

Toprak Nemi

- Genellikle bitki köklerinin büyüme oranı yaş topraklara göre kuru topraklarda daha iyidir.
- Kuru topraklarda ise mekanik direnç ve su azlığı stres etmenidir
- **Tuzlu topraklarda** ise yüksek tuz konsantrasyonu ve rizosferde oluşan iyon dengesizliği sonucu kök yöresinde su potansiyelinin azalması kök büyümesi iin önemli bir stres kaynağıdır.
- Bitki tarafından kullanılmayan ve bitkinin topraküstü organlarında toplanan **karbohidratların** büyük bir bölümü toprakta suyun yetersiz olması durumunda bitki köküne taşınmakta ve kök büyümesinde kullanılmaktadır.
- Su noksanlığında bitki, topraküstü organlarında gelişmeyi yavaşlatıp durdurmak, su ve karbohidrat kullanımını en az düzeye indirmek suretiyle kökün uzayıp büyümesini ve dolayısıyla mevcut sudan daha fazla yararlanılmasını sağlamaktadır.

Toprak Sıcaklığı

Optimum kök büyüme sıcaklığı C3, C4 bitkileri ile tropik ve yarı tropik bitkilerde ayrımlıdır. Örneğin optimum sıcaklık pamuk bitkisinde 30°C , buğday bitkisinde 25°C ve patates bitkisinde 15-20°C olarak belirlenmiştir.

Toprak Tekstürü

- Bitkilerde kök büyümesi ve gelişmesi toprak tekstürü ile yakından ilgilidir.
- Toprağın herhangi bir kesiminde bulunacak kil katmanı, kaya vb. yanında taban suyu düzeyinin yüksekliği kök büyümesini önemli derecede sınırlar.
- Bitkiler kumlu topraklarda killi topraklara göre genelde daha ince, daha çok yan dallı ve derine inen kök oluştururlar.

- Kompaksiyon (sıkışma) sonucu hacim ağırlığı artmış ve boşlukları (porları) yitmiş bir toprakta kökün gelişmesi ve kök uzaması önemli derecede azalır.
- Nedenleri;
 - Mekanik direnç
 - Su potansiyelindeki artış
 - O₂ noksanlığı
 - Fitotoksin birikimi

Suyun Alınması ve Kök Ksilemine Taşınması

Suyun Alınması

Suyun çok büyük bir bölümü bitkilerde kök uçlarından alınır. Kökün en uç kısmında (apeksinde) bulunan beyaz renkli ve olağanüstü kısa yöre *Kök Başlığı* olarak isimlendirilmiştir.

Kök başlığının hemen üzerindeki yöre *Meristematik Yöre'dir*, Sarımsı rengi ile kolaylıkla ayrılan meristematik yöre pek seyrek olarak birkaç milimetreden daha uzundur. En yüksek düzeyde hücre bölünmesi meristematik yörede gerçekleşir.

Meristematik yöreyi *Uzama Yöresi* izler. Çoğunlukla birkaç milimetre uzunluktadır. Kök ucunun uzunluğuna büyümesi özellikle bu yörede gerçekleşir.

Uzama yöresinin üzerinde ise *Kök Tüyü Yöresi* yer alır.

- En hızlı ve en fazla su alımı kök tüyü yöresinde gerçekleşir bunu uzama yöresi izler.
- Kök tüyü yöresinin üstündeki bölgede ve kök başlığında su alımı gerçekleşmez.
- Su ozmotik kurallara göre alınır

Suyun Kök Ksilemine Taşınması

Suyun kök ucundan girişinden başlayarak kök ksilemine ve oradan da bitkinin en uç tepe noktasına değin taşınması üç aşamada olur.

- 1) Toprak çözeltisindeki suyun kök ucundan girerek korteksi kat edip kök ksilemine ulaşması,
- 2) Kökten yapraklara doğru ksilem iletim borularından yukarı doğru taşınması
- 3) Yapraktan su buharı şeklinde atmosfere yitmesi olarak ifade edilebilir.

Kök epidermesinden endodermise değin suyun taşınması birbirini tamamlayan ve birlikte görev yapabilen başlıca üç yoldan gerçekleşir:

(a) Apoplast yolu, (b) Transmembran yolu

(plazmamembran)

(c) Simplast yoludur(plazmodesmata'dan)

Araştırmalar,genç bitki köklerinde kök ksilemine suyun özellikle apoplast yolundan taşındığını göstermiştir

Suyun ksileme girişinde;

- Osmotik kurallar
- Kökün hidrolik geçirgenliği ve
- Transpirasyon oranı etkili olur

Ksilem Dokusunun Yapısı

Bitkilerde kısa ve uzun yol su taşınımı genelde ksilem iletim boruları içerisinde gerçekleşir.

- Su taşınmasının başladığı olgun **trakeri elementlerde** hücreler ölmüş olup membranlara ya da organellalara sahip değildirler. Bunlar sekonder duvarları ligninleşmiş içleri boş, protoplastları olmayan tüp şeklinde kısa ve uzun borulardır.
- **Trakeitler** mil şeklinde uzamış, yan duvarları ligninleşmiş, üst ve alt uçları sivrilmiş ve yassılaştırmış hücrelerdir.
- Alt ve üst uçlarının birbirini üstüne gelmesiyle oluşan borulardan su yukarı doğru taşınır, Trakeitlerin yan duvarlarında bulunan çok sayıdaki geçitler (pits) sayesinde bitişikteki trakeitlerle su alış verişini gerçekleştirilir.

- **Trakeitlerde** yukarı doğru su taşımını ve taşınan su miktarı göreceli olarak daha azdır. Ancak yan duvarlarında daha fazla sayıda geçite (*pits*) sahip olmaları nedeniyle **yanal su taşımını** trake elementlerine göre trakeitlerde daha fazladır.
- Trake elementlerin üst üste yerleşmeleri suretiyle oluşan borularla bitkinin her organına kolayca ve fazla miktarda su taşınır.

Suyun Ksilemde Taşınma Mekanizması

1. Kök Basıncı Kuramı

Bitki köklerinde oluşan *Kök Basıncının* ya da *Pozitif Hidrostatik Basıncın* etkisiyle suyun ksilemde yukarı doğru taşınımı.

Kök basıncı: "*köklerin metabolik işlevlerinin bir sonucu olarak ksilemin trakeri elementleri içerisinde oluşan basınç*" şeklinde tanımlanmıştır.

Bitkilerde kök basıncı 0.05 MPa ile 0.5 MPa arasındadır

Kök basıncı ile suyun ksilemde yukarı doğru hareketi şu şekilde cereyan eder:

- Bitki kökleri tarafından toprak çözeltisinden alınan besin elementleri ksileme taşınır.**
- Element miktarı arttıkça ksilemdeki suyun su potansiyeli toprak çözeltisinin su potansiyeline göre önemli ölçüde azalır.**
- Bunun bir sonucu olarak osmotik kurallara göre dışarıdan su kökün içine girer ve ksileme doğru ilerler.**

Bu şekilde bitki köküne hızla giren su hidrostatik pozitif bir basınç oluşturur.

İşte bu hidrostatik pozitif basınç, kök basıncı olarak bilinmekte ve bu basınç sayesinde suyun, ksilemin trakeri elementleri içerisinde yukarı doğru hareket ettiği ileri sürülmektedir.

Anlatılan şekilde ksilemin trakeri elementleri içerisinde oluşan pozitif kök basıncı, aktif transpirasyon sonucu oluşan emme olgusunun bir başka deyişle negatif basıncın (tension) tam karşıtıdır.

Kök basıncı; nem oranı yüksek, transpirasyon oranı düşük ve su içeriği fazla olan bitkilerde belirgin şekilde görülebilir.

Buna karşın transpirasyon oranının yüksek olduğu bir başka deyişle topraktan alınan suyun yapraklardan buhar şeklinde kolayca yitirildiği kurak koşullarda ksilemde hiçbir zaman pozitif basınç oluşmaz.

Kök basıncına göre suyun taşınmasında doğrudan metabolik enerji kullanılmamaktadır.

Kök basıncı ile ksilem elementleri içerisinde taşınan su genellikle çok azdır.

Bitkilerde suyun taşınmasında kök basıncının kimi koşullar altında önemli ve kimi koşullar altında ise önemsiz etkileri vardır. Özellikle transpirasyonun az olduğu hallerde (örneğin geceleri) su taşınmasında kök basıncının rolü belirgindir. Buna karşın hızlı transpirasyon koşullarında kök basıncının etkisi önemsizdir.

Kök basıncının çok düşük ya da hiç olmadığı durumlarda bile bitkilerde suyun taşınabilmesi, su taşınmasının yalnızca kök basıncı ile açıklanamayacağını açıkça ortaya koymaktadır.

2. Kohezyon-Emme (Tension) Kuramı

- Su moleküllerinin birbirlerine bağlanma (*Kohezyon*) gücünün,
- içinde taşındıkları iletim borularına bağlanma (*Adezyon*) gücünün ve
- transpirasyon sonucu iletim borularında oluşan *Emme Gücünün* (basınç eksilmesinin-negatif basıncın) yardımlarıyla ksilemin trakeri elementlerinde suyun yukarı doğru taşınması.
- Bu kuram bitkilerde suyun yukarı doğru taşınmasında en çok kabul gören bir kuram olmuştur.

Cam borudaki su sütununun bozulmadan beherdeki suyun yukarı doğru taşınması kohezyon ve adezyon güçlerinin yer çekimi gücüne göre daha fazla olması ile ilgilidir. Yer çekimi gücü kohezyon ve adezyon güçlerinden fazla olduğu zaman su sütununda parçalanma görülür ve suyun yukarı doğru hareketi durur.

Yaprağın mezofil hücrelerinden buharlaşarak su yittikçe, yaprakların atmosfer ile doğrudan değinim halinde olan hücrelerinde su potansiyeli (Ψ_w) aşağıda formüle edildiği gibi önemli derecede azalır

$$\Psi_w = \Psi_s + (-\Psi_p)$$

Su potansiyelini (Ψ_w) gösteren negatif değer büyüdükçe su gereksinimi artar.

Suyun buharlaşarak yaprak yüzeyinden yitmesi sonucu oluşan basınç eksilmesi (Ψ_p) su potansiyelinin (Ψ_w) azalmasına neden olur.

Mezofil hücrelerinde azalan su potansiyelini (Ψ_w) karşılamak amacıyla bu hücrelere sürekli olarak aşağıdan su taşınır.

Su potansiyelini (Ψ_w) eşitlemek için yaprağın atmosfere değinen yüzeylerine yaprak damarlarından suyun aktarılması ile ksilem elementleri içerisinde emme (basınç eksilmesi-negatif basınç) oluşur.

Bitkinin tepesinde oluşan bu emme (basınç eksilmesi) ksilem elementlerin içindeki su sütunu aracılığıyla kök ucunda da aynen etkisini gösterir.

Böylece toprak çözeltilisinden suyun köke girmesi ve yukarı doğru taşınması sağlanır.

Bitkinin tepe kısmında oluşan emme gücü (negatif basınç) ksilem elementlerindeki su sütununun yukarı doğru çekilmesine yetecek güçtedir.

Ksilem elementleri içerisindeki su sütununun parçalanmadan yukarı çekilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bitkinin tepe kısmında oluşan yüksek emme gücü nedeniyle ksilem elementlerinin içine hava kabarcıkları girebilmekte ve su sütunu parçalanmaktadır.

Bu olgu *Kavitasyon (cavitation)* ya da *Embolizm (embolism)* olarak ifade edilmektedir

Su sütunu koparsa su taşınmaz ve bitki solar

Ancak bitki çeşitli yollarla hava kabarcıklarından kurtulabilir

ÖRNEK: Transpirasyon oranının düşük olduğu gece ksilemde hidrostatik basınç yükselir ve bunun bir sonucu olarak da hava kabarcıkları ksilem suyunda çözünür.

ÖRNEK: Kimi bitkilerde oluşan kök basıncı da benzer etkiyi yapabilir.

ÖRNEK: Bitki hava kabarcığı bulunan yerdeki ksilem elementinin alt ve üst kısmını kullanmayı sürdürebilir

ÖRNEK: Yeni bir elementi devreye sokarak hava kabarcığı bulunan elementin kullanımına son verir

SONUÇ: Ksilem elementleri içerisinde su moleküllerinin adezyon ve kohezyon güçlerinin ve ksilemin yapısal özelliklerinin etkileri altında oluşan sürekli su sütununun yukarı çekilmesi sonucu su yukarı doğru taşınmaktadır.

Bitkilerin Kök Üstü Organları Tarafından Suyun Alınması ve Taşınması

- Az ve sınırlı da olsa bitkiler yaprak, gövde gibi kök üstü organlarıyla sıvı ve buhar şeklindeki suyu alırlar. Tüm bitkilerin yaprakları aracılığıyla ayrımlı miktarlarda olmakla beraber su aldıkları saptanmıştır.
- Böylece solmuş bir bitki nemli bir ortamda eski haline döner
- Yapraklarda su alımı, gözeneklerle birlikte doğrudan epidermal hücreler aracılığıyla da gerçekleşir. Kütin tabakasının geçirgenlik durumu da kök üstü organlarda su alımını etkiler.

- Kök  st  organlarından su alımı, su potansiyeline (Ψ_w) bağlı olarak **osmotik kurallara** göre gerekleŒir

Atmosferde ya da bitkinin geliŒtiėi ortamda su potansiyelinin -0.8 MPa'dan daha fazla olması durumunda osmotik kurallara göre su alımı gerekleŒir

Yapraktan alınan suyun kökten toprağa geiŒi de osmotik kurallara göre gerekleŒir

- Suyun bitkilerde yukarıdan aşağıya doğru hareketi bitkilerde içsel su potansiyelindeki azalma ile yakından ilişkili olarak gerçekleşir
- Koşullar ne olursa olsun bitkinin değişik organlarındaki hücrelerde ortaya çıkan su potansiyel farkına (Ψ_w) bağlı olarak suyun taşınma yönü değişebilmektedir.