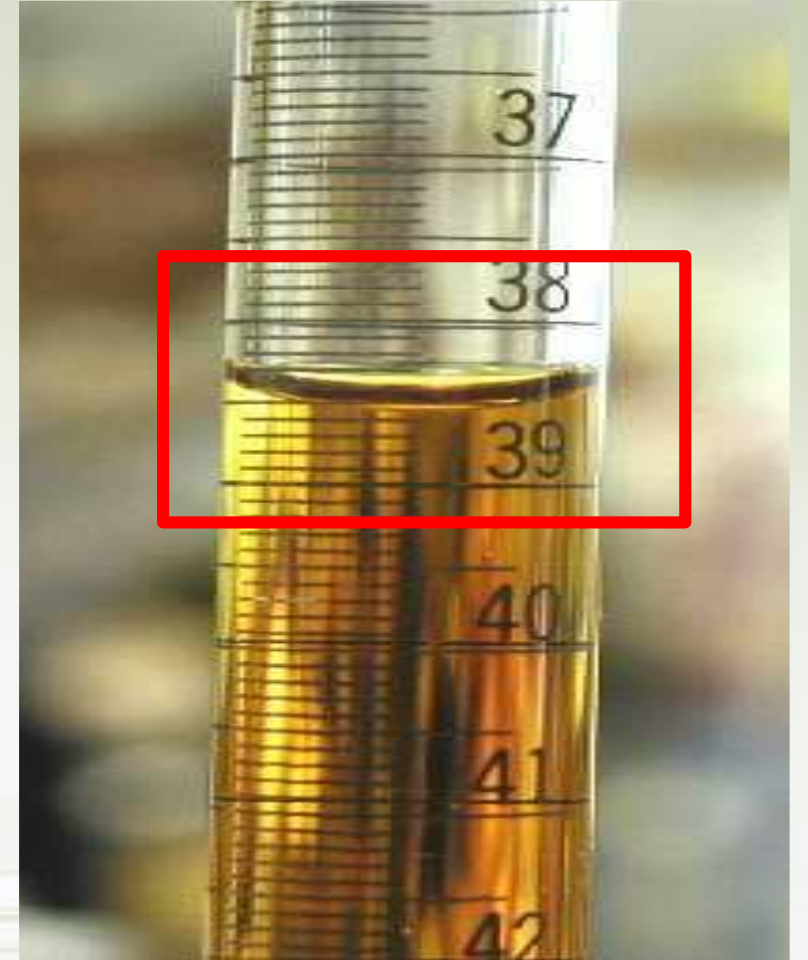
- **Adhezyon**; genel tanımı, katı yüzeylerin sıvı fazdaki molekülleri çekme kuvvetidir. Katı materyalin yüzeyindeki elektriksel alandan doğan kuvvet sonucu oluşur.
- **Kohezyon**; genel tanımı, aynı sıvı fazdaki molüküllerin birbirini çekme kuvvetidir.

# Adhezyon-Kohezyon Örnekleri



Günlük yaşam deneyimleri: bir böceğin (sineğin) su üzerinde batmadan yürümesi

Günlük yaşam deneyimleri: iki parmak arasında bir su damlasının tutulması

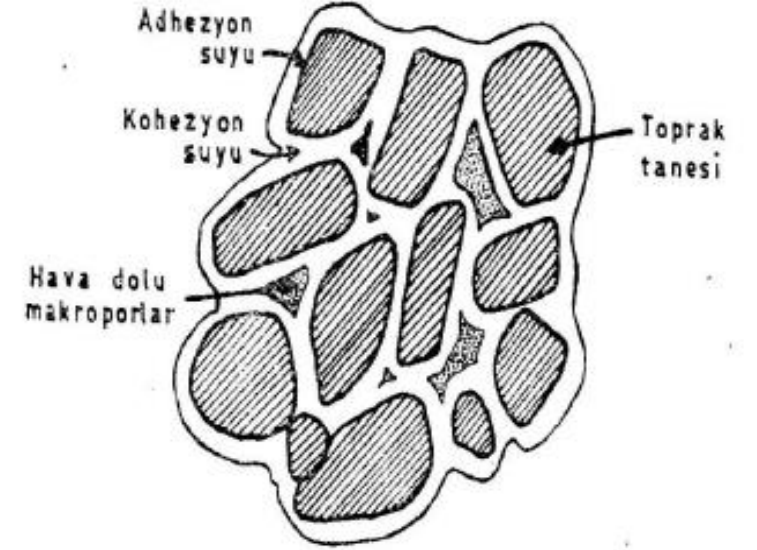


Suyun cam yüzeyli silindirde menüsküs çizgisi oluşturması

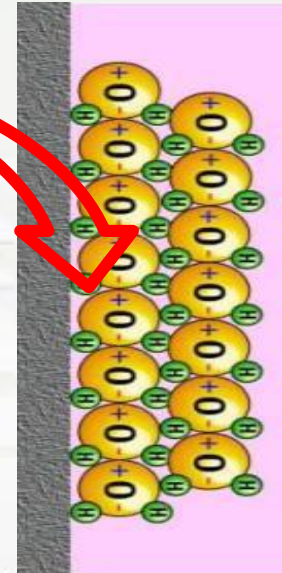
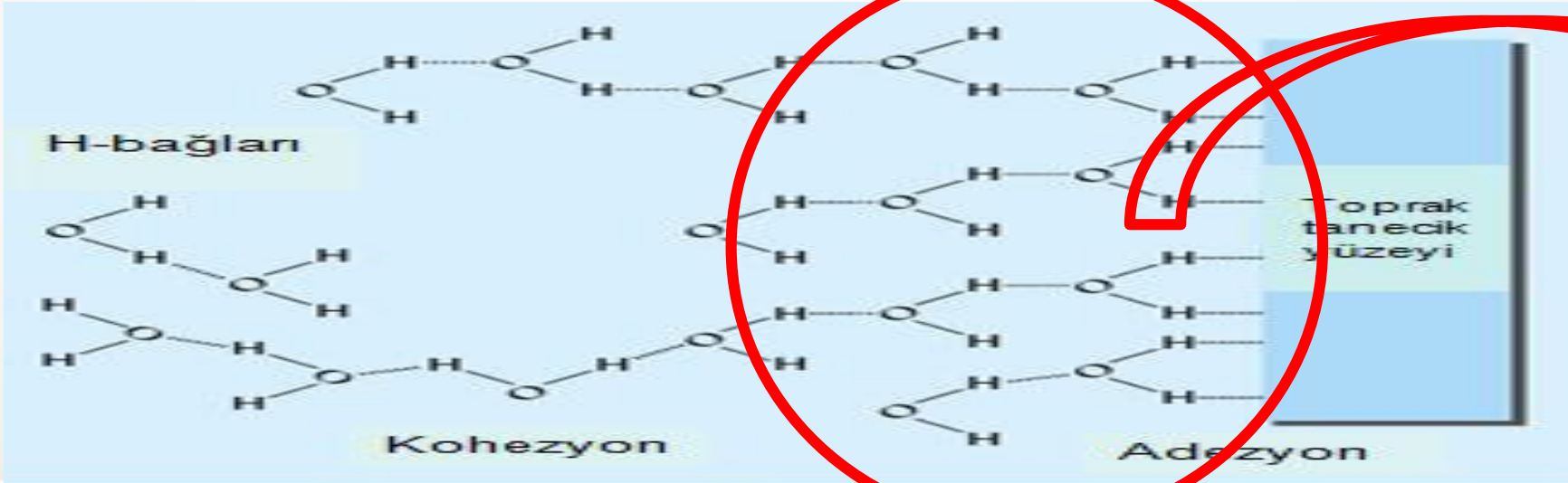


# Adezyon Suyu

- Katı toprak yüzeylerinin su moleküllerini çekme kuvvetine Adezyon denir (toprak taneciklerinin çekimi).
- Adezyon suyunun ilk birkaç molekül sırası 10000 atm basınca varan bir emme gücü ile çekilir.



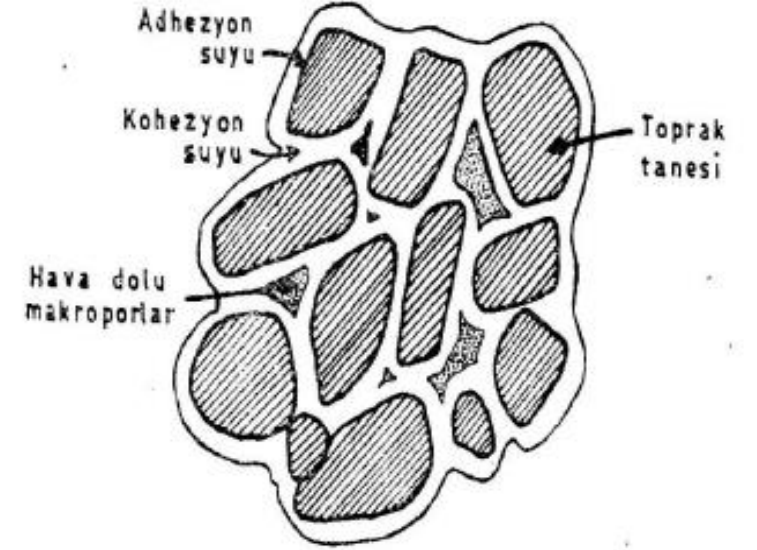
Şekil 4.1: Toprak tanecikleri ile adezyon ve kohezyon sularını gösteren şematik çizim (Foth ve Turk 1972).



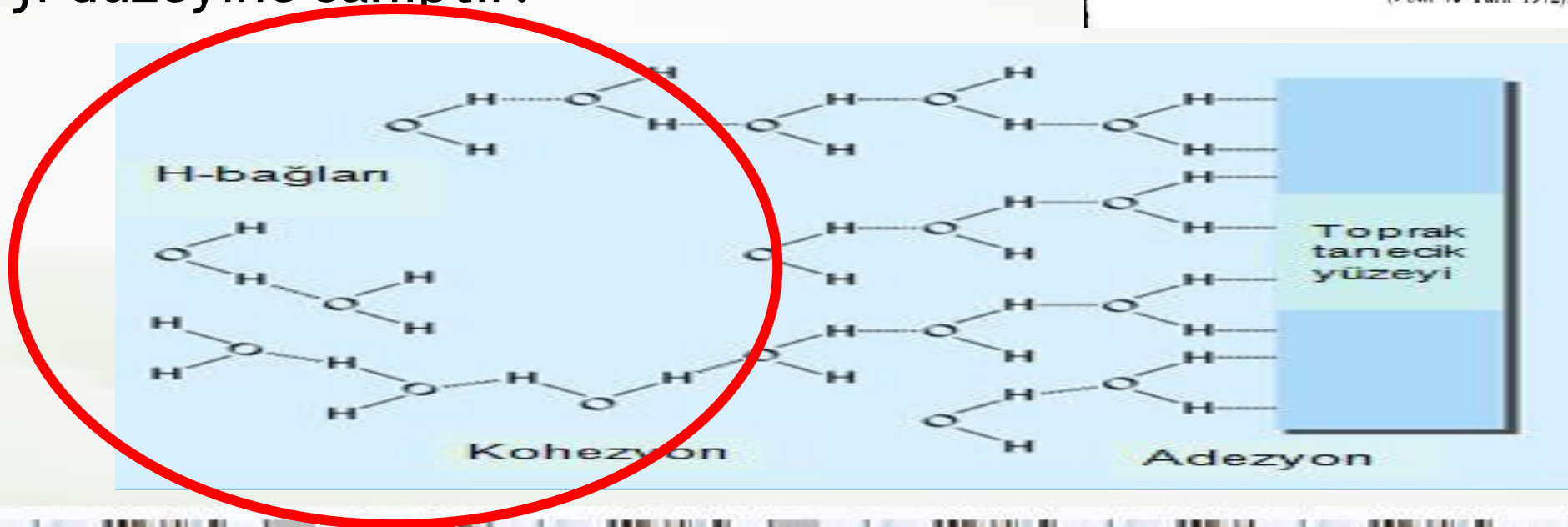


# Kohezyon Suyu

- Suyun dipol özelliği nedeniyle su moleküllerinin birbirini çekme kuvvetine Kohezyon denir (moleküllerinin çekimi).
- Adhezyon suyuna göre Kohezyon suyunun molekülleri daha hareketli ve daha yüksek enerji düzeyine sahiptir.

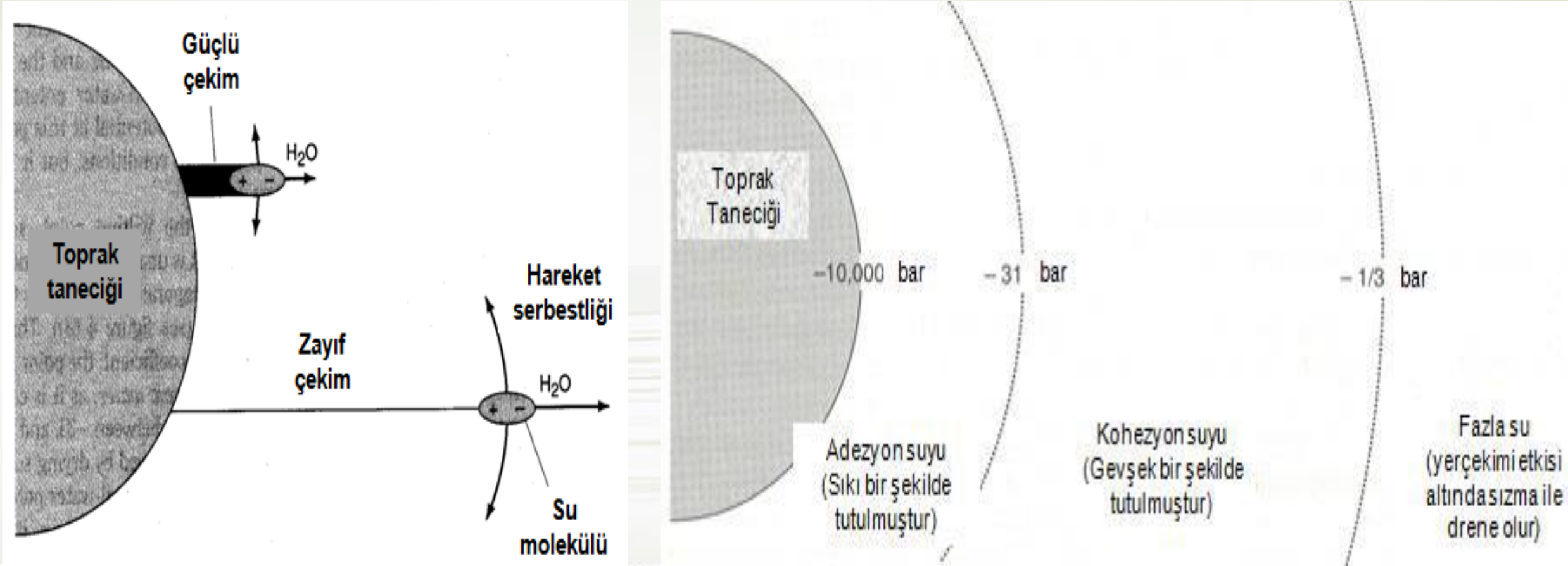


Şekil 4.1: Toprak tanecikleri ile adhezyon ve kohezyon sularını gösteren şematik çizim (Foth ve Turk 1972).



# Topraktaki Adezyon-Kohezyon

Katı yüzeyden uzaklaştıkça Adezif veya yüzeyde tutucu (adsorptif) güç hızla azalır, Kohezif güç artar.



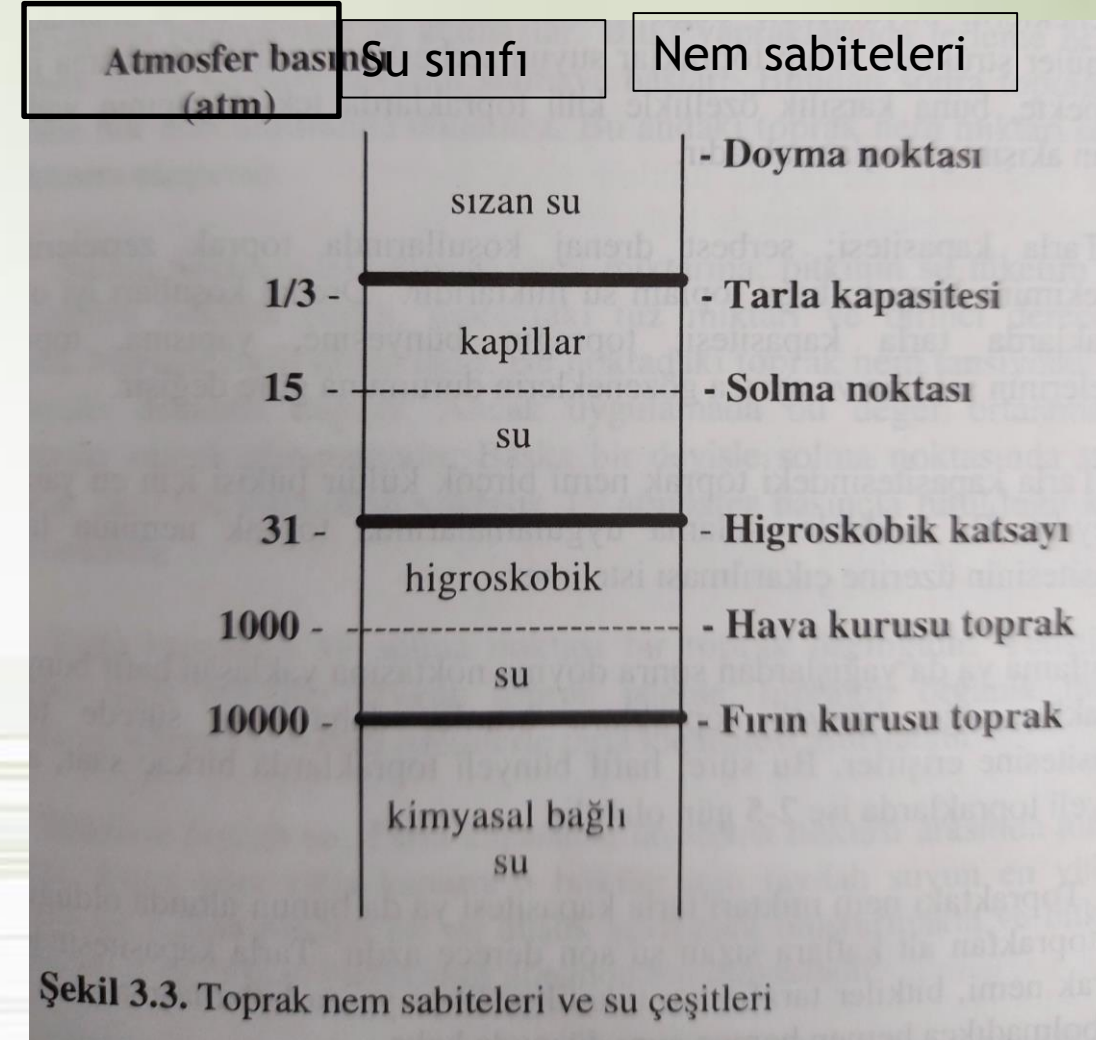
# Toprak suyunun sınıflandırılması

Suyun Topraktaki Hareketine bağlı olarak;

- Kuru bir tarla toprağına yzeyden su girişi olduğunda, bu su hızla alt katlara doğru sızar ve toprak kütlesini ıslatır. Ancak su girişinin hemen ardından toprak içindeki nem dağılımı uniform değildir. Yani, tez düze veya homojen veya eşit bir dağılım göstermez.
- Toprağın özelliklerine ve verilen suyun miktarına bağlı olarak, genellikle yerçekimi etkisiyle hareket eden suyun tamamı 2-3 gün içinde bulunduğu toprak katmanından uzaklaıtığında ve aşağı doğru olan su hareketi pratik olarak sona erdiğinde (durduğunda), topraktaki nem dağılımı hemen hemen uniform bir duruma ulaşır.
- Bu nedenle; topraktaki nem (su) farklı basınçlar altında tutulduğundan farklı sınıflarla ifade edilir.

# Toprak suyunun sınıflandırılması

- **TOPRAK SUYU SINIFLARI**
  - Yerçekimi suyu (Sızan su)
  - Kapillar su (bitki yararlanır)
  - Kapillar su (bitki yararlanamaz)
  - Higroskopik su
- Toprak suyunun sınıflandırılmasında; ölçülebilen toprak su potansiyellerine bağlı olarak belirlenen **Toprak Nem Sabiteleri**nden yararlanır. Bunlar:
  - Doygunluk (Saturasyon-Doyma Noktası)
  - Tarla kapasitesi (TK)
  - Solma noktası (SN)
  - Higroskopik katsayı
  - Hava kuru (HKT)
  - Fırın kuru (FKT) şeklinde ayrımlanır.



Şekil 3.3. Toprak nem sabiteleri ve su çeşitleri

\*Brohi vd. 1997. Toprak verimliliği Kitabı, syf. 41.



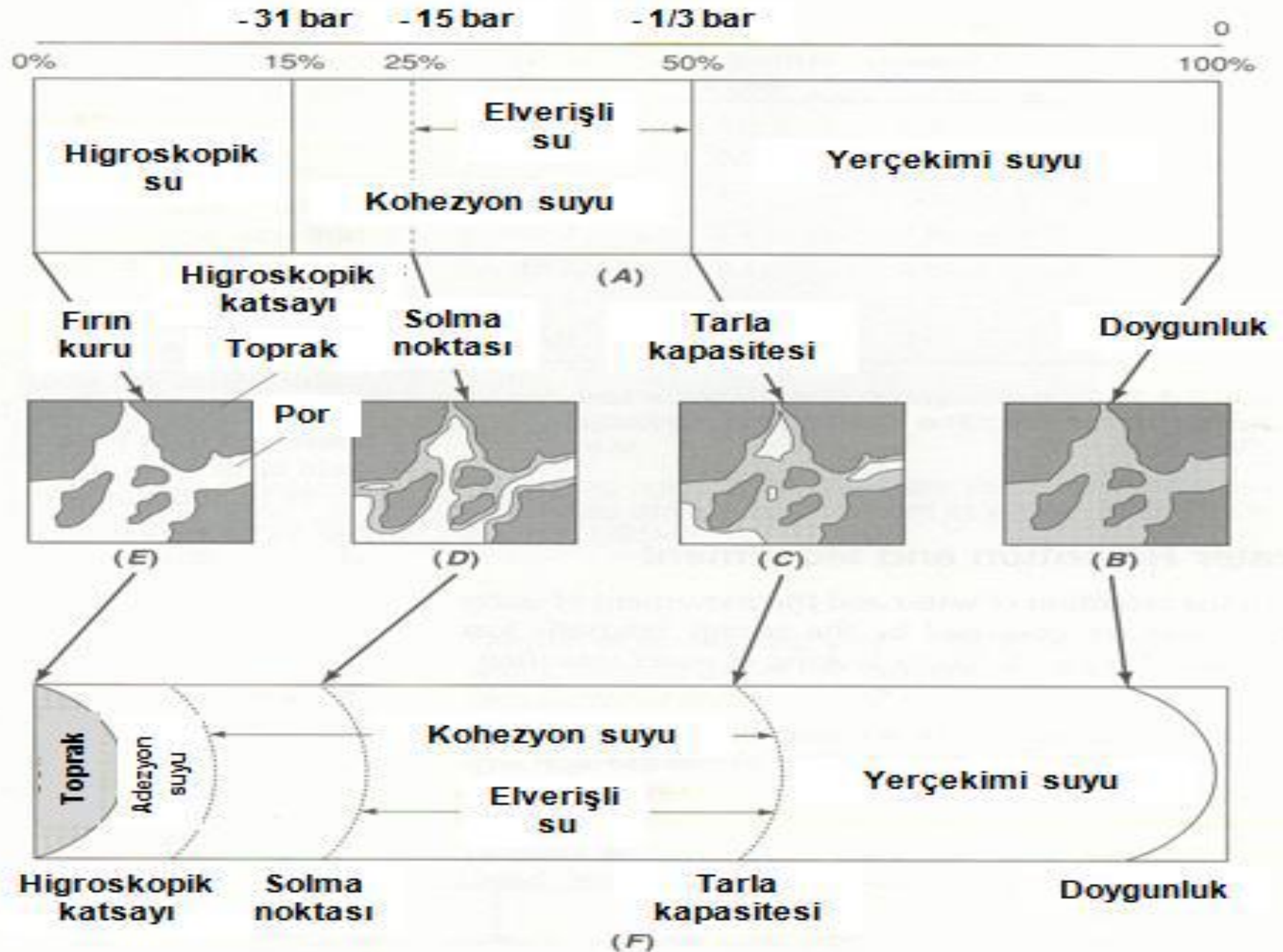
**Toprak-Su Potansiyeli**  
**Su ile dolu boşluklar %'si**

**Su türü**

**Nem sabiteleri**

**Boşluk oranı**

**Su filmleri**



# Toprak suyu nem sabitelerini tanımlayalım

## Higroskopik katsayı

- Toprağın, oda sıcaklığında ve atmosfer basıncında %98 nisbi nem içeren hava ile dengeye geldiği nem miktarının % ifadesidir. Bu noktada suyun tutulma gücü  $pF=4,5$  (31 atm)'dir.

## Hava Kuruğu (HKT)

- Laboratuvar koşullarında kurutulan toprağın içerdiği nem miktarıdır. Bu koşullarda toprağın içerdiği nem atmosferdeki neme, toprak özelliklerine ve özellikle de bünyeye göre değişim gösterebilir.

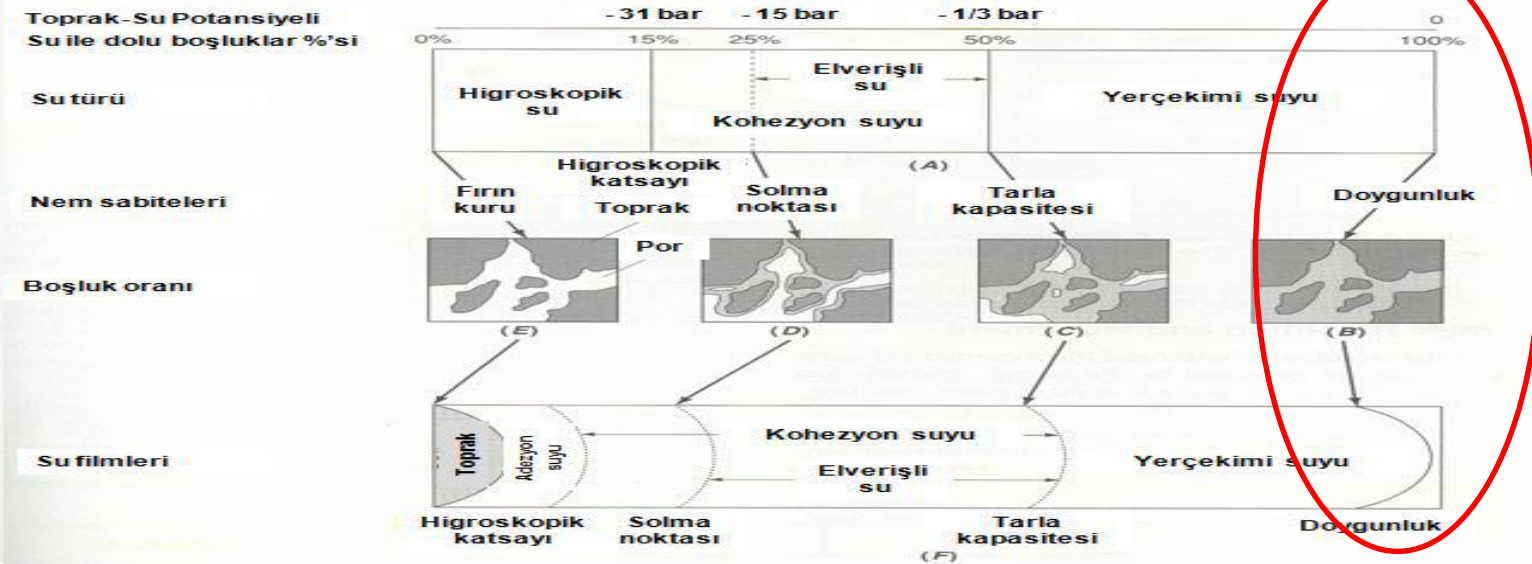
## Fırın Kuruğu (HKT)

- Etüvde 105-110 °C'de kurutulan toprak örneğinin içerdiği nem miktarına denir. Topraktaki tutulma gücü 7 pF (10.000 atm) ve üzeridir.

# Toprak suyu nem sabitelerini tanımlayalım

## Doygunluk-Saturasyon

- Belli bir birim toprakta, toplam toprak hacminde bulunan tüm boşlukların tamamen su ile dolu olma durumu olarak tanımlanır. Maksimum Su Tutma Kapasitesi olarak da ifade edilir.
- Suyun emilme/tutulma gücünün en düşük olduğu  $pF=0$  (0 atm) değerine karşılık gelir.

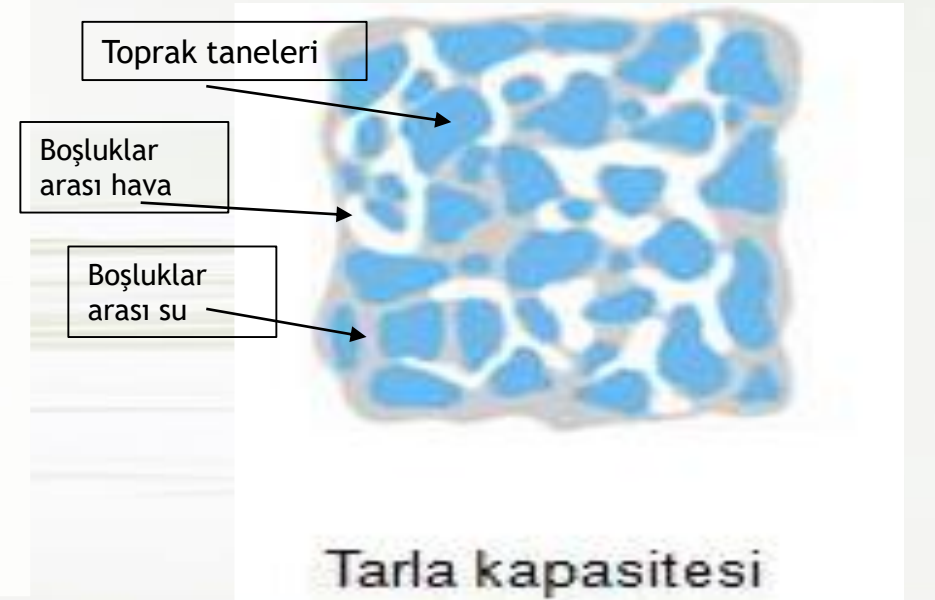
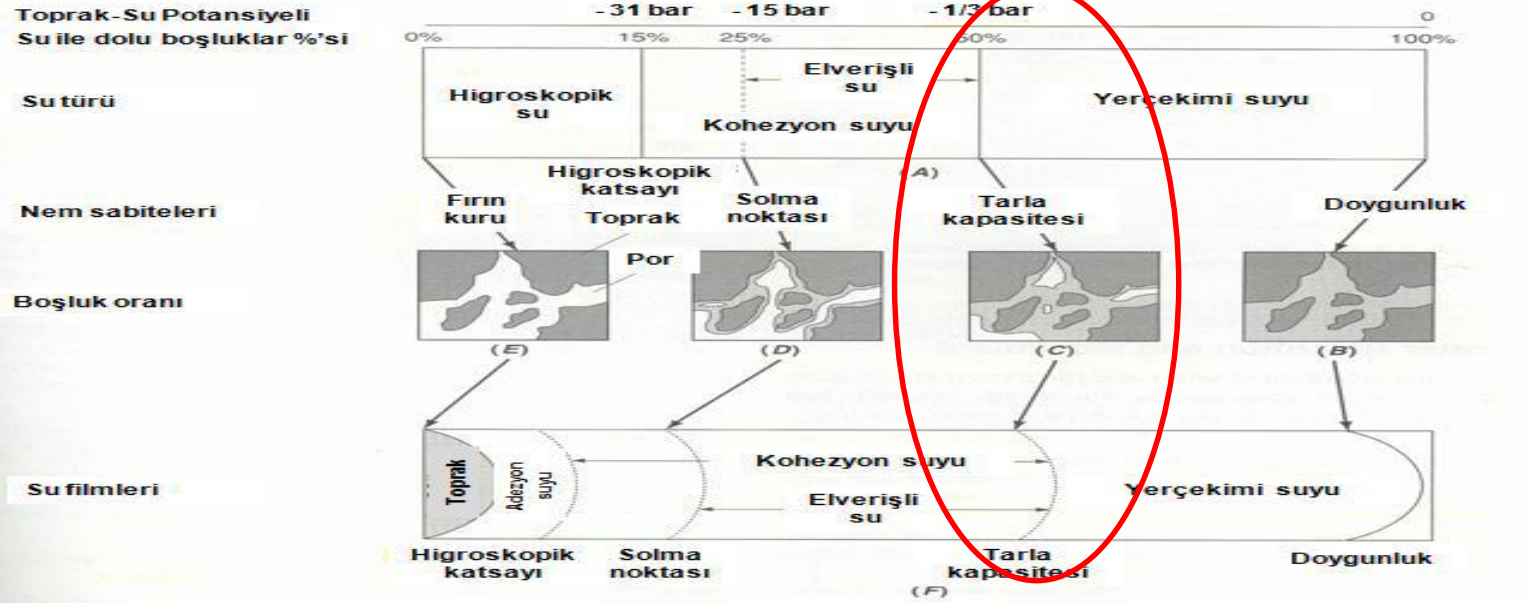
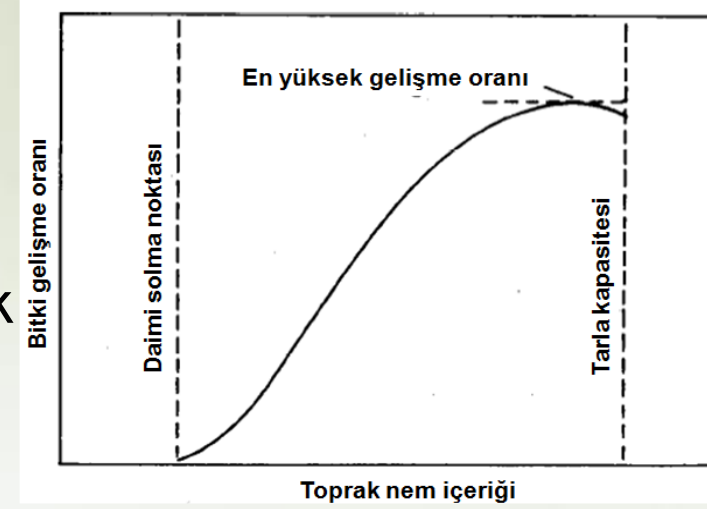




# Toprak suyu nem sabitelerini tanımlayalım

## Tarla Kapasitesi (TK)

- Su ile doygun topraktan yerçekimi etkisiyle fazla suyun alt katmanlara sızmasından sonra toprakta tutulan su miktarıdır.
- Suyun emilme/tutulma gücü  $pF=2.54$  ( $1/3$  atm) değerine karşılık gelir.
- Bitkiler için yarayışlı olan toprak suyunun üst sınırındır.



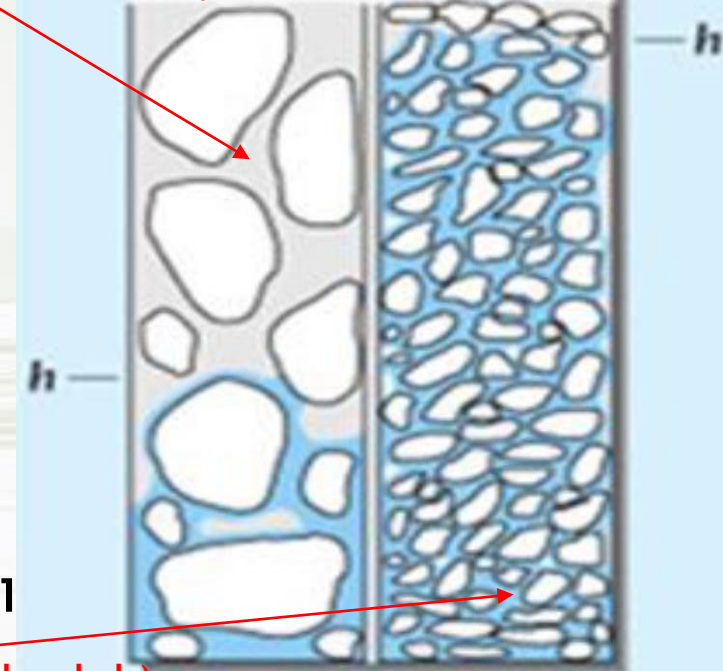


# Toprak suyu nem sabitelerini tanımlayalım

## Tarla Kapasitesi (TK)

- Toprak tekstürüne (kil kolloidleri) ve organik maddeye (organik kolloidler) bağlı olarak değişkenlik gösterir.
- Topraklardaki toplam boşluk hacmi ve boşlukların büyüklüğü etkilidir.
- Toprak tekstürü kabadan (kum) inceye (kil) doğru gidildikçe TK artar. Bunun nedeni kolloidal kil tanelerinin yüzey alanlarınının büyük olmasıdır. 2:1 genişleyebilen montmorillonit kil minerali varsa TK daha yüksektir.
- Kapillar (mikro büyüklükte) boşluklar artarsa TK artar. Kil taneleri boyutu gereği küçük olduğundan aralarında kapillar boşluklar oluşturur.
- OM arttıkça TK artar, çünkü tutulmayı sağlayan yüzey alanı artar.

Kapillar (mikro) boşluk

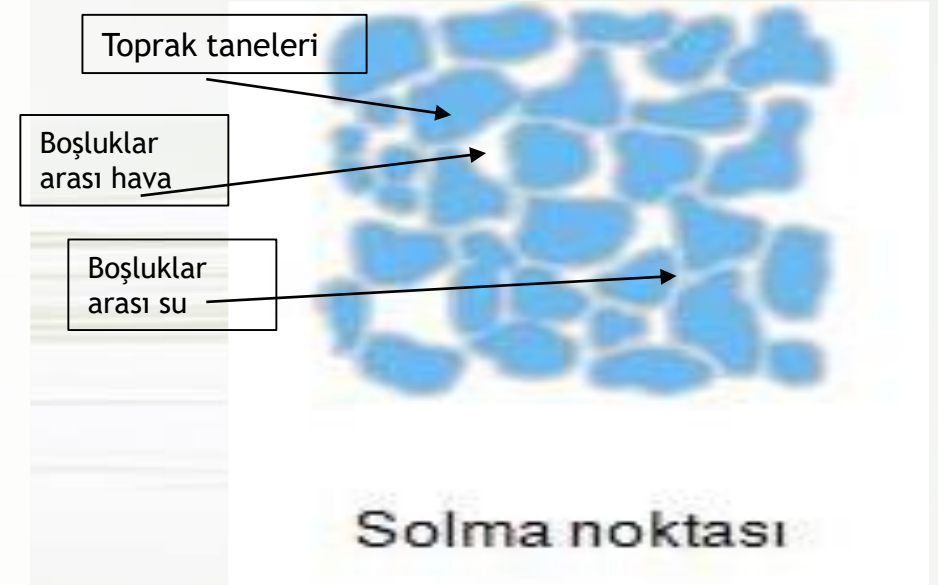
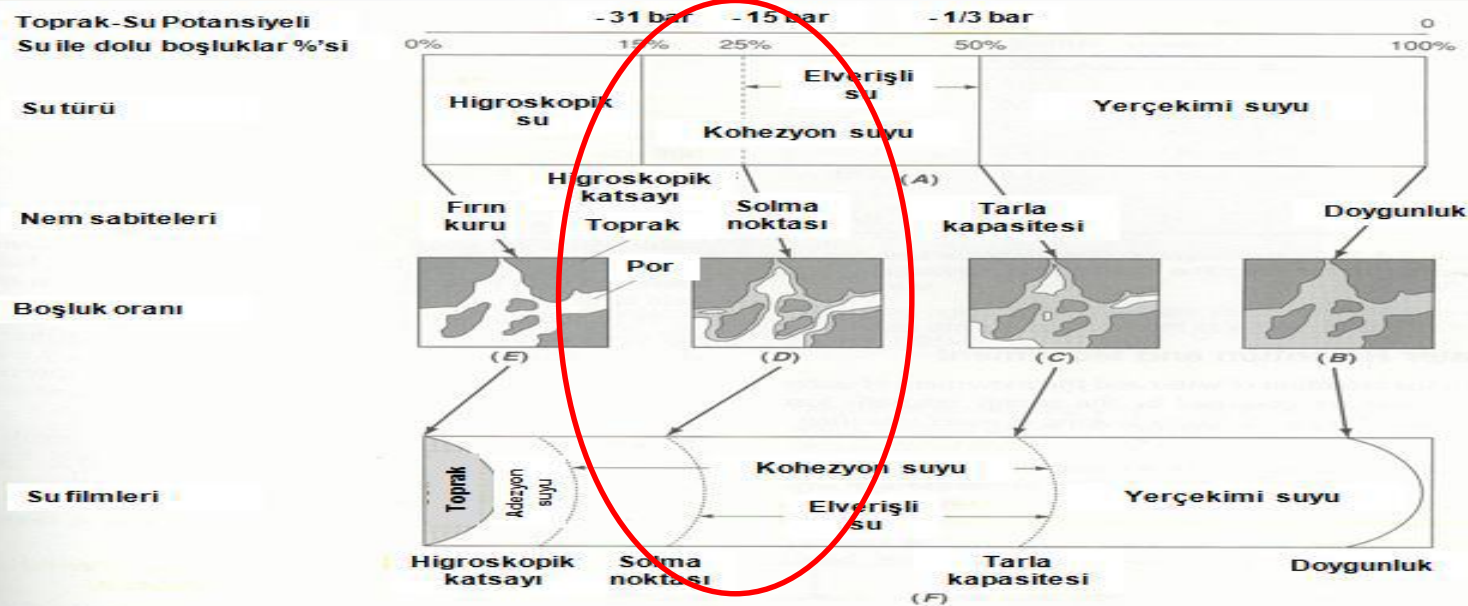


Kapillar (mikro) boşluk

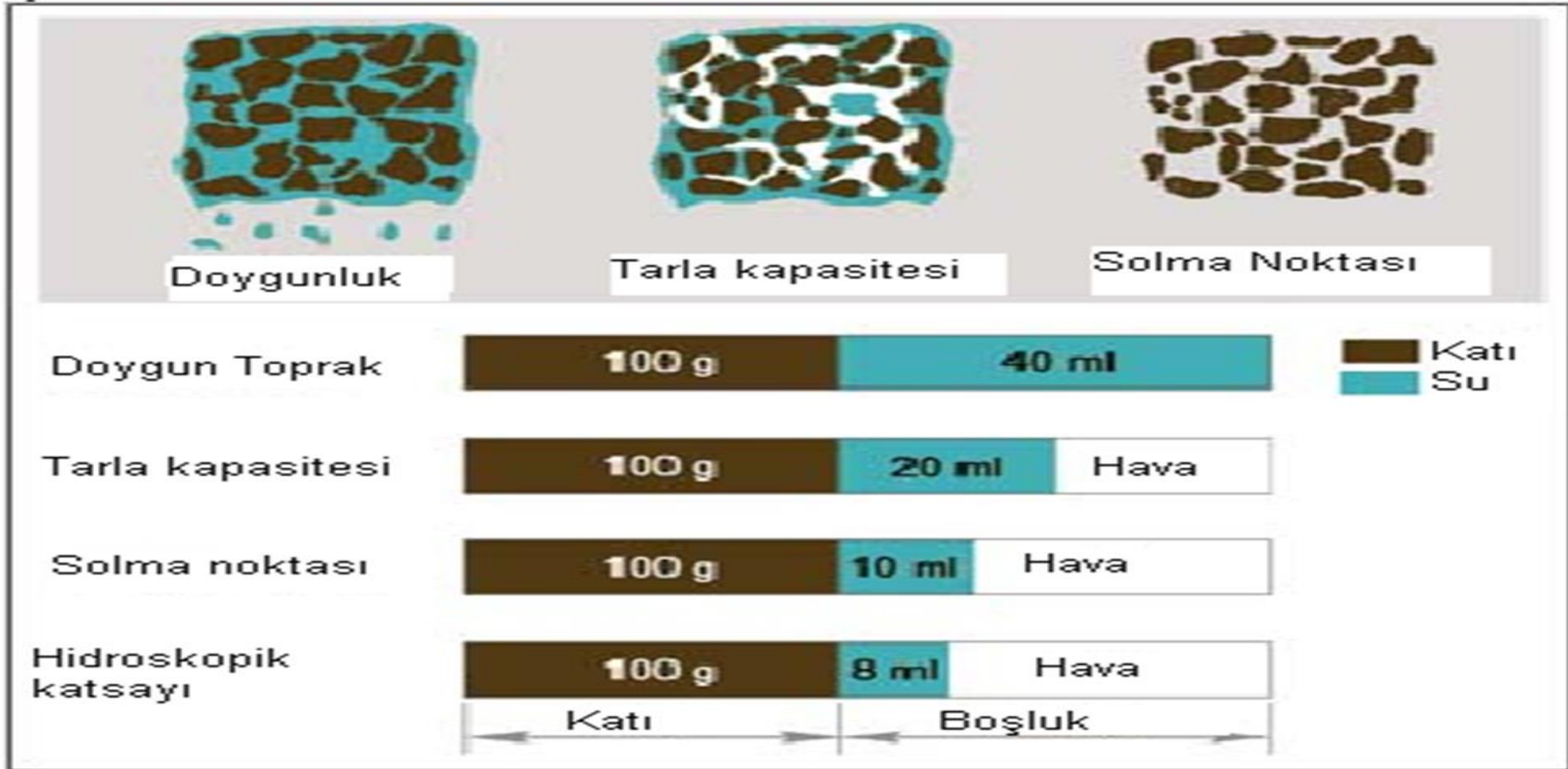
# Toprak suyu nem sabitelerini tanımlayalım

## Solma Noktası (SN)

- Bitkilerin solmaya başladığı anda toprağın içerdiği su miktarına sürekli solma noktası ya da solma noktası denir. Başka bir ifadeyle, bitkilerin toprak suyunu alamayacağı kadar kuvvetli tutulan ve/veya turgor olayını (hücrelerin su çekerek şişmesi) gerçekleştiremedikleri andaki toprağın nem durumuna solma noktası denir.
- Solma noktasındaki topraklarda suyun tutulma gücü 4,2 pF (15 atm)'dir.



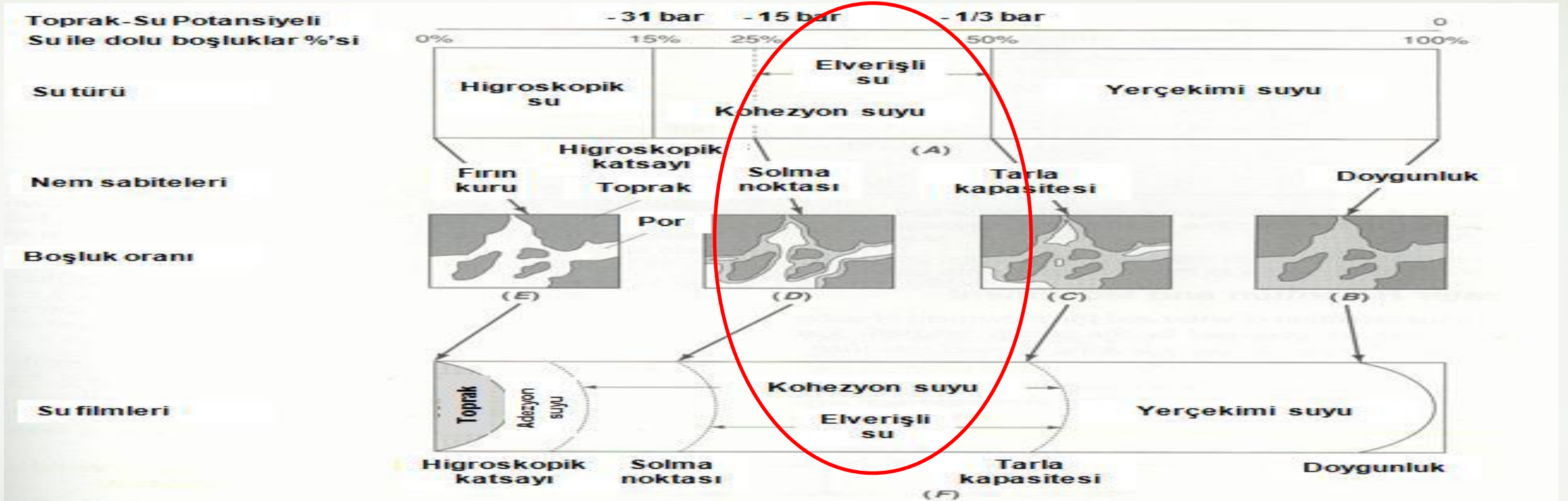
# ‘Toprağın Su İle Doygun, Tarla Kapasitesi ve Solma Noktasında Bulunduğu Koşullar’





# 'Bitkiye Yarayışlı Su' = TK (%) – SN (%)

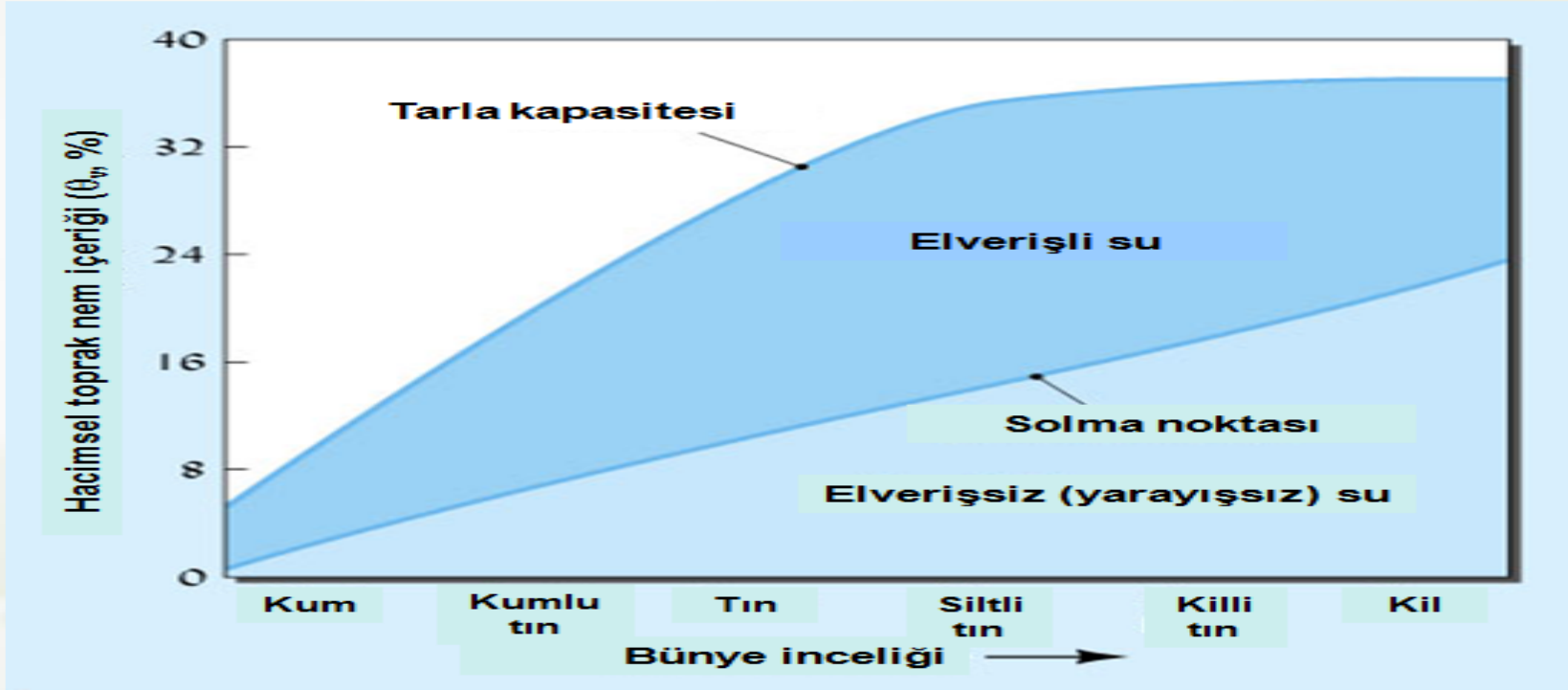
- Bitkilerin yararlanabildiği nem durumudur.
- Bitkiye yararılı su (elverişli su) toprak tekstürüne bağlı olarak toprakların TK ile SN arasında tutulabilen nem düzeyi olarak tanımlanır.
- Genellikle 0,2-10 mikron büyüklükteki (orta) boşluklarda tutulan sudur.





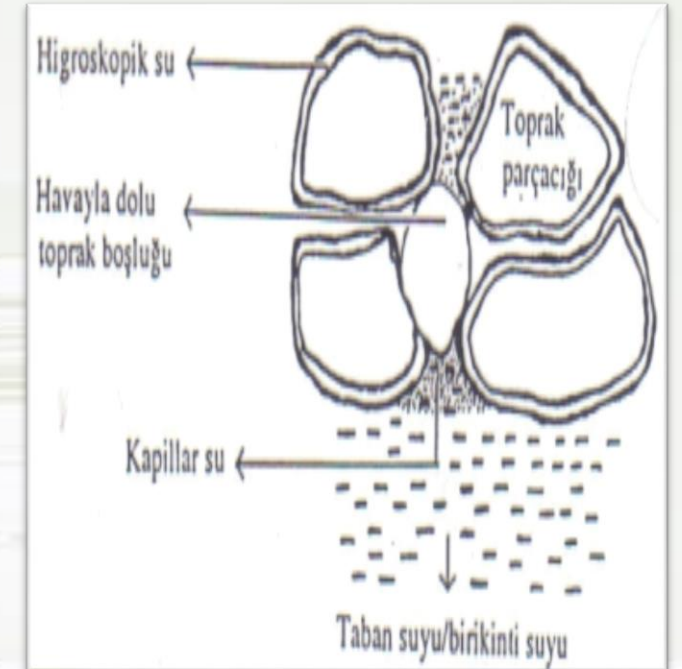
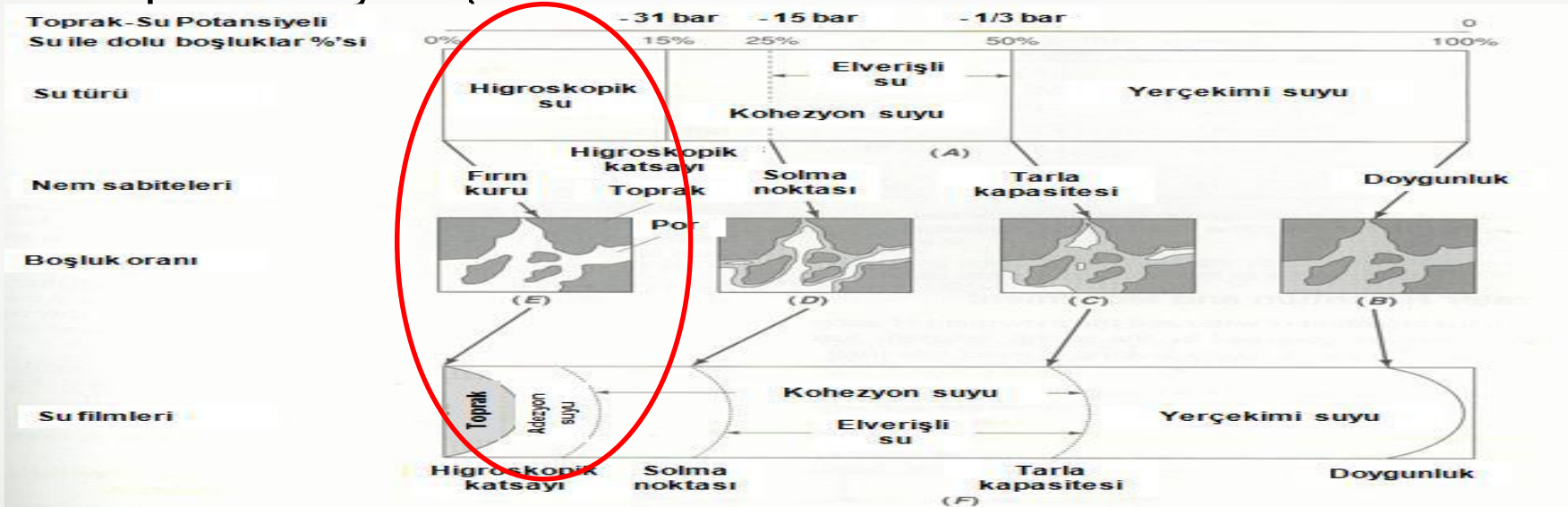
$$\text{'Bitkiye Yararılı Su'} = \text{TK (\%)} - \text{SN (\%)}$$

*Tarla kapasitesi ve solma noktasında; toprağın nem içeriği kil bünyeli topraklarda en yüksek değerde olmasına karşın, yararılı su içeriği tın bünyeli topraklarda en yüksek değerdedir.* Bunun nedeni, kil bünyeli topraklarda tarla kapasitesi değerinin yüksek olması yanında, solma noktası değerinin de yüksek oluşudur.



# Toprak suyu sınıfları - Hidroskopik Su

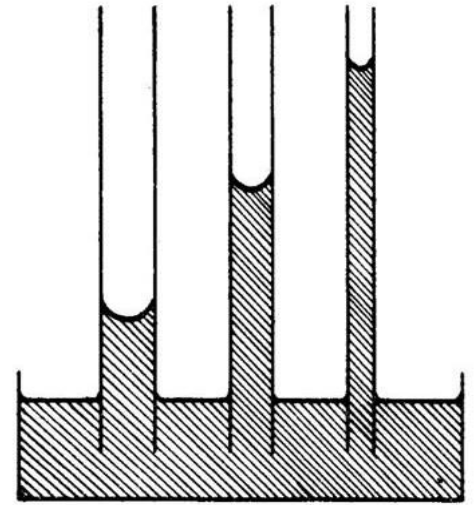
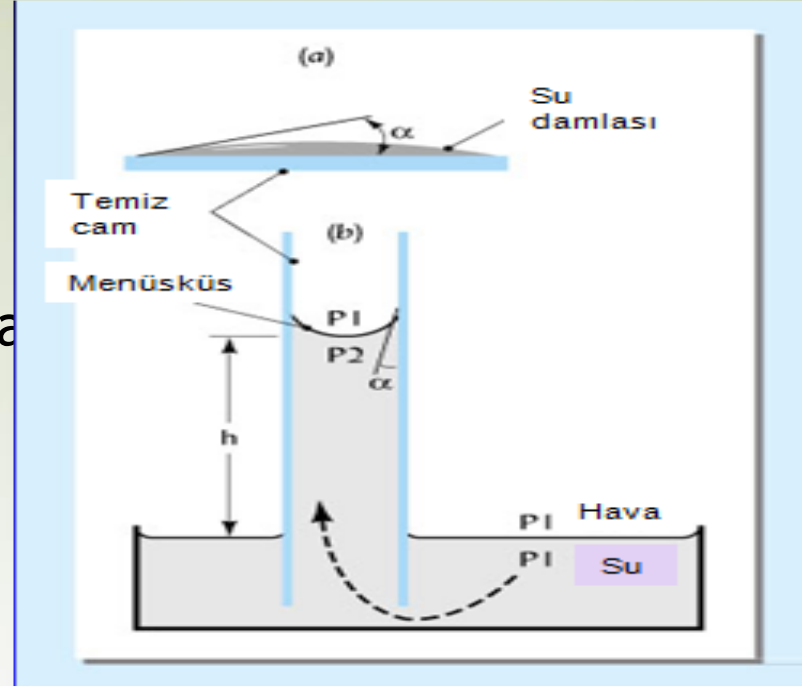
- Toprak kolloid yüzeylerinde 31 atm-10000 atm basınç ile tutulan sudur (4.5-7 pF'den yüksek).
- Toprak taneciklerinin atmosferdeki su buharından tuttıkları sudur.
- Su; sıvı durumu ve akışkanlığı olmadığından bitkilere faydalı değildir.
- Topraktan uzaklaştırmak için 105 °C de 24 saat ısıtılmalıdır (Topraklarda nem tayini yapılarak tespit edilir: Gravimetrik yöntem).
- Toprak bünyesi çok etkilidir.



# Toprak suyu sınıfları - Kapillar su

## Kapillarite - Kapillar Yükselme

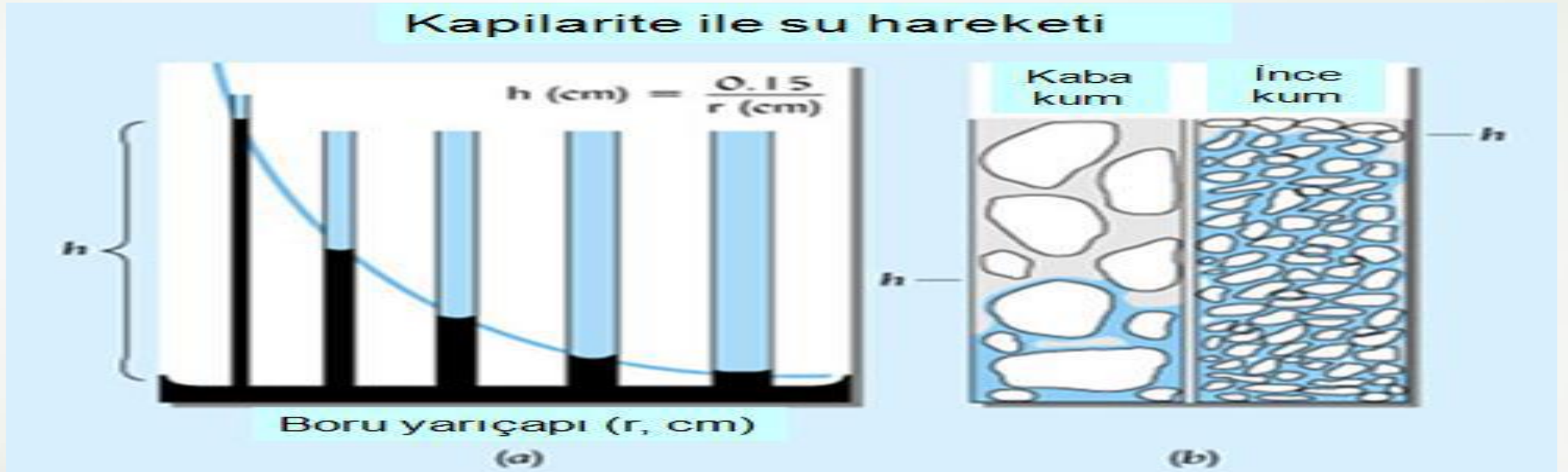
- Kapilla' latince kökenli bir ifadedir, 'kıl' veya 'saç' anlamına gelir.
- Düşey doğrultudaki kapillar boru su dolu bir kaba batırıldığında suyun kapillar boru içinde belli bir düzeye kadar yükseldiği görülür
- Bu olayın sebebi, kapillar borunun iç yüzeyi ile su molekülleri arasındaki adhezyon kuvvetidir.
- Kapillar boru içinde suyu yukarı doğru çeken kuvvet ile aşağı doğru çeken kuvvetin dengelendiği noktaya kadar yükselme devam eder.
- Suyu yukarı çeken kuvvet, su yüzeyinin gerilimidir. Aşağı çeken ana kuvvet ise yer çekimi gücüdür.
- Boru çapına bağlı olarak kapillar yükselme değişkenlik gösterir.



Şekil 4.2: Kapillar borunun çapı ile kapillar yükselişin miktarı arasındaki ilişkinin şematik gösterimi.

# Toprak suyu sınıfları - Kapillar su

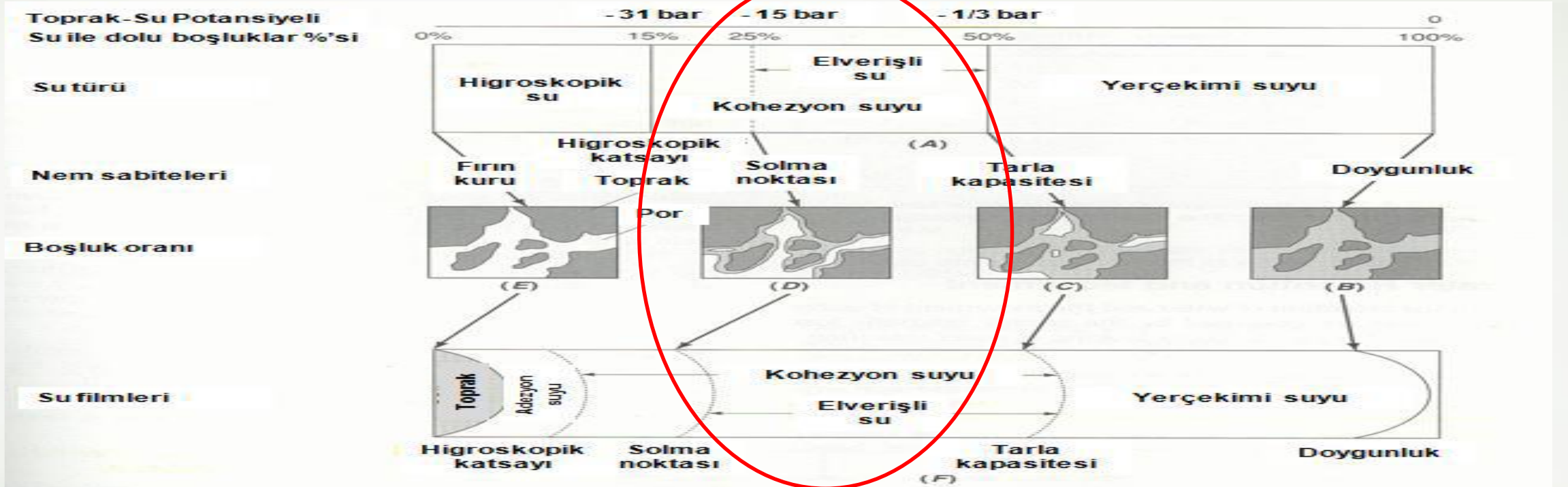
- Toprak katı yüzeylerinde de aynı prensip söz konusudur.
- Topraklar açısından Kapillar suyun tanımı şöyledir: Gravitasyon veya yerçekimi suyunun topraktan uzaklaşıp gitmesi sonucu toprakta kalan, **topraktaki küçük boşlukları** (30 mikrondan daha küçük) **işgal eden ve aşağıdan yukarı doğru hareket eden sudur.**





# Toprak suyu sınıfları - Kapillar su

- Toprak kolloidlerinin adhezyon ve kohezyon kuvvetleri ile 1/3 atm (2.54 pF) - 31 atm (4.5 pF) basınç arasında tutulan sudur.
- Bitkiler pF 2.54-4.2 aralığındaki kapillar sudan yararlanabilir (dış kapillar su) ama pF 4.2-4.5 aralığındaki kapillar sudan yararlanamaz (iç kapillar su).

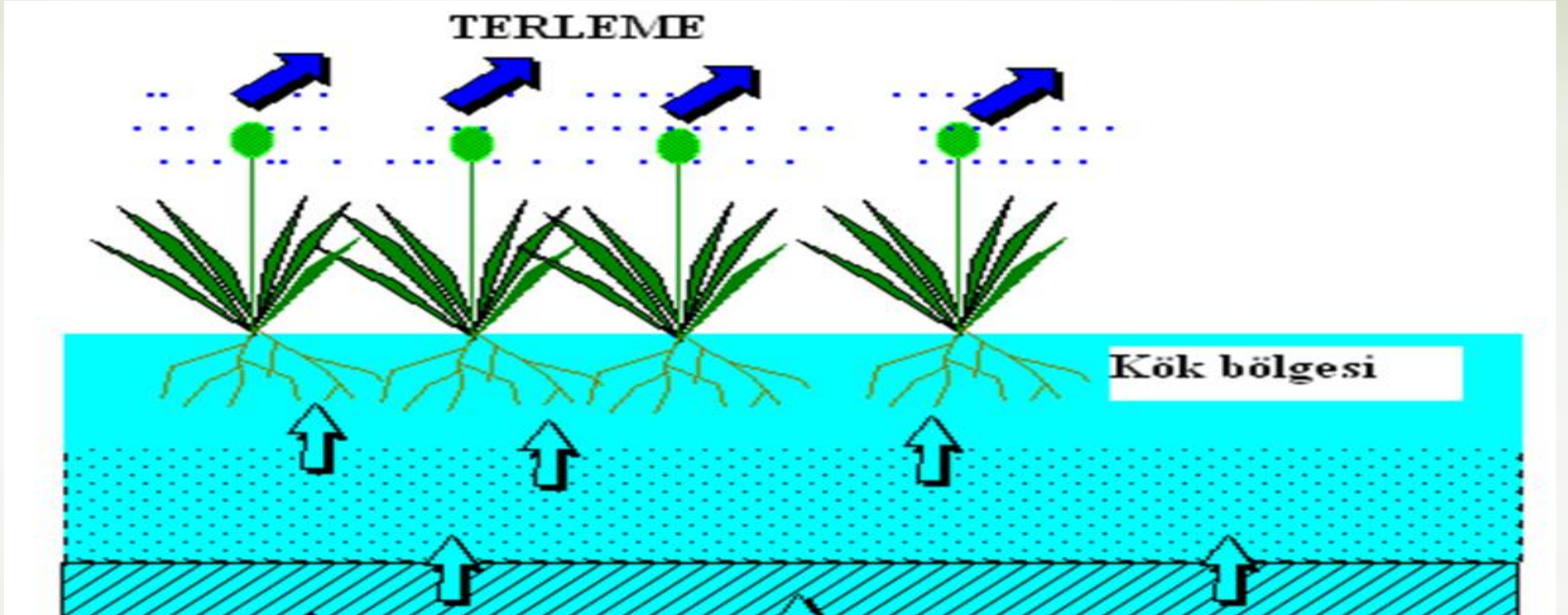


# Toprak suyu sınıfları - Kapillar su

- Kapillar suya etki eden etmenler;
  - Su filminin yüzey gerilimi (adhezyon-kohezyon)
    - Sıcaklık
    - Sudaki iyon derişimi
  - Toprak bünyesi; Bir toprak ne kadar ince bünyeli ise kapillar boşluk miktarı o kadar fazla olmaktadır.
  - Toprak yapısı (strüktürü)
  - Organik madde miktarı

# Toprak suyu sınıfları - Kapillar su

- Toprak tekstürüne bağlı olarak kapillar hareket (düşey, yukarı)

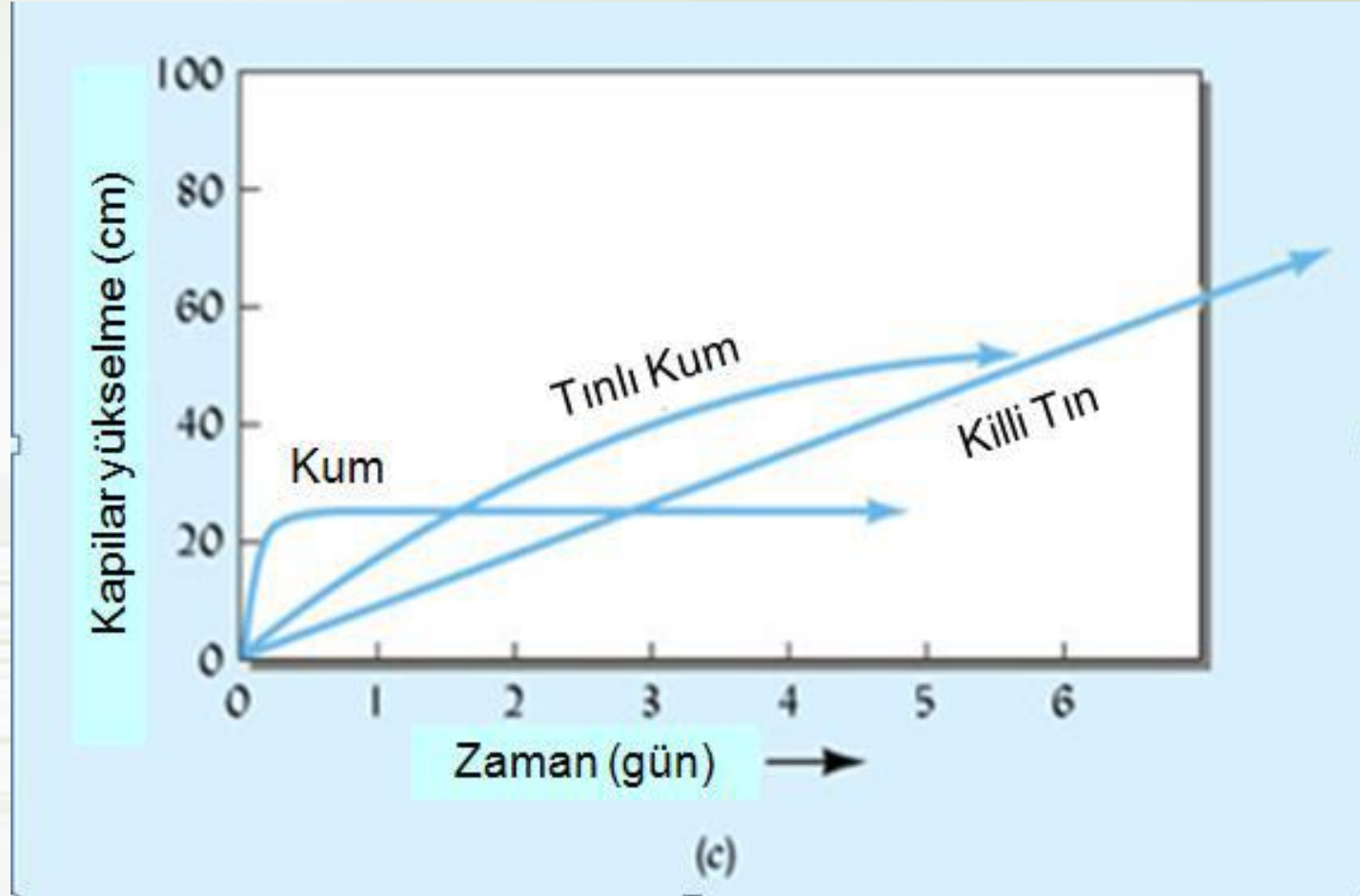




# Toprak suyu sınıfları - Kapillar su

- Toprak tekstürüne bağlı olarak kapillar yükselme

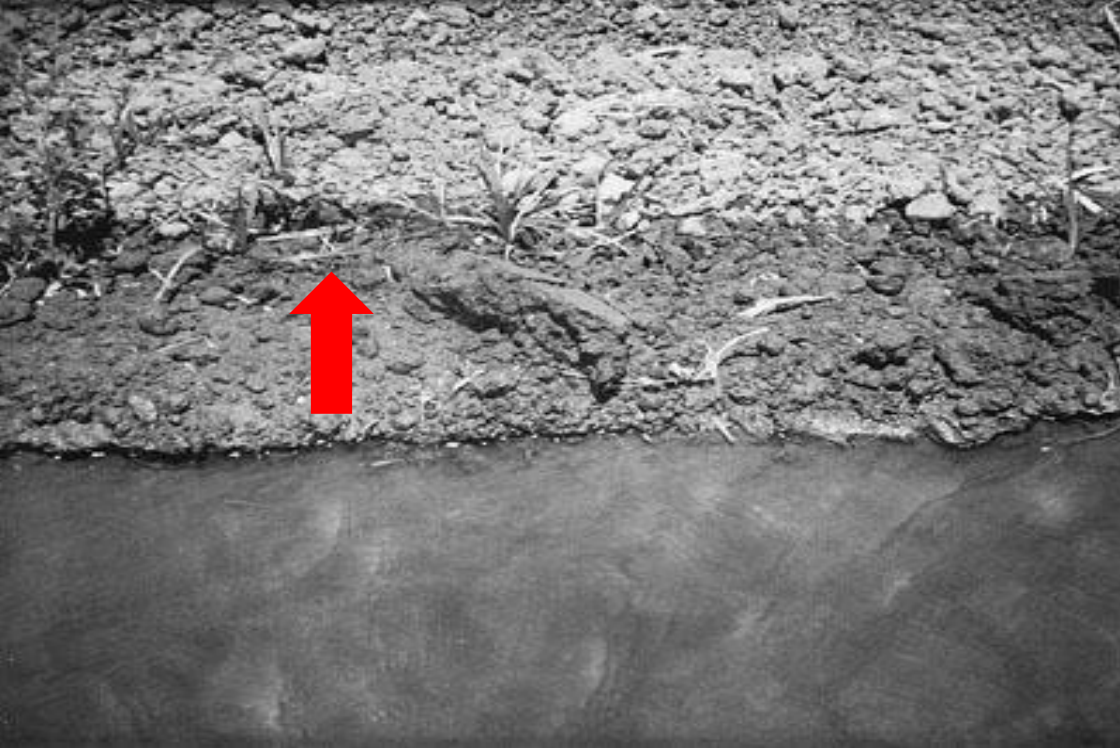
- Kum bünyeli topraklarda kapillar yükseliş hızlı, kil bünyeli topraklarda ise daha yavaştır.
- Aynı zaman diliminde, Kapillar su yüksekliği; kumlu toprakta az, killi toprakta orta, tınlı toprakta ise en yüksek olur. Ancak zaman geçtikçe killi topraktaki kapillar su yüksekliği tınlı topraktakini geçer.





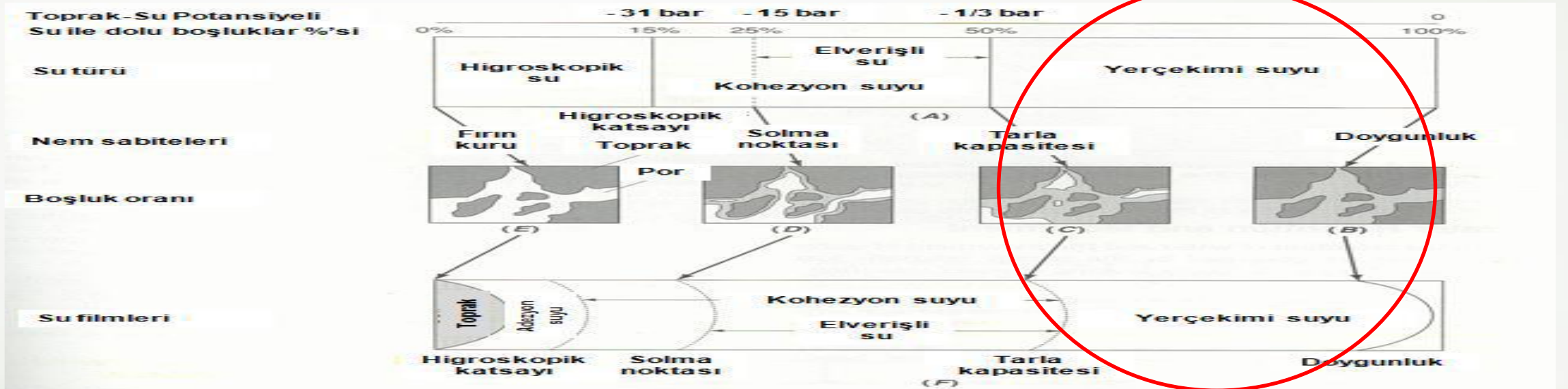
# Toprak suyu sınıfları - Kapillar su

- Sulama karığından suyun karık tepsine kapilarite ile hareketi (sol foto); saç tarafta ise yine suyun yatay hareketi görülmektedir.



# Toprak suyu sınıfları - Sızan Su=Yerçekimi Suyu Suyu=Yerçekimine bağlı Gravitasyon Suyu

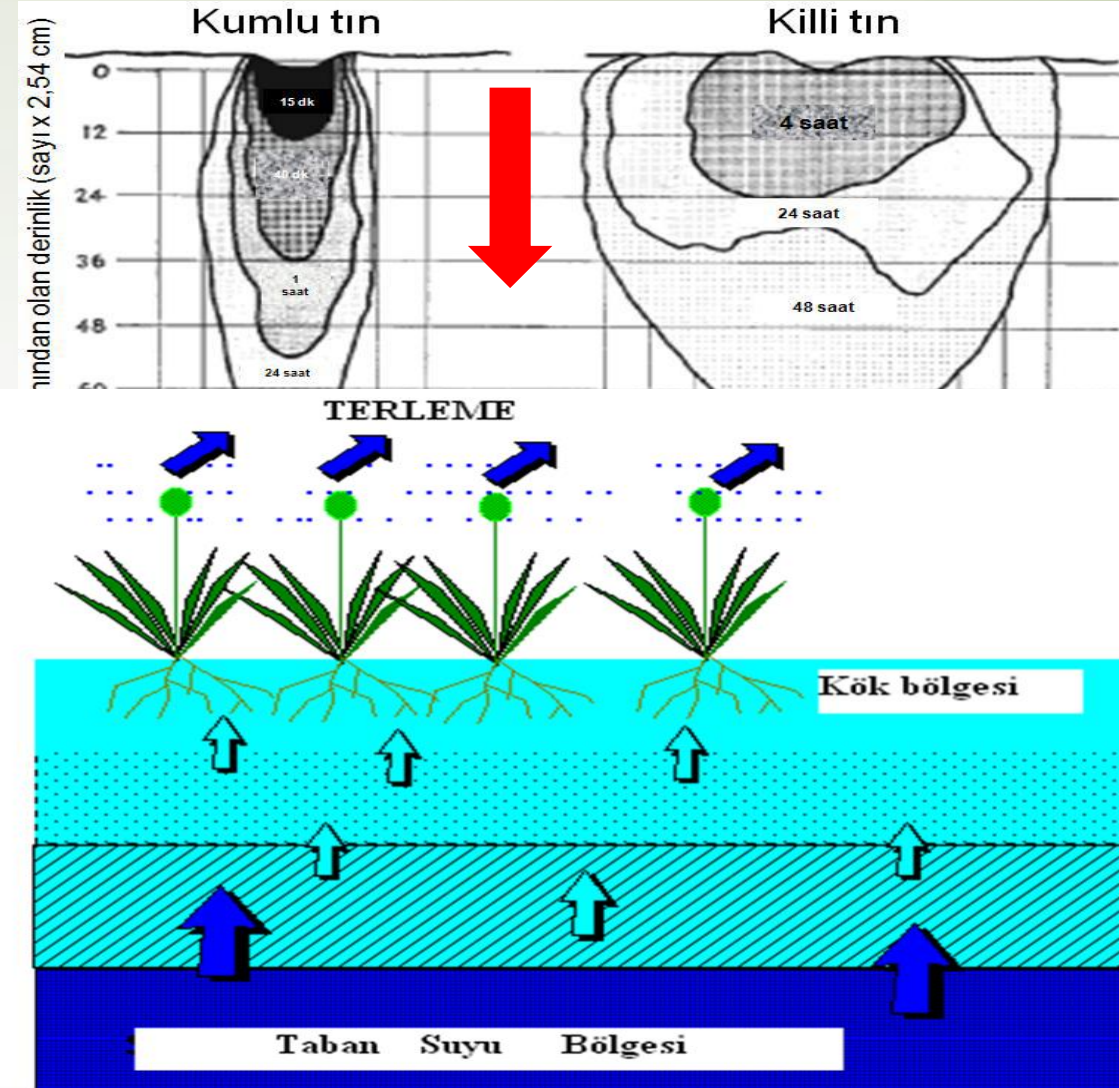
- Bitkiye yarayışsız sudur.
- Toprak tarafından 1/3 atm (2,54 pF) den daha düşük basınç/güç ile tutulan sudur.
- Toprak bünyesi ve yapısı etkilidir.
- Büyük boşlukların içinde yerçekiminin etkisinde hareket eden sudur.





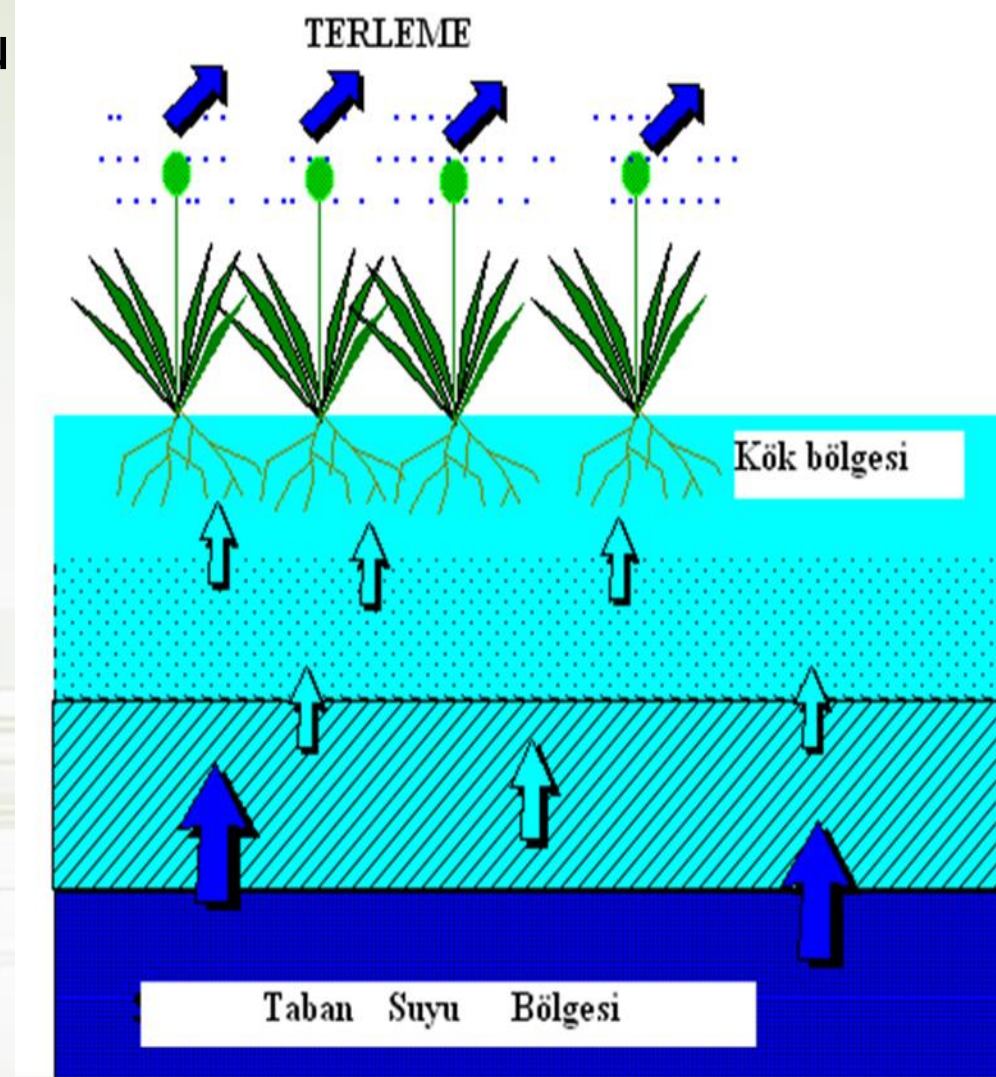
# Toprak suyu sınıfları - Sızan Su=Yerçekimi Suyu=Yerçekimine bağlı Gravitasyon Suyu

- Topraktaki su miktarı TK'ni aştığında bu kapasitenin üzerindeki fazla su, yerçekimi etkisiyle toprak içinde aşağı doğru hareket eder ve SIZAN SU olarak tanımlanır.
- Geçirgen bir toprakta, sızan suyun alt katlara doğru hareketi sonucunda topraktan uzaklaştığı halde, su geçirimsiz bir katmanla karşılaştığında yukarıdan gelen su bu geçirimsiz katman üzerinde birikebilmektedir.
- Bu nedenle, taban suyunun yükselmesine neden olur.



# Toprak suyu sınıfları - Sızan Su=Yerçekimi Suyu=Yerçekimine bağlı Gravitasyon Suyu

- Eğer, kaliteli ve iyi özellikte bir taban suyu oluşumu söz konusu ise bu sudan bitkilerin yararlanması gerçekleşebilir. Yeraltı suları veya taban sularına ulaşan **gravitasyon suyu** alt toprak katmanlarında kapillar su haline dönüşebilir.
- Fakat; üst katmanlardan gelen suyun akışı devam ederse geçirimsiz katman üzerinde biriken suyun miktarı artar ve toprak boşlukları tamamen suyla dolu olan bir toprak katmanı ortaya çıkar.
- Bu durumda, tabanda biriken su düzeyinin sürekli yükselmesi veya bitki kök bölgesine yakın olması bitki yetiştirmeyi engelleyeceğinden bu taban suyu düzeyinin **yapay drenaj yolları ile** daha aşağılara çekilmesi gerekir (Drenaj Sorunu).





# Toprak Neminin Ölçülmesi

## Ağırlıksal (Gravimetrik)

- Kütlesel su içeriği ölçülür ( $\rho_m$ )
- Arazi örnekleri alınır  $\square$  tartılır  $\square$  kurutulur (24h, 105oC)  $\square$  yeniden tartılır
- Avantajları: doğru; birçok yerden alınan örnekler ile ölçüm yapılabilir
- Dezavantajları: iş gücü; zamansal gecikme

## His etme ve görünüm

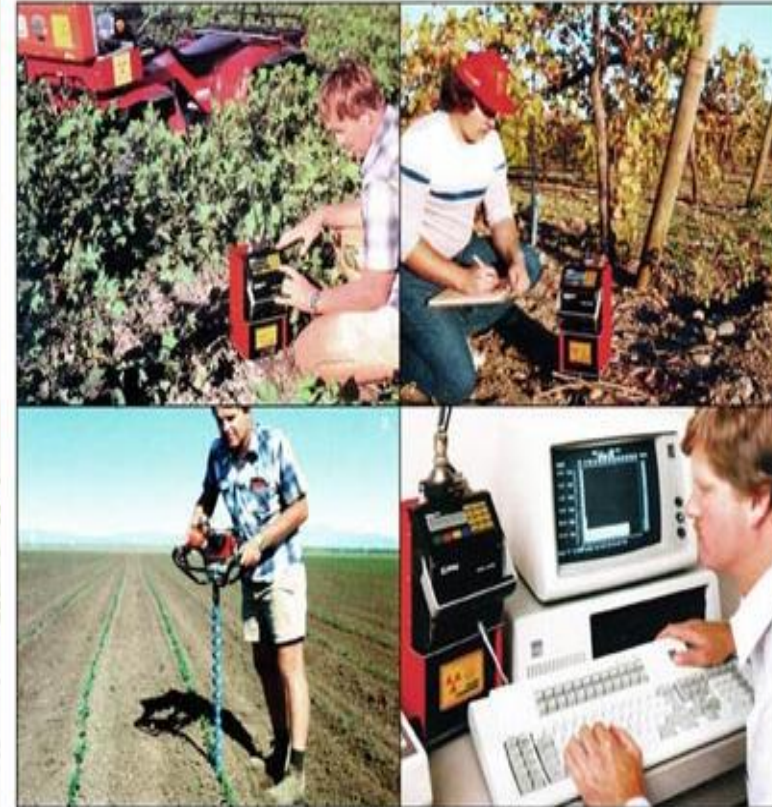
- Toprak örneği alınır ve el ile nem hissedilmeye çalışılır
- Avantajları: düşük maliyet; birçok yerden alınan örnekler ile ölçüm yapılabilir
- Dezavantajları: deneyim gerektirir; çok doğru değildir

# Toprak Neminin Ölçülmesi

## Nötron saçılması yöntemi (nötron yavaşlaması)

- Hacimsel nem içeriğini ölçer ( $\square v$ )
- Hidrojen atom çekirdekleri ile yüksek enerjili nötronların zayıflatılması
- Avantajları: görece olarak daha büyük bir toprak alanını örnekler
- devamlı olarak aynı sahadan birçok farklı derinlikten ölçüm alınabilir
- doğru-kesin (hassas ve güvenilir)

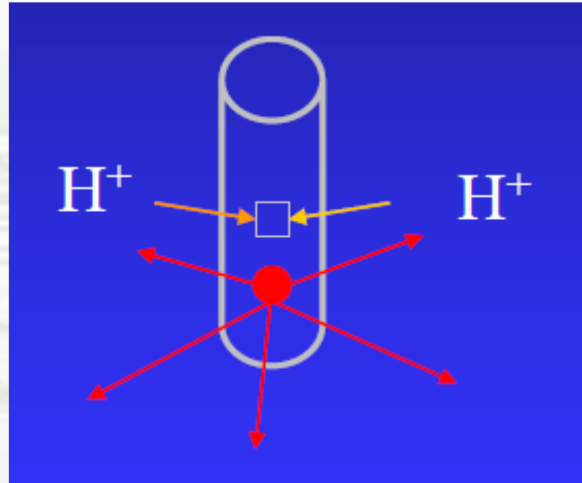
Nötron-prob



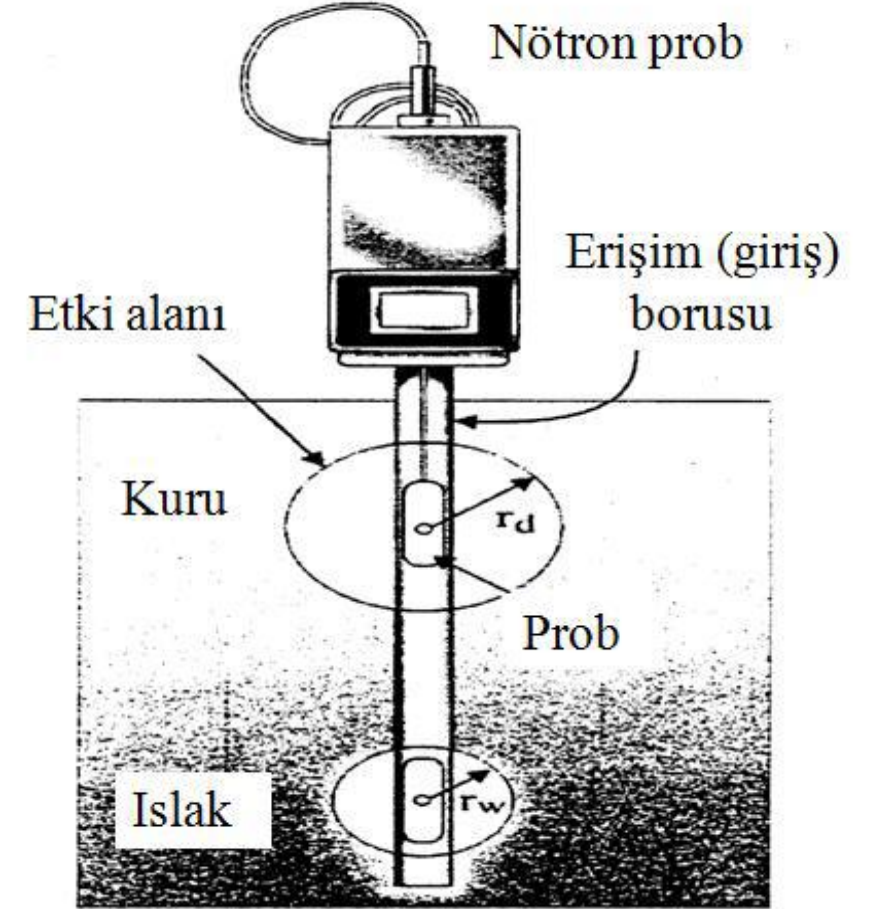
# Toprak Neminin Ölçülmesi

## Nötron saçılması yöntemi (nötron yavaşlaması)

- Dezavantajları:
- yüksek maliyetli ölçüm aleti
- radyo-aktif lisans ve güvenlik gerekliliği
- toprak yüzeyine yakın sığ ölçümler için güvenilir değildir



Hızlı nötron kaynağı: radyum + berilyum



# Toprak Neminin Ölçülmesi

## Dielektrik katsayısı (Yalıtkanlık sabiti)

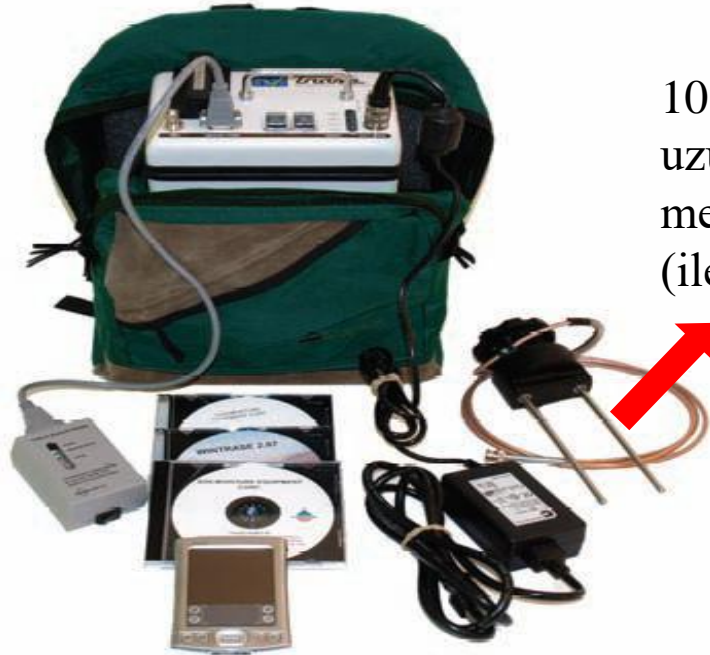
- Bir toprağın yalıtkanlığı toprak nemine bağı olarak değişiklik göstermektedir
- Öncelikli olarak araştırma amaçlı kullanılmaktadırlar.
- Sıklıkla kullanılan iki ölçüm cihazı bulunmaktadır:
  - Zaman ayarlı yansıma ölçümü [Time domain reflectometry (**TDR**)] ( $\square v$ )
  - Frekans bazlı yansıma ölçümü [Frequency domain reflectometry (**FDR**)] ( $\square v$ )



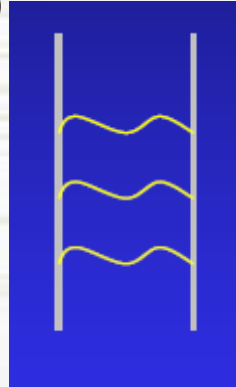
# Toprak Neminin Ölçülmesi

## Dielektrik katsayısı (Yalıtkanlık sabiti)

- **TDR** (Dalga yayılım zamanı): Taşıma (iletim) hattı boyunca elektrik dalgalarının yayılım zamanının belirlenmesi esasına dayanır.



10 – 30 cm  
uzunluğunda iki  
metal çubuk  
(iletim hattı)



# Toprak Neminin Ölçülmesi

## Dielektrik katsayısı (Yalıtkanlık sabiti)

- **FDR** (Dalga yansıma sıklığı): Elektromanyetik dalgaların üretilmesi ve dişler aracılığı ile toprakta yayılması ve bu dalgaların toprak tarafından tekrar dişlere yansıtılma sıklığının değerlendirilmesi esasına göre çalışmaktadır.



Dalga yayıcı dişler

# Toprak Neminin Ölçülmesi

## Tansiyometreler

- Toprak nemi azaldığında, toprak tansiyometreden su almaya başlar; tansiyometredeki su yüksekliğinde veya hidrostatik basıncınca düşme meydana gelir. Bu basınç bir manometre ile ölçülür.

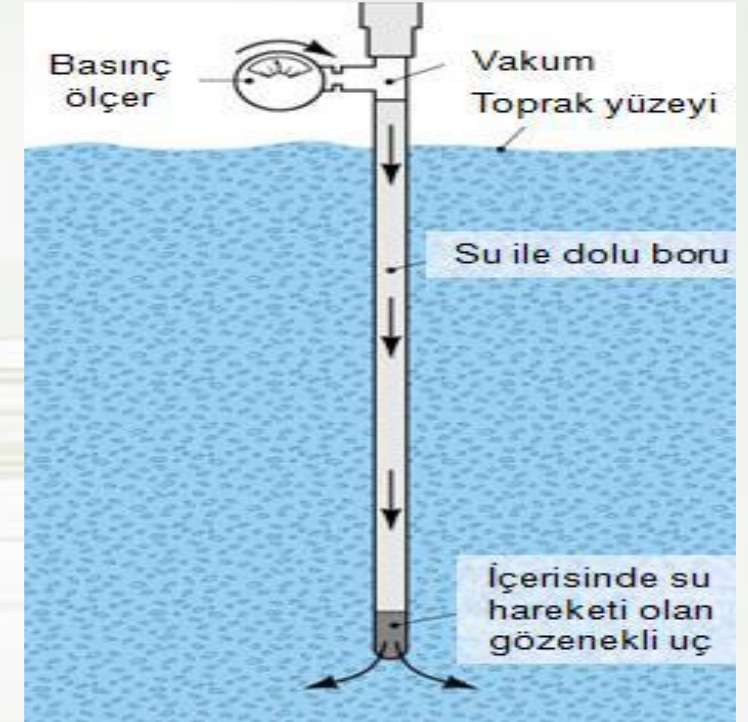


Kök derinliğine bağlı olarak  
değişebilir boru uzunluğu (30 cm-  
120 cm)

Gözenekli Seramik Uç

Basınç Ölçer (0-100 santibar)

Su haznesi



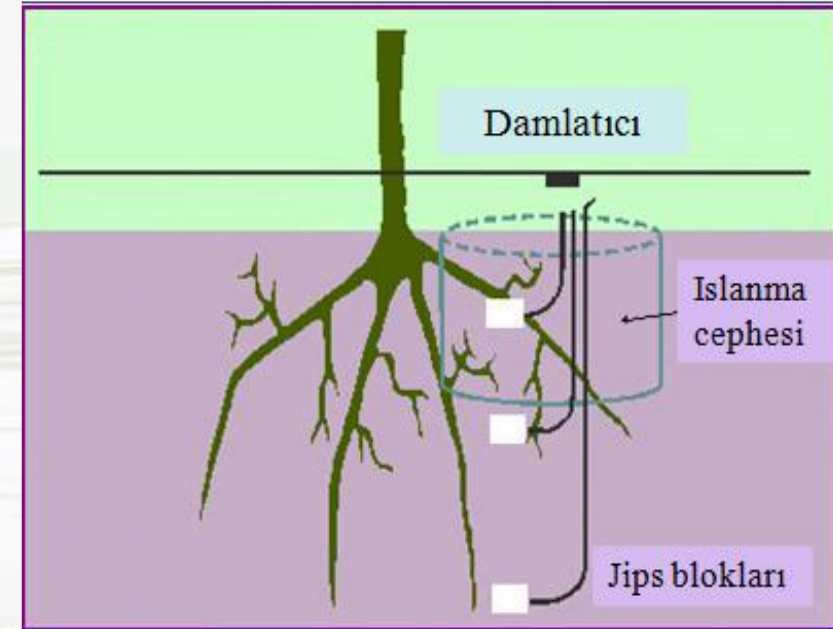
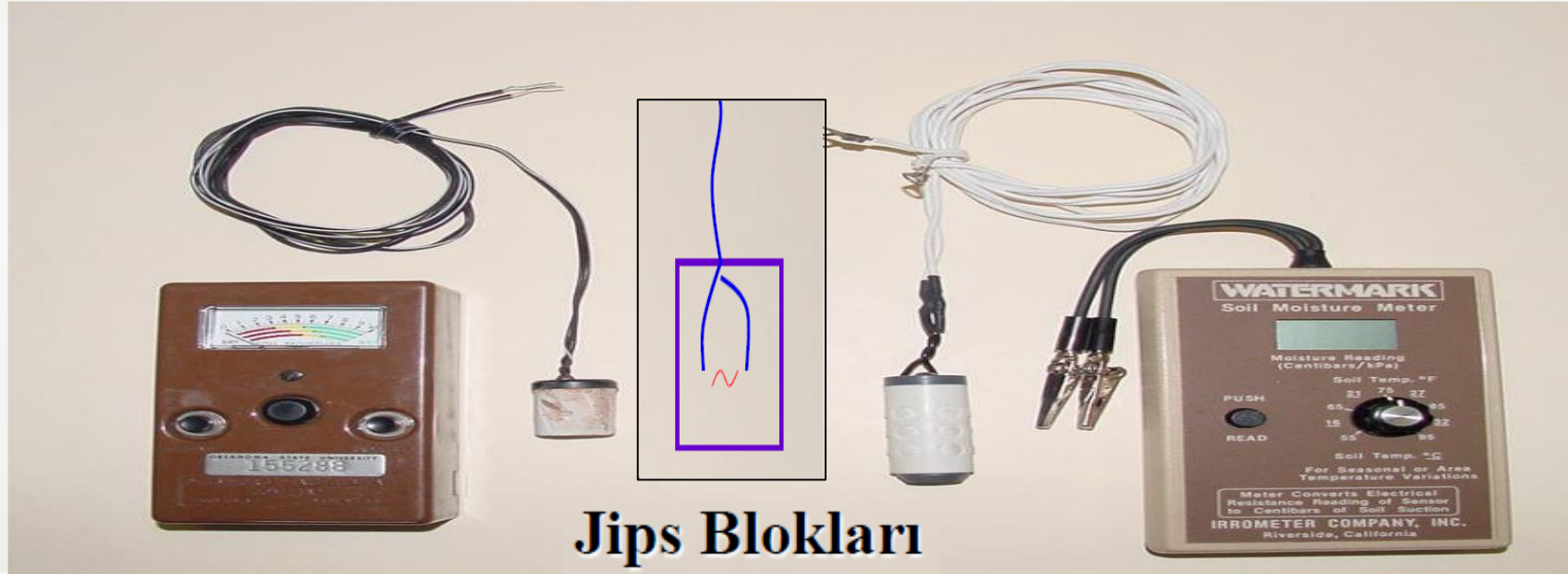


# Toprak Neminin Ölçülmesi



## Elektriksel Direnç Blokları

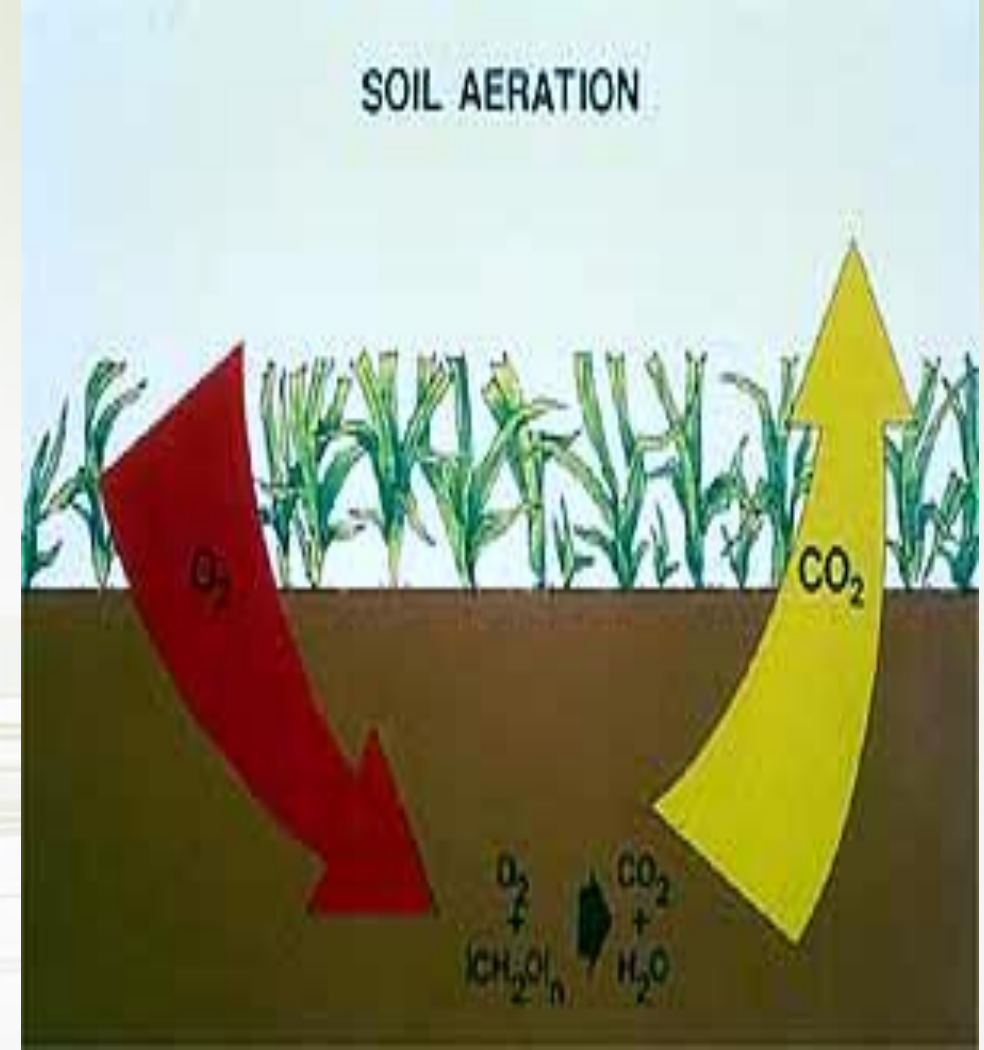
- Toprağa yerleştirilmiş ve toprak nemi ile dengeye bırakılmış gözenekli ortamların elektriksel direncinin, su miktarına karşı kalibre edilmesi esasına dayanır. Diğer bir deyişle, toprak ne kadar ıslak olursa, toprağa yerleştirilen elektrotlar (jips blokları) arasında o kadar az direnç ortaya çıkacaktır.





# Toprak Havası

- Toprak havası dar anlamda, zamanın ve koşulların bir fonksiyonu olarak, toprağın gaz bileşimini ve miktarını ifade eder. Toprak havası atmosfer havasının bir devamıdır. Gerek atmosferden toprak boşluklarına, gerekse toprak boşluklarından atmosfere doğru devamlı bir hava değişimi söz konusudur. Bu sürekli hava değişimi toprak içindeki gaz fazının devamlı olarak yenilenmesine neden olmakta ve bu olay toprak havalanması olarak bilinmektedir.
- Diğer bir deyişle, toprak havalanmasının anlamı, toprak havası ile atmosfer arasındaki gaz değişim hızının, kök bölgesinde bitki gelişimini engelleyecek karbondioksit fazlasını ve oksijen eksikliğini önleyecek düzeyde olmasıdır.



# Toprak Havası

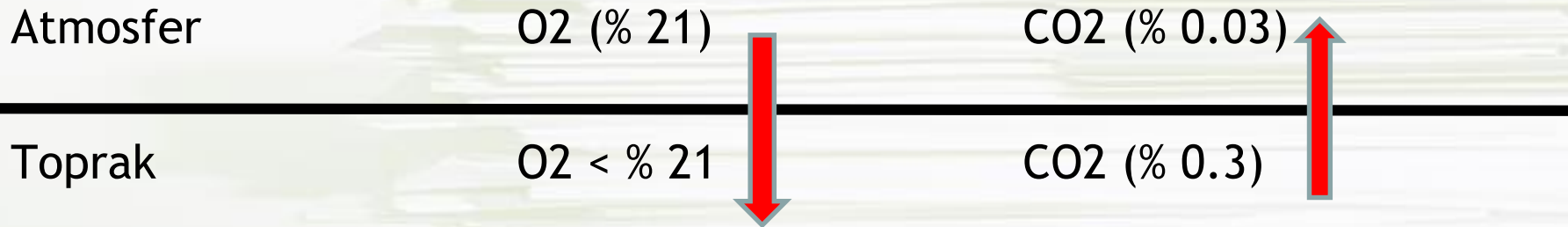
- Toprak havalanması, toprağın üretkenliğini belirleyen en önemli olaylardan birisidir. Solunum olayında bitkiler oksijen absorbe eder ve karbondioksit salarlar. Karasal bitkilerin pek çoğunda (örneğin, çeltik gibi bitkilerin dışında) bitkinin üst aksamlarından köklere doğru oksijen taşınması (transferi), köklerin oksijen ihtiyaçlarını karşılayacak hızda olmamaktadır. Bu nedenle yeterli kök gelişimi, toprağın havalanmasını gerektirmektedir. Havalanması iyi olmayan topraklarda kök gelişimi ve buna bağlı olarak da bitki besin maddeleri ve suyun absorbe edildiği kök yüzey alanı az olmakta, bunun sonucunda da bitki gelişiminde gerileme görülmektedir.

# Toprak Havası

- Toprak havasının en önemli fonksiyonlarından biri de, organik maddeleri ayrıştıran mikroorganizmaların yaşam aktivitesi için gerekli oksijeni sağlamasıdır. Sınırlandırılmış havalanma koşullarında mikroorganizmalar yüksek bitkilerin kökleri ile solunum açısından yarışabilirler. Toprak havasının bileşimi ve niceliği, genellikle toprağın derinliğine ve zamana göre çok değişiktir.
- Toprak havasının bileşimi, birinci derecede, topraktaki süreçlere ve havalanma koşullarına bağlıdır. Toprakta bitki kökleri ve organizmalar solunum için oksijen harcayıp, karbondioksit ürettiklerinden toprak havasının oksijen içeriği, genellikle atmosferik havadan az, karbondioksit miktarı ise yüksektir. Azot miktarı, atmosferik hava ile toprak havasında aşağı yukarı aynıdır. Su buharı bakımından toprak havası daha zengindir.

Gaz cinsi	Toprak havası		Atmosfer havası (ortalama bileşim) %
	Ilıman bölge %	Tropikal bölge %	
Azot	79.2 - 81.4	85.9 - 91.4	78.0
Oksijen	15.1 - 20.6	7.6 - 18.6	21.0
Karbondiyoksit	0.2 - 4.5	1.0 - 5.0	0.03

- Ancak, toprak havasının bileşimi sabit olmayıp mevsim, sıcaklık, toprak nemi, toprak yüzeyinden derinlik, kök gelişimi, mikrobiyolojik aktivite, toprak yapısı gibi çeşitli etmenlere bağlı olarak atmosfer havasının bileşiminden az veya çok farklılık göstermektedir. Azot ve oksijen miktarları yönünden fazla bir farklılık olmadığı halde, toprak havasındaki CO<sub>2</sub> miktarı (% 0.3) atmosferik havadakinden (% 0.03) yaklaşık on kat daha fazladır.





# Toprak Havası

- Sınırlı havalandırılan bir toprakta (örneğin, su ile doymuş topraklarda) oksijen konsantrasyonu azalırken karbondioksit konsantrasyonu artar. Eğer bu durum uzun sürerse, kimyasal redüksiyon meydana gelir ve metan, azot oksit ve hidrojen sülfid gibi gazlar oluşur.
- Bunlardan başka, organik maddenin ayrışmasıyla oluşan metan ve hidrojen sülfür gibi gazların konsantrasyonları da toprak havasında biraz daha yüksektir
- Toprağın hava kapasitesi makro-gözeneklerin (çapı 10 mikrondan büyük gözeneklerin) hacimsel miktarına bağlıdır. Fakat bu değer toprağın nem miktarına bağlı olarak değişmektedir. Topraklar çok değişik nem düzeylerine sahip olduklarından gerçek hava kapasitesi değerleri de değişkenlik göstermektedir.
- Hava dolu gözeneklerin miktarı, toplam toprak hacmi içinde % 10'un aşığına inince, toprak havalandırılması bitki gelişimini sınırlamaya başlar. Ancak, toprak havasının değişim hızı toprak havasının miktarından daha önemli bir olaydır.
- Toprak ve atmosfer arasındaki gaz değişimi kitle akımı veya difüzyon şeklinde olur. Kitle akımı, toprağın iri gözeneklerinden rüzgarın ve konveksiyon akımlarının girişi, sıcaklık ve basınç değişimleri, suyun toprağı sızması ve alınması yolu ile havanın yenilenmesi şeklinde olur. Ancak, genel olarak toprak havasının değişiminde asıl mekanizmanın difüzyon olduğu kabul edilir.

# Toprak Havasının Bileşimine Etki Eden Etmenler

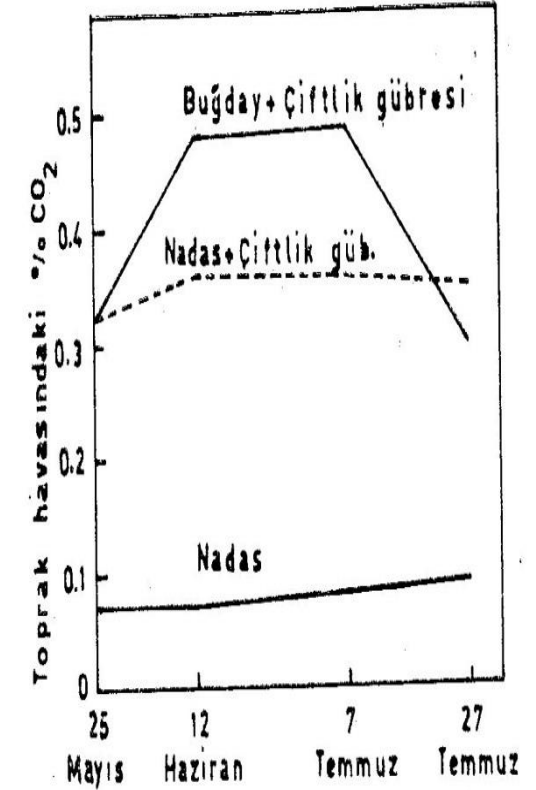
## Porozite

Topraktaki boşlukların bir kısmı hava ile doluyken diğer kısmı su ile dolu bulunmaktadır. Yoğun yağışlar veya sulamalardan hemen sonra toprak boşluklarının büyük kısmı su ile doludur ve bitkilerin yararlanabilmesi için pek az oksijen bulunmaktadır. Ayrıca gerek atmosferden toprağa ve gerekse topraktan atmosfere doğru olan gaz yayılımı da toplam porozite ve por büyüklüğü ile doğrudan ilişkilidir ve toplam porozite ile por büyüklüğü arttıkça yayılım da artmaktadır.

# Toprak Havaasının Bileşimine Etki Eden Etmenler

## Biyolojik aktivite

Toprağa fazla miktarda organik gübre verilmesi, özellikle nem ve sıcaklık optimum ise, toprak havaasının bileşimini dikkate değer şekilde değiştirmektedir. Üzerinde bitki yetiştirilen alanlardaki toprak havaasının  $CO_2$  miktarı, nadas alanlarındakinden daha fazla olmaktadır. Sürekli bitki örtüsü altındaki topraklar, örneğin çayır toprakları, yıllık bitkilerin yetiştiği topraklardan daha fazla karbondioksit içermektedirler.



Şekil 5.1: Bitki yetiştirme ve organik gübrelemenin toprak havaasındaki  $CO_2$  miktarı üzerine etkisi (Buckman ve Brady 1969'dan).

# Toprak Havasının Bileşimine Etki Eden Etmenler

## Derinlik

Toprak havasının oksijen ve karbondioksit içeriği toprak derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Alt toprak katmanları üst katmanlardan daha az oksijen içermektedirler.

Toprak derinliği arttıkça ortalama por büyüklüğü ve toplam porozite genellikle azalmakta bu da havalanmanın ve buna bağlı olarak oksijen içeriğinin azalmasına neden olmaktadır.

Karbondioksit miktarı ise genellikle alt toprakta üst toprak katmanlarına kıyasla daha fazla olmaktadır. Bu durum derinlerde havalanmanın daha yavaş bir şekilde oluşmasıyla ilintilidir.



# Toprak Havasının Bileşimine Etki Eden Etmenler

## Mevsimler

Toprak havasının bileşimi mevsimlere bağı olarak dikkate değer değişimler göstermektedir. Bu değişmelerin büyük kısmından toprak nemi ve toprak sıcaklığındaki farklılıklar sorumlu olmaktadır. Ilıman bölgelerde kış ve ilkbahar aylarında toprak neminin fazlalaşması genellikle toprak havasındaki oksijen miktarının azalmasına karbondioksit miktarının ise artmasına yol açmaktadır. Yaz aylarında bölge toprakları normal olarak kuru durumda bulduklarından, havalanma en yüksek düzeyine ulaşmakta ve bunun sonucunda toprak havası kış aylarındakine kıyasla daha yüksek miktarda oksijen ve daha düşük miktarda karbondioksit içermektedir.

# Toprak Sıcaklığı

- Sıcaklık, toprağın en önemli özelliklerinden birisidir. Genelde sıcaklığın artmasıyla birlikte kimyasal, biyolojik ve fizyolojik aktiviteler de hızlanmaktadır.
- Toprak sıcaklığı bitkilerin en önemli gelişim faktörlerinden biridir. Tohumun çimlenmesinden başlayarak bitki gelişimini kontrol eden etmenler toprak sıcaklığından önemli ölçüde etkilenmektedirler. Ör; Farklı bitki tohumları çimlenmek için farklı toprak sıcaklıklarına ihtiyaç duyar. Bunun yanında her bitkinin de normal yaşamsal faaliyetini yürütebileceği bir toprak sıcaklığı vardır.
- Toprakta suyun gerek sıvı, gerekse buhar halindeki hareketi ile bitkiye elverişliliği toprak sıcaklığından etkilenmektedir.
- Toprak sıcaklığı bitkinin kullanacağı besin maddelerinin toprakta ayrışmasını sağlayan kimyasal reaksiyonları ve bunların hızını da önemli derecede etkiler.
- Diğer taraftan, toprak horizonlarındaki sıcaklık, o horizonların biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerini etkilediğinden, toprak oluşumunda önemli bir faktördür.
- Benzer şekilde, sıcaklık topraktaki mikro-organizma faaliyetlerini etkilemek yoluyla nitrifikasyon, enzim aktiviteleri, organik maddenin ayrışması vb. gibi mikrobiyolojik işlevlerin oranını kontrol etmektedir.

# Toprak Sıcaklığı

- Toprak sıcaklığı günlük ve mevsimlik olarak toprak derinliğine göre değişir. En fazla sıcaklık değişimleri toprağın yüzeye yakın katmanlarında olur.
- Toprak işleme ve toprak yüzeyinde bitkisel artıkların bırakılması, toprağın ısısal özelliklerini değiştirmektedir. Ayrıca, toprağa gelecek ışınlar etkileneceğinden toprak sıcaklığı da etkilenmiş olacaktır. Bu iki durum kuru tarımda suyun toprakta muhafazası bakımından çok önemlidir. Ayrıca toprağın rengi, toprağın su içeriği, hacim ağırlığı gibi özellikleri de toprak sıcaklığını etkiler.
- Toprak sıcaklığı, normal civalı termometrelerle ölçülebileceği gibi, özel olarak yapılmış termometrelerle veya bakır konstanten termokaplar ile de ölçülebilir. Toprağa sıcaklık sağlayan termik enerjisinin (toprak ısısının) kaynakları çeşitlidir. Bunlardan en önemlisi güneş ışınlarıdır. Mikrobiyel faaliyet sırasında açığa çıkıp toprağın üst katmanlarına taşınan ısı enerjisi de çok az miktarda da olsa etkilidir.

# Toprak Sıcaklığının Kaynağı

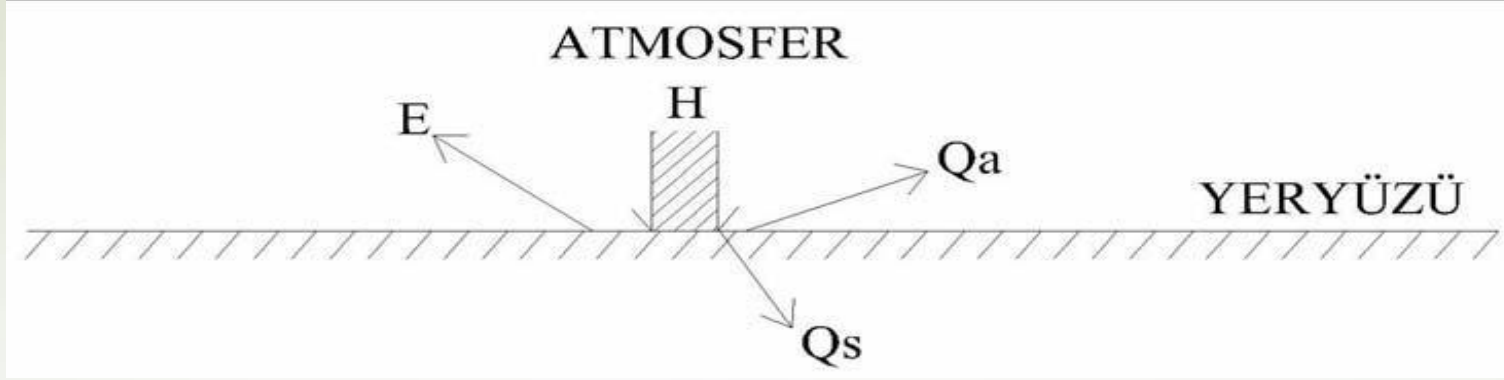
- Toprak sıcaklığının esas kaynağı, atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşan güneş ışınları özellikle de dalga boyu  $2 \mu$  dan küçük olan kısa dalga radyasyonunun enerjisi (radyant enerji) dir.
- Güneş ışınları atmosfere genel olarak sabit bir yoğunluk ve dalga uzunluğunda ulaşmaktadırlar. Ancak atmosfer tabakasını geçerken yoğunluklarında azalmalar ve dalga uzunluklarında bazı değişimler olmaktadır. Güneşten dünyamıza ulaşabilen kısa dalga boylu ışınlar, toprak yüzüne çarparak uzun dalga boylu ışınlara çevrilirler. Atmosferdeki toz ve nem de yeryüzüne ulaşan radyant enerjinin miktarında azalmalara neden olmaktadır.
- Toprağın herhangi bir andaki sıcaklığı, toprak tarafından absorbe edilen ve kaybedilen enerji miktarına bağlı olmaktadır.
- Gündüz saatlerinde direkt olarak güneş radyasyonuna maruz kalan toprak yüzeyleri gölgedekilere kıyasla daima daha yüksek sıcaklığa sahip olmaktadır. Bu yüzeyler aynı zamanda üzerlerindeki birkaç metre yüksekliğe kadar olan hava tabakasından da daha sıcaktırlar.
- Geceleri ise bu yüzeyler soğuk atmosfere doğru olan radyasyonun fazlalığı nedeniyle çevrelerine kıyasla daha düşük bir sıcaklık içermektedirler. Yani gündüz alınan ısı gece topraktan dışarı verilir.



# Toprak Sıcaklığının Kaynağı

- Yeryüzüne ulaşan güneş radyasyonunun yoğunluğunda ve dolayısıyla radyant enerjinin miktarında, yalnızca atmosferdeki değişikliklerle ilişkili değişimler olmamakta, bu konuda bulunan coğrafi bölge ve zamanın da etkisi bulunmaktadır.
- Güneş radyasyonunun Ekvator kuşağındaki ortalama yoğunluğu ile diğer bir enlemdeki ortalama yoğunlukları birbirinden farklı olmakta ve ekvator kuşağından uzaklaştıkça ortalama radyasyon yoğunluğu ve bununla ilişkili olarak radyant enerji miktarı azalmaktadır.
- Zamanın bu konudaki etkisi de yine güneş radyasyonunun yeryüzündeki çeşitli bölgelere geliş açısıyla ilişkilidir. Yaz mevsiminde güneş radyasyonu yüzeye daha dik bir konumda gelmekte kış mevsiminde ise yatıklaşmaktadır.
- Toprak yüzeyinin rengi, topoğrafik yapı ve yüzeyin çıplak ya da örtülü bulunması gibi özelliklere bağlı olarak absorbe edilen radyasyonun miktarı değişiklikler göstermektedir.
- Toprak tarafından absorbe edilen radyant enerji ısıya dönüşmekte, bunun bir kısmı alt toprak katlarına doğru hareket ederken diğer kısmı yüzeyden atmosfere doğru kaybolmaktadır.

# Toprak Sıcaklığının Kaynağı



Sonuçta ısı bütçesi eşitliği şu şekilde yazılabilir.

$$H = E + (Q_s + Q_a)$$

- Şekilde güneşten gelen ışınların oluşturduğu ısının dağılımı görülmektedir. Toprak üzerine gelen radyasyondan oluşan ısının (**H**) bir kısmı bitkiden transpirasyona (terleme ile ısı iletimi) ve topraktan evaporasyona (buharlaşmaya) sebep olurken (**E**), bir kısmı da ısı iletimi halinde toprağın aşağı katlarına iner (**Q<sub>s</sub>**) ve toprağın sıcaklığını yükseltir. Diğer bir kısmı da atmosfere döner ve havayı ısıtır (**Q<sub>a</sub>**)
- Tarım topraklarında günlük sıcaklık değişiminin (dalgalanmalarının) etkili olduğu derinlik 50 cm'yi aşmaz iken, yıllık sıcaklık dalgalanmaları 10 metreye kadar inebilir.

# Toprak Sıcaklığını Kontrol Eden Etmenler

## 1. Toprağın Doğası:

- Mineral madde, organik madde, su ve hava karışımından ibaret olan toprakların ısı absorpsiyon kapasiteleri, bu materyallerin farklı özgül ısılarına sahip olmaları nedeniyle, bunların oransal miktarlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.
- Mineral maddeler organik maddelerden daha düşük özgül ısılarına sahip bulduklarından mineral topraklar organik topraklardan daha hızlı ısınmaktadırlar.
- Toprak strüktürü toprak boşluklarıyla dolayısıyla toprak havalanmasıyla, toprak tekstürü ise toprağın su tutma kapasitesiyle ilişkili olduklarından toprak sıcaklığını da belirli ölçülerde etkilemektedirler.
- Kaba tekstürlü topraklar, genellikle, ince tekstürlülerden, iyi strüktürlü topraklarda kötü strüktürlü olanlardan daha çabuk ısınmaktadırlar



# Toprak Sıcaklığını Kontrol Eden Etmenler

## 1. Toprağın Doğası:

- Genelde koyu renkler radyasyonun büyük kısmını absorbe etmekte, açık renkler ise yansıtılmaktadırlar. Bu nedenle koyu renkli topraklar açık renklilere kıyasla daha çabuk ısınmaktadırlar.
- Toprak yüzeyinden yansıyan enerjinin, gelen enerjiye oranına “albedo” denilmekte ve diğer özellikler eşit olmak koşuluyla albedo küçüldükçe toprak sıcaklığı artmaktadır.

# Toprak Sıcaklığını Kontrol Eden Etmenler

## 2. Toprağın nem içeriği:

- Su yüksek bir özgül ısıya sahip olduğundan ıslak toprakların özgül ısıları da kuru topraklara kıyasla daha fazla olmakta ve bununla ilişkili olarak ıslak topraklar kuru topraklardan daha yavaş ısınmaktadırlar.
- Islak toprağın sıcaklığının daha az olmasındaki bir diğer neden de buharlaşmadır. Buharlaşma (Endotermik) olayında bir miktar ısı absorbe edildiğinden (580 kalori/g) önemli bir serinlik yaratmakta ve toprak sıcaklığında belli bir azalma olmaktadır. Buharlaşmanın tersi olan kondenzasyon (yoğunlaşma, ekzotermik) esnasında ise buharlaşmada absorbe edilen kadar enerji salınmakta, bu nedenle yoğunlaşma) esnasında toprak ısınmaktadır.

# Toprak Sıcaklığını Kontrol Eden Etmenler

## 3. Topoğrafya:

- Topoğrafik yapı ve özellikle arazi eğimi toprak yüzeyinin güneşe karşı olan durumunu düzenlemek yoluyla toprak sıcaklığı üzerinde etkili olmaktadır.
- Kuzey yarımkürede güneye doğru eğimli olan arazilerdeki topraklar, kuzeye doğru eğimli olan topraklardan güneş ışınlarının daha dik bir konumda ulaşması nedeniyle biraz daha fazla ısınmaktadırlar.
- Bu bölgelerde topoğrafya ayrıca toprağın su rejimini etkilemek yoluyla da toprak sıcaklığı üzerine dolaylı etkileri bulunmaktadır.

# Toprak Sıcaklığını Kontrol Eden Etmenler

## 4. Bitki örtüsü:

- Bitki örtüsü hem toprakların daha az ısınmasına hem de topraktan daha az ısı kaybına neden olarak toprak sıcaklığını etkilemektedir. Bitki örtüsünün sıklığı arttıkça bu etki de fazlalaşmaktadır.
- Bitki örtüsü toprağı sıcaktan koruduğı gibi soğuk havaya karşı da koruyucu bir örtü olmaktadır. Yoğun bitki örtüsüyle kaplı topraklar, örtüsüz topraklara kıyasla yazın daha serin kışın daha ılık olmaktadır.



# Toprak sıcaklığındaki günlük değişmeler

- Toprak yüzeyine ulaşan güneş radyasyonunun 24 saatlik bir süre içinde önemli dalgalanmalar göstermesi toprak yüzeyinin sıcaklığında da dalgalanmalara neden olmaktadır.
- 2.5 cm derinliğine ait eğriler, sinüzoidal eğri ile büyük bir benzerlik içerisindedir.
- Toprak yüzeyine ulaşan güneş radyasyonunun gün ortasında maksimum düzeyde olmasına karşın, 2.5 cm derinlikteki toprak sıcaklığı maksimum noktaya biraz daha geç zamanda ulaşmaktadır.
- Bu gecikme, şekilde de görüleceği gibi, daha alt katmanlarda derinliğe bağlı olarak fazlalaşmaktadır.
- Bunun nedeni ısının yüzeyden daha derin katmanlara doğru akmaya başlamasından önce sıcaklık eğiminin olusması için belli

# Toprak sıcaklığındaki yıllık değişmeler

- Toprak sıcaklığındaki yıllık değişmeler karakter bakımından günlük değişmelere benzemektedir. Güneş radyasyonunun fazla süreli ve yüksek yoğunluklu olduğu zamanlarda (yaz aylarında) bir maksimum noktaya, durumun tersine döndüğü zamanlarda ise (kış aylarında) bir minimum noktaya ulaşmaktadırlar.
- Günlük sıcaklık dalgalanmaları toprak yüzeyinden itibaren 30-40 cm derinliğe kadar etkili olurken, yıllık sıcaklık dalgalanmaları 7-8 metre derinliğe kadar ulaşabilmektedir

# Toprak sıcaklığının Kontrolü

- Toprağın sıcaklığını kontrol etmeye yönelik uygulamalarda yapılan işlemleri genel olarak 3 grup altında toplamak mümkündür.
- Bunlar;
  - a) Malçlama,
  - b) Sulama ve drenaj,
  - c) Toprak yüzeyinin fiziksel karakterlerinin değiştirilmesidir



# Malçlama

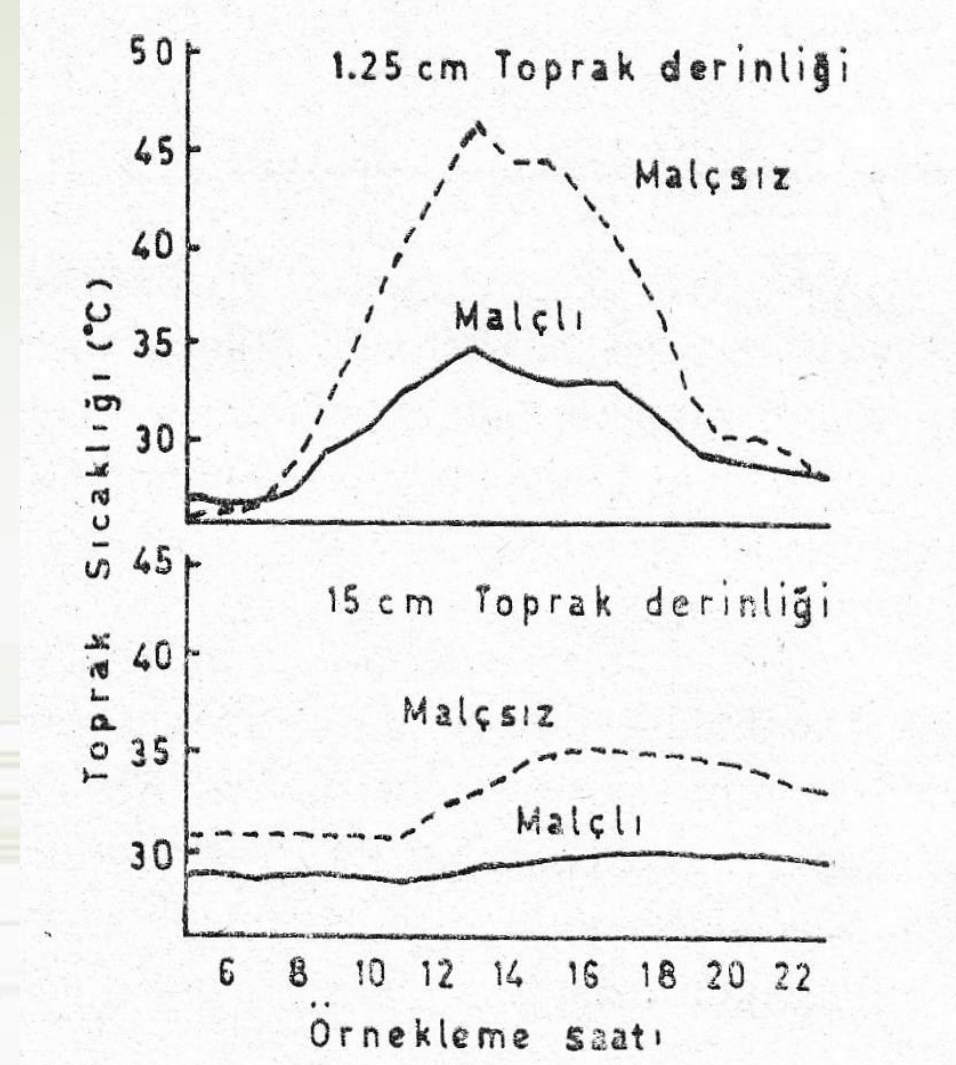
- Toprak yüzeyinin saman, kağıt, talaş, plastik vb. materyalle örtülmesi malçlama olarak adlandırılmaktadır.
- Şeffaf plastik malçlar güneş enerjisinin toprağa geçmesine izin vererek sera etkisi oluşturmaktadır.
- Diğer malçlar özellikle açık renkli olanlar, güneşten gelen radyasyonunun yansım oranını artırarak toprak sıcaklığının fazlaca artmasını önlemekte ve dolayısıyla buharlaşmayı azaltmaktadır.
- Geceleri ise malçlar topraktan atmosfere doğru olan radyasyonu engelleyerek toprağın daha sıcak kalmasını sağlamaktadırlar.





# Malçlama

- Koyu renkli malçların kullanılmasıyla güneş ışınları önemli ölçüde absorbe edilir, radyasyonla ısı kaybı azalır, suyun buharlaşması azalır.
- Sonuç olarak koyu renkli malçlar toprak sıcaklığının artmasını ve nem muhafazasını sağlar.
- Açık renkli malçlar toprağa gelen güneş ışınlarının önemli bir bölümünü yansıtır. Kullanıldıklarında suyun toprağa infiltrasyonu artar, buharlaşma azalır, radyasyonla sıcaklık kaybı gecikir. Sonuç olarak açık renkli malç kullanımıyla toprak sıcaklığı düşer.



# Sulama ve Drenaj

- Su altında kalan ya da kötü drenaj nedeniyle fazla su içeren topraklar düşük sıcaklığa sahip olmaktadır. Bu konudaki tek pratik çözüm toprak drenajının iyileştirilmesidir.
- Fazla su nedeniyle yükselmiş olan toprağın ısı kapasitesi, suyun drene edilmesiyle düşmekte ve bu da ilkbahar aylarında toprak sıcaklığında daha hızlı bir artış sağlamaktadır.
- Aynı bölgede bulunan zayıf ve iyi drenajlı iki topraktaki sıcaklık farkı 7 °C'ye kadar ulaşmaktadır.





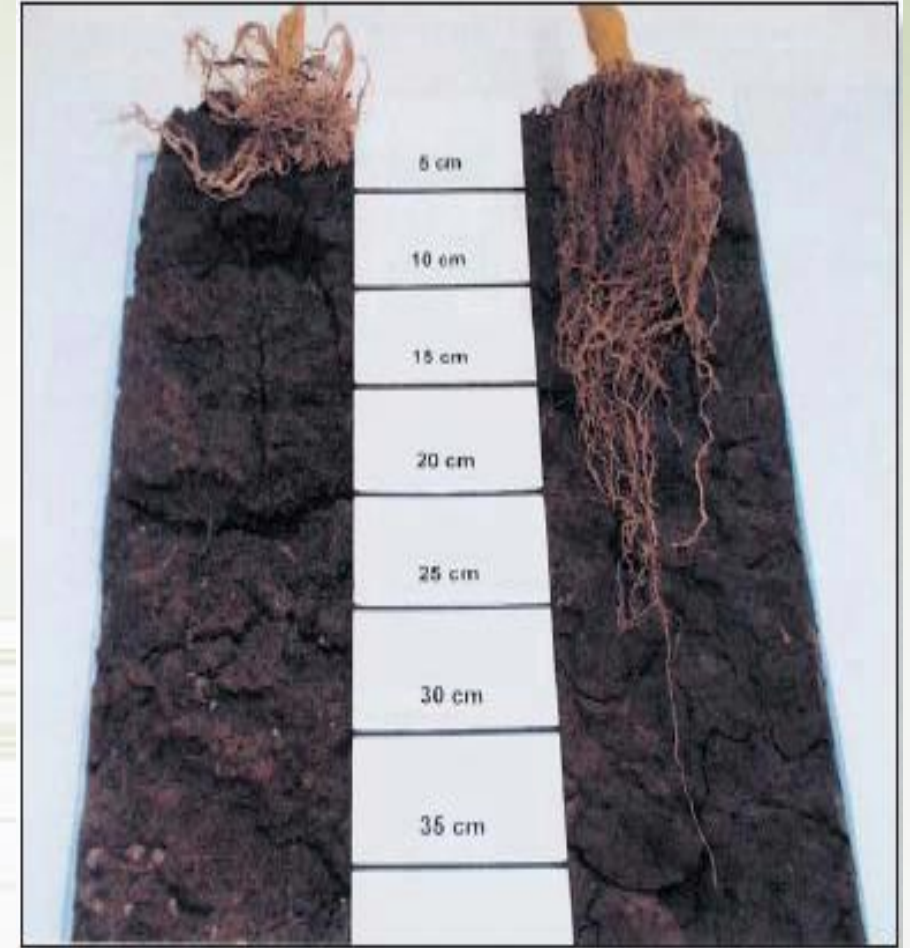
# Sulama ve Drenaj

- Sıcak yaz aylarında toprak sıcaklığı bazı bitkilerin kök gelişimleri için çok yüksek olmaktadır.
- Bu gibi durumlarda sulama uygulamaları toprak yüzeyinden buharlaşmayı artırmak yoluyla, kritik dönemde sıcaklığın düşürülmesine yardımcı olmaktadır.
- Eğer kullanılan sulama suyu ile toprak sıcaklıkları birbirlerinden büyük ölçüde farklı iseler bu da toprak sıcaklığının değişmesinde etkili olmaktadır.



# Toprak yüzeyinin fiziksel karakterlerinin değiştirilmesi

- Toprak yüzeyinin sıkışması toprağın hacim ağırlığını dolayısıyla termal iletkenliğini artırmaktadır.
- Diğer taraftan, toprağın fazla kuru durumdayken sürülmesi agregatların dağılmasına ve yüzeyde bir toz malçının oluşmasına neden olmaktadır.
- Bu nedenle yüzeyden alt toprağa doğru olan ısı akışı azalmaktadır.





# Yararlanılan Kaynaklar

1. Özkan, İ. 1985. Toprak Fiziği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 946, Ders Kitabı: 270, Ankara.
2. Munsuz, N. 1982. Toprak-Su-Bitki ilişkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 798, Ankara.
3. Hillel, D. 1980. Fundamentals of Soil Physics. Academic Press, London.
4. Hausenbuiler, R.L. 1978. Soil Science (Principles and Practices). Wm.C. Brown Company, Iowa.
5. Hanks, R.J. And Ashcroft, G.L. 1980. Applied Soil Physics (Soil water and temperature applications). Springer-Verlag, Berlin.
6. Anonymous, 2001. Use of Isotope and Radiation Methods in Soil and Water Management and Crop Nutrition. FAO/IAEA, Vienna.
7. Açık ders notları-Ankara Üniversitesi
8. [Toprak Bilgisi \(Toprak Rengi-Toprak Sıcaklığı\).pdf](#); <https://avys.omu.edu.tr> > app > public > [mustafa.saglam](#)