BİTKİLERDE BESLENME

GENEL BİYOLOJİ-II

Bitki Beslenmesine Genel Bir Bakış

- Kuru bir bitkinin…..%95'i organik, %5'i inorganik maddedir.
  - Organik madde……karbonhidrat…..C, H, O

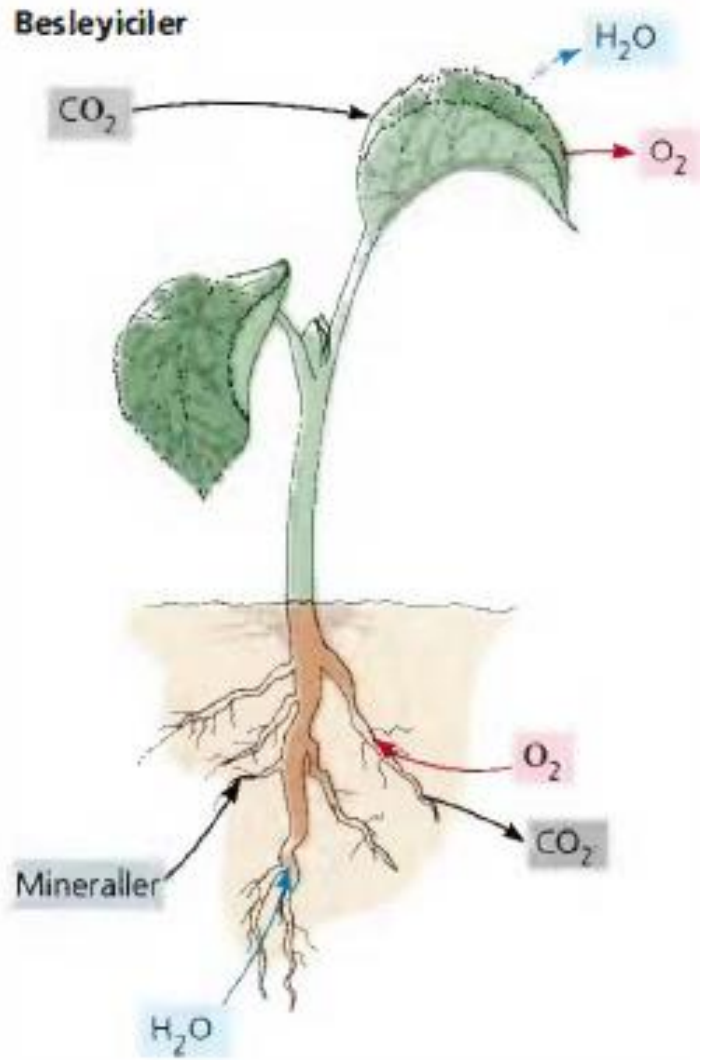
Otsu bir bitkinin %80-85'i sudur. Su, H ve bazı O atomlarını sağlar.

Absorblanan suyun %90'ı transpirasyonla kaybedilir, bu nedenle su organik moleküllere az katkı yapar. Su,

- Çözücü olarak iş görür, hücrelerin uzamasına katkı sağlar ve yumuşak dokularda turgor sağlar.

Bir bitkideki organik maddenin büyük kısmı sudan ya da topraktan değil, atmosferden özümlenen CO_2'den köken alır.

Bitki Beslenmesine Genel Bir Bakış

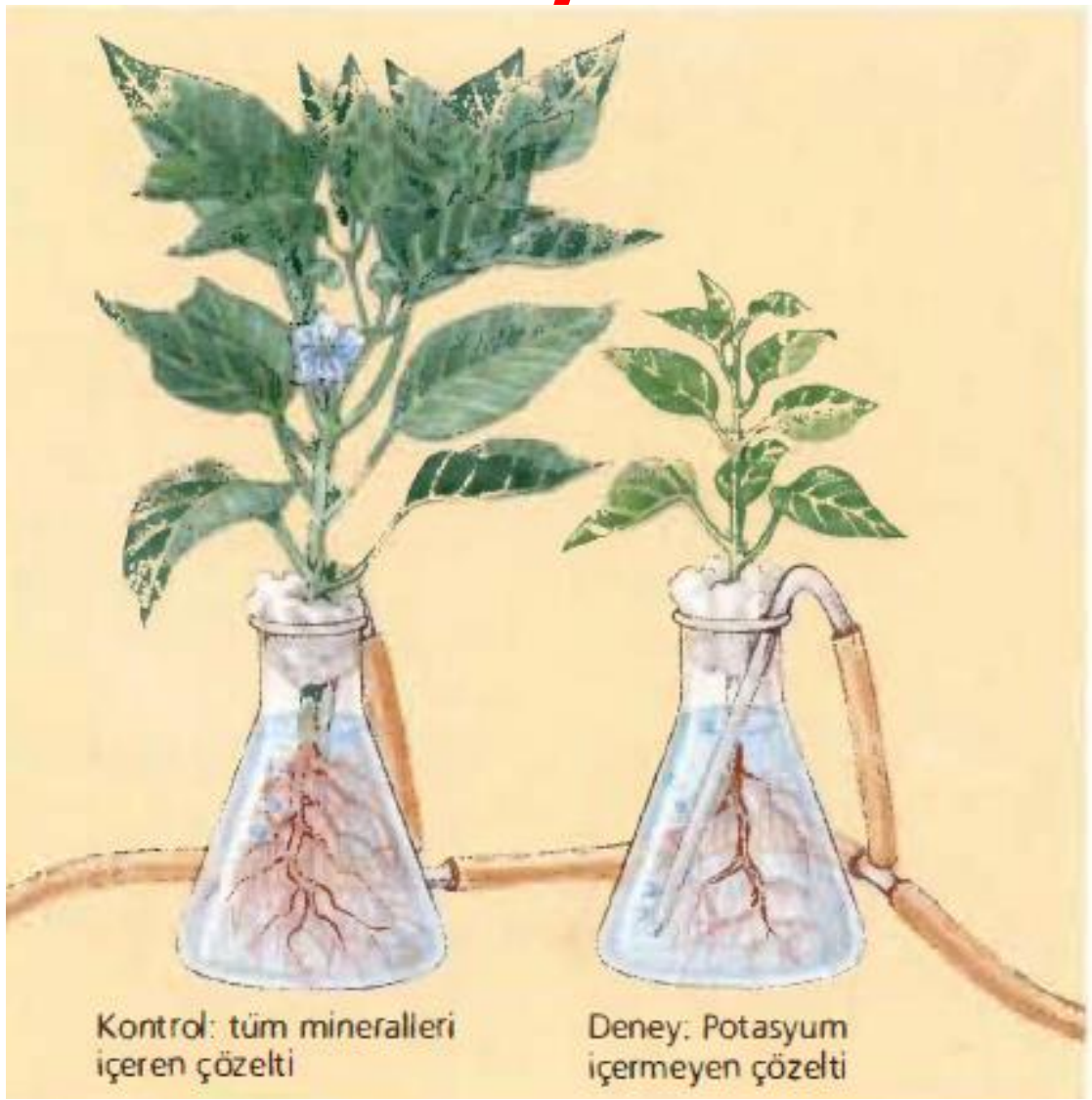


ŞEKİL 37.1 Bir bitki tarafından besin elementlerinin alınması: genel bakış. Kökler su ve mineralleri topraktan absorblar. Mikorhiza ve kök tüyleri absorbsiyon için geniş bir yüzey alanı sağlar. Fotosentez için karbon kaynağını oluşturan karbon dioksit, stomalar aracılığıyla çevredeki havadan difüzyonla yapraklara girer. (Her ne kadar bitkiler net O_2 üreticisi iseler de, hücre solunumu için O_2'ye gereksinim duyar). Bitkiler inorganik besin elementlerinden kendileri için gerekli organik maddeyi üretirler.

- Bitkilerde mevcut inorganik maddeler arasında 50' den fazla kimyasal element tanımlanmış olmakla birlikte bu elementlerin tümü gerekli değildir. Kökler mineralleri bir ölçüde seçici olarak absorblar. Bu seçici alış, bitkinin toprakta çok küçük miktarlarda bulunan elementleri biriktirebilmesini sağlar.

Bitkiler dokuz makrobesin ve en az sekiz mikrobesin elementine gereksinim duyar

- Eğer bir element bir bitkinin tohumdan büyümesi ve yaşam döngüsünü tamamlayabilmesi için gerekli ise, o element yaşamsal öneme sahip **elzem besin maddesi** olarak kabul edilir.
- Hidroponik kültür yöntemi ile hangi minerallerin elzem olduğu belirlenebilir.
- 17 elzem element tanımlanmıştır.



Makrobesleyici-Mikrobesleyici

- Bitkilerin nispeten fazla miktarlarda gereksinim duydukları elementler **makrobesleyici** olarak isimlendirilir. Dokuz adet makrobesleyici vardır; bunlardan altısı, organik bileşiklerin ana bileşenidir: karbon, oksijen, hidrojen, azot, kükürt ve fosfor. Makrobesin elementlerinin diğer üçü, potasyum, kalsiyum ve magnezyumdur.
- Bitkilerin çok az miktarlarda gereksinim duydukları elementler **mikrobesleyici** olarak isimlendirilmektedir. Sekiz adet mikrobesin elementi, demir, klor, bakır, mangan, çinko, molibden, bor ve nikelden oluşur. Bu elementler bitkilerde, başlıca enzimatik reaksiyonların kofaktörleri olarak işlev görürler.
- Örneğin, demir, sitokromların metalik bir elemanıdır. Sitokromlar, kloroplastlar ve mitokondrilerin elektron taşıma zincirlerinde işlev gören proteinlerdir.

Element	Bitkiler tarafından kullanılabilir formu	Başlıca işlevleri
Makrobesinler		
Karbon	CO_2	Bitkinin organik bileşiklerinin ana bileşeni
Oksijen	CO_2	Bitkinin organik bileşiklerinin ana bileşeni
Hidrojen	H_2O	Bitkinin organik bileşiklerinin ana bileşeni
Azot	NO_3^-, NH_4^+	Nükleik asitlerin, proteinlerin, hormonların ve koenzimlerin bileşeni
Kükürt	SO_4^{2-}	Koenzim yapısındaki proteinlerin bileşeni
Fosfor	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}	Nükleik asitlerin, fosfolipitlerin, ATP'nin ve baz koenzimlerin bileşeni
Potasyum	K^+	Protein sentezinde kofaktör; su dengesinde iş gören çözünen ana madde, stomaların işlevinde yer alır
Kalsiyum	Ca^{2+}	Hücre çeperlerinin oluşumu ve kararlılığında zar yapısının ve geçirgenliğinin sürmesinde önemli, hücrelerin uyartılara karşı yanıtını düzenler
Mağnezyum	Mg^{2+}	Klorofilin bileşeni; pekçok enzimi aktifleştirir
Mikrobesinler		
Klor	Cl^-	Fotosentezde suyun ayrışma basamağı için gerekli; su dengesinde iş görür
Demir	Fe^{3+}, Fe^{2+}	Sitokromların bileşeni, bazı enzimleri aktifleştirir
Bor	$H_2BO_3^-$	Klorofil sentezinde kofaktör, karbonhidrat taşınımı ve nükleik asit sentezinde yer alabilir
Manganez	Mn^{2+}	Amino asitlerin oluşumunda aktif, bazı enzimleri aktifleştirir; fotosentezin su ayrıştırma basamağında gerekli
Zinc	Zn^{2+}	Klorofil oluşumunda aktif; bazı enzimleri aktifleştirir
Bakır	Cu^+, Cu^{2+}	Pekçok redoks ve lignin biyosentezi enziminin bileşeni
Molibden	MoO_4^{2-}	Azot fiksasyonu için elzem; nitrat indirgenmesinde kofaktör olarak iş görür.
Nikel	Ni^{2+}	Azot metabolizmasında iş gören bir enzimin kofaktörü

Mineral Eksikliğine Bağlı Semptom

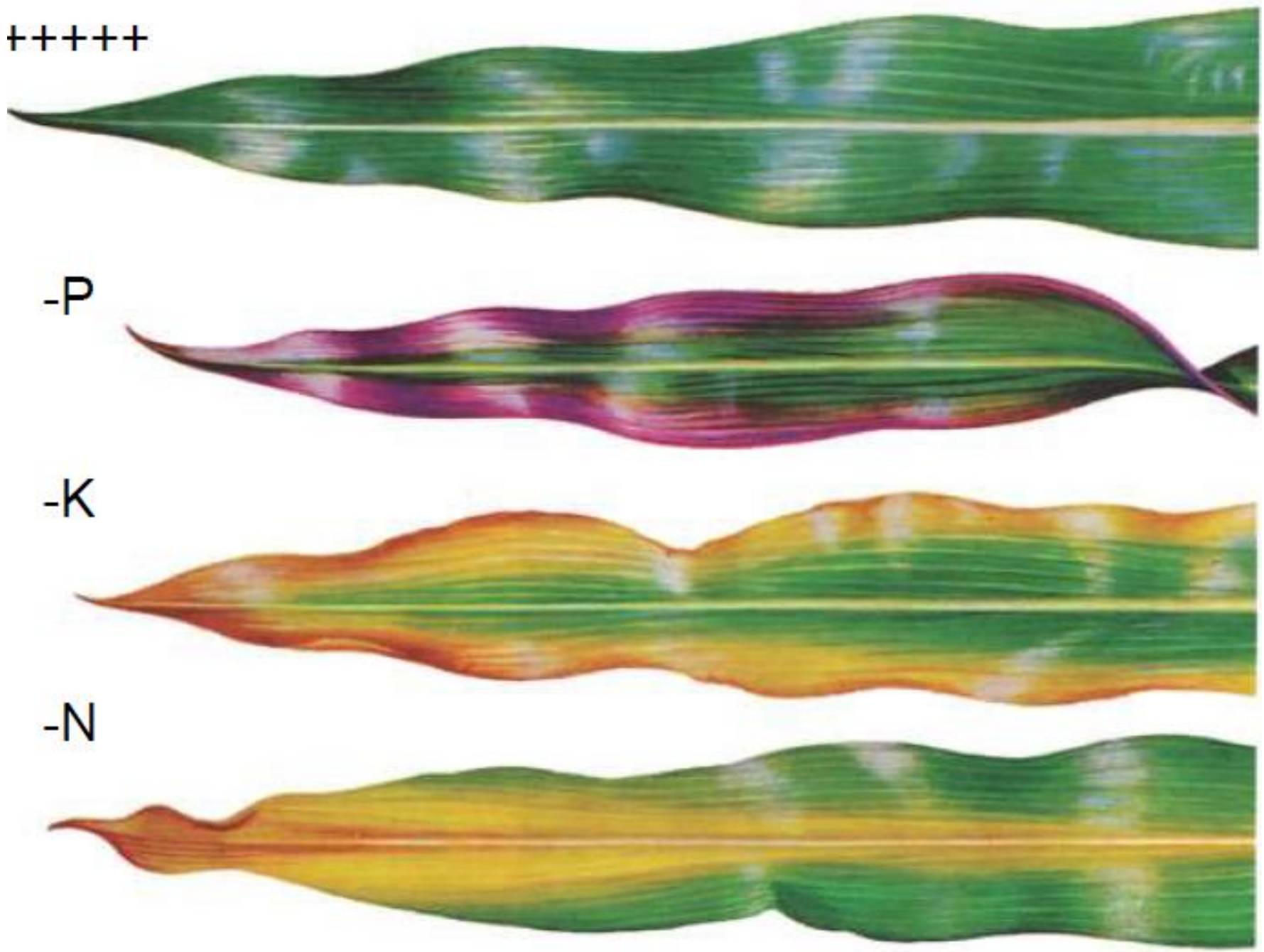
- Bir mineralin eksikliğine bağlı olarak oluşan semptomlar, kısmen o besin elementinin bitkideki işlevine bağlıdır. Örneğin, klorofilin bir bileşeni olan magnezyumun eksikliği, yapraklarda sararmaya ya da klorozise neden olur.
- Klorofil demir içermediği halde, demir eksikliği klorozise neden olabilir. Çünkü bu metal, klorofil sentezinde bir kofaktör olarak gereklidir.



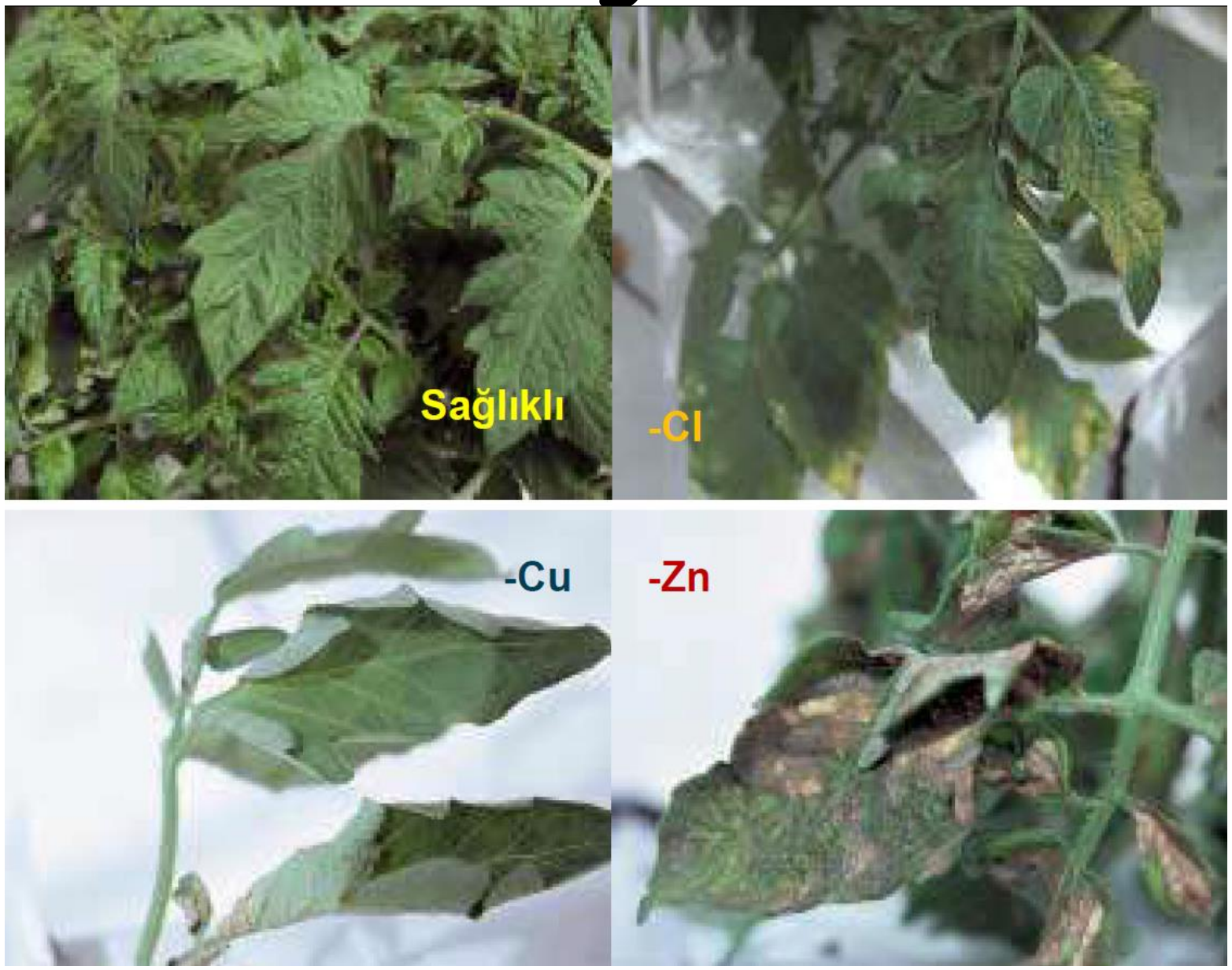
ŞEKİL 37.3 Bir domates bitkisinde magnezyum eksikliği.

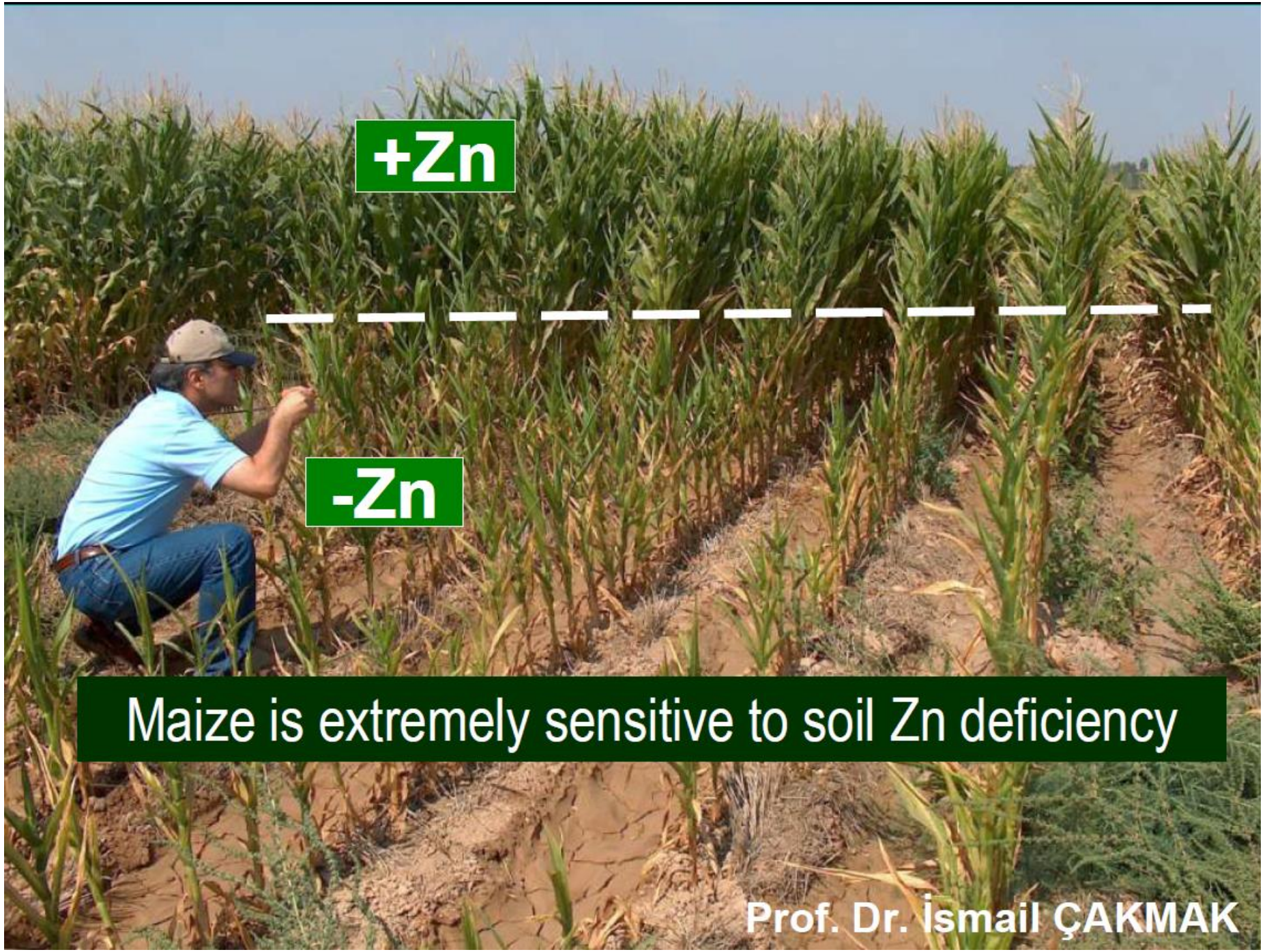
Mineral Eksikliğine Bağlı Semptom

- Eğer bir besin elementi bir bitkinin bir kısmından diğer kısmına serbestçe taşınıyorsa, eksik semptomları ilk olarak daha yaşlı organlarda görülür.
- Örneğin, magnezyum kırlığı çeken bir bitkide klorozis ilk olarak yaşlı yapraklarda ortaya çıkar. Bitkide nispeten hareketli olan magnezyum, bitki tarafından tercihen genç yapraklara gönderilir.
- Eksiklik semptomlar dışında, bitki ve toprağın mineral içeriğinin analiz edilmesi ile de anlaşılır.
- Azot, potasyum ve fosfor eksikliği, en yaygın sorundur.
- Mikrobesin elementi eksikliği, daha az yaygın olup toprak bileşimindeki farklılıklar nedeniyle coğrafik olarak lokal alanlarda ortaya çıkma eğilimindedir. Bu eksikliğin giderilmesi için gereken mikrobesin elementi miktarı çoğunlukla çok azdır. Örneğin, meyve ağaçlarındaki çinko eksikliği, her bir ağacın gövdesine birkaç çinko çivi çakılarak giderilebilir.


+++++
-P
-K
-N

Mikroelement eksikliği-Cu, Zn, Cl




+Zn
-Zn
Maize is extremely sensitive to soil Zn deficiency
Prof. Dr. İsmail ÇAKMAK

Hidroponik Çiftçilik

- Optimum mineral besleme sağlamanın yollarından biri, bitkileri besin çözeltilerinde hidroponik olarak yetiştirmektir. Mineral besin elementleri hidroponik ortamda incelikle ayarlanabilir.
- Hidroponik sistemler şu an ticari olarak sınırlı ölçekte kullanılmaktadır. Bunun nedeni, toprakta ürün yetiştirmeye göre, hidroponik çiftçilik için gerekli cihaz ve işçilik gereksinimlerinin nispeten daha pahalı olmasıdır.



Bitki Beslenmesinde Toprağın Tesktürü ve Kompozisyonu

- İklim yanı sıra, toprak tekstürü ve kimyasal bileşimi, doğal bir ekosistemde belirli bir alanda hangi çeşit bitkinin daha iyi yetişebileceğini belirler.

- Toprak= Parçalanmış kaya
- Kışın donan su, suda çözünmüş asitler ve kayaya yerleşen organizmalardan salınan asitler ve kayalardaki yarıklarda büyüyen kökler ile kaya parçalanır.
- Tüm bu etkinlikler sonucunda bir **üst toprak** katmanı oluşur; üst toprak katmanı, kayadan gelen partiküllerin, canlı organizmaların ve kısmen parçalanmış organik madde kalıntısı olan humusun oluşturduğu bir karışımıdır. Toprak üst tabakası ve diğer toprak tabakalar ya da **horizon**lar, yol kesitlerinde dikey bir profil olarak görünür

HORİZONLAR



Üst katman olan A horizonu, çeşitli tekstürdeki parçalanmış kaya, canlı organizmaya ve parçalanan organik maddenin bir karışımıdır.

B horizonu A horizonundan daha az organik madde içerir ve daha az aşınmıştır.

Başlıca kısmen parçalanmış kayadan oluşan C horizonu toprak üst tabakaları içine alan madde olarak iş görür.

Toprak Tekstürü

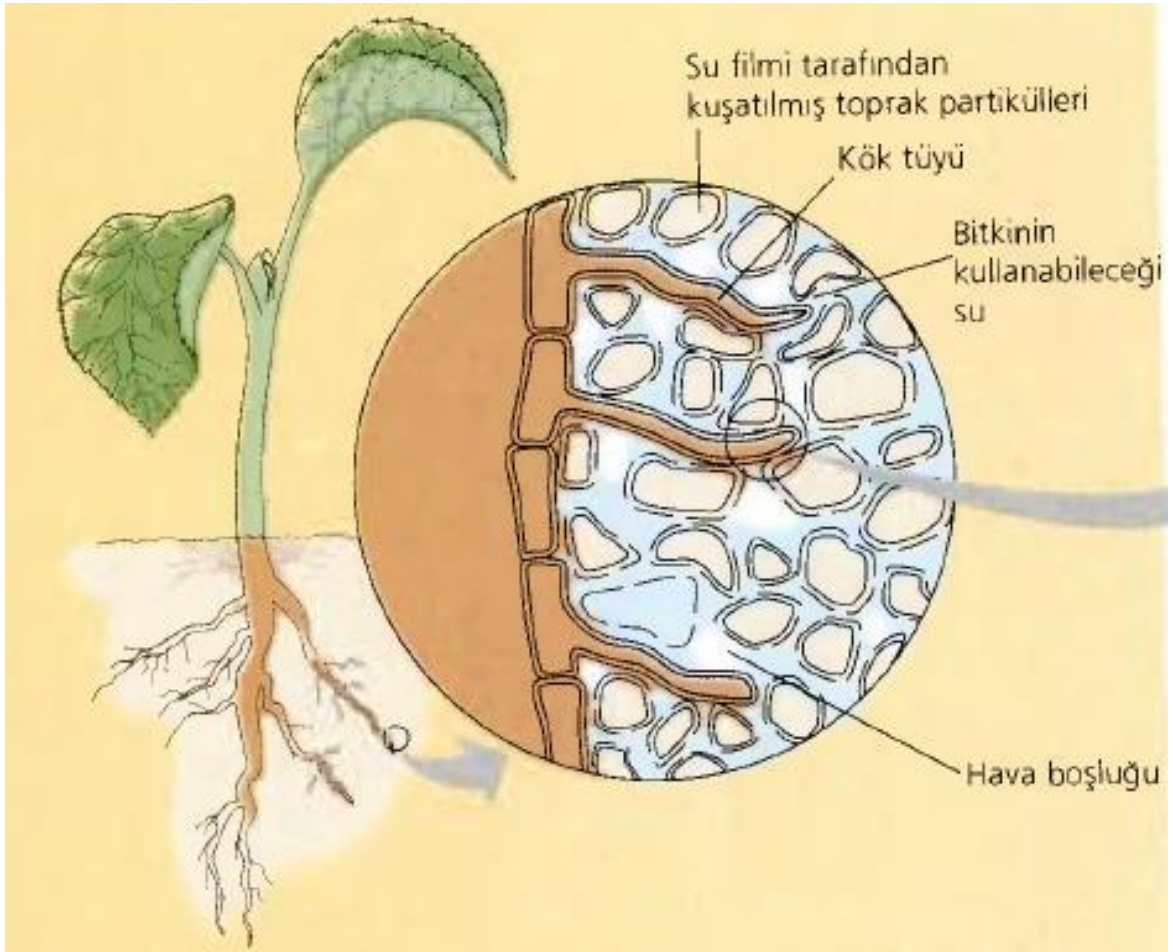
- Toprakta partikül büyüklüğü çakıl ile kil arasında değişiklik gösterir.
- En verimli toprak=**Loam**= Eşit miktarda kum, mil ve kil içerir.
- Su ve minerallerin tutunacağı geniş bir yüzey alanı sağlarlar, çakıl partikülleri de köklerin hücresel solunumu için gerekli olan oksijen için hava boşluğu sağlar.
- Eğer toprağın drenajı yeterli değilse, kök zarar görür. Çünkü hava boşluklarının yerini su alır. Ayrıca içi suyla dolmuş topraklarda kökler küf mantarlarının saldırısına uğrar.
- Bununla birlikte, bazı bitkiler, içi suyla dolmuş topraklara uyum sağlamıştır. Örneğin, bataklıklarda yaşayan mangroların köklerinin bazıları, içi boş silindir şeklinde değişime uğramıştır. Bu değişime uğramış kökler yukarı doğru büyür ve havadan oksijeni getiren şinorkel olarak iş görürler.

Üst Toprak Katmanındaki Canlılar

- Üst toprak katmanı, şaşırtıcı sayıda ve çeşitlilikte organizma için yuva oluşturur. Çeşitli mantarlar, algler ve diğer birhücreliler, böcekler, solucanlar, nematodlar ve bakteriler üst katmanda yaşar.
- Tüm bu organizmaların aktiviteleri toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkiler.
- Örneğin, toprak solucanları toprağı karıştırarak havalandırır ve toprak partiküllerini bir arada tutan mukus salgılarlar.
- Bakterilerin metabolizması toprağın mineral bileşimini değiştirir.
- Bitki kökleri su ve mineralleri almakla birlikte, toprak pH'sını de etkiler ve erozyona karşı toprağı korur.
- Toprak üst tabakasının, önemli bir elemanı olan humus, parçalanmış organik maddedir; humus bakterilerin ve mantarların ölü organizmalar, dışkı, dökülmüş yapraklar ve diğer organik kalıntılar üzerine etkisi etmesiyle oluşur. Humus, kilin sıkışmasını önler ve suyu tutan gevrek bir toprak oluşturur,
- Ayrıca humus mikroorganizmalar organik maddeleri ayrıştırınca yavaşça toprağa geri dönen mineral besin elementlerinin bir deposu olarak iş görür.

Toprak Suyunun ve Minerallerin Kullanılabilirliği

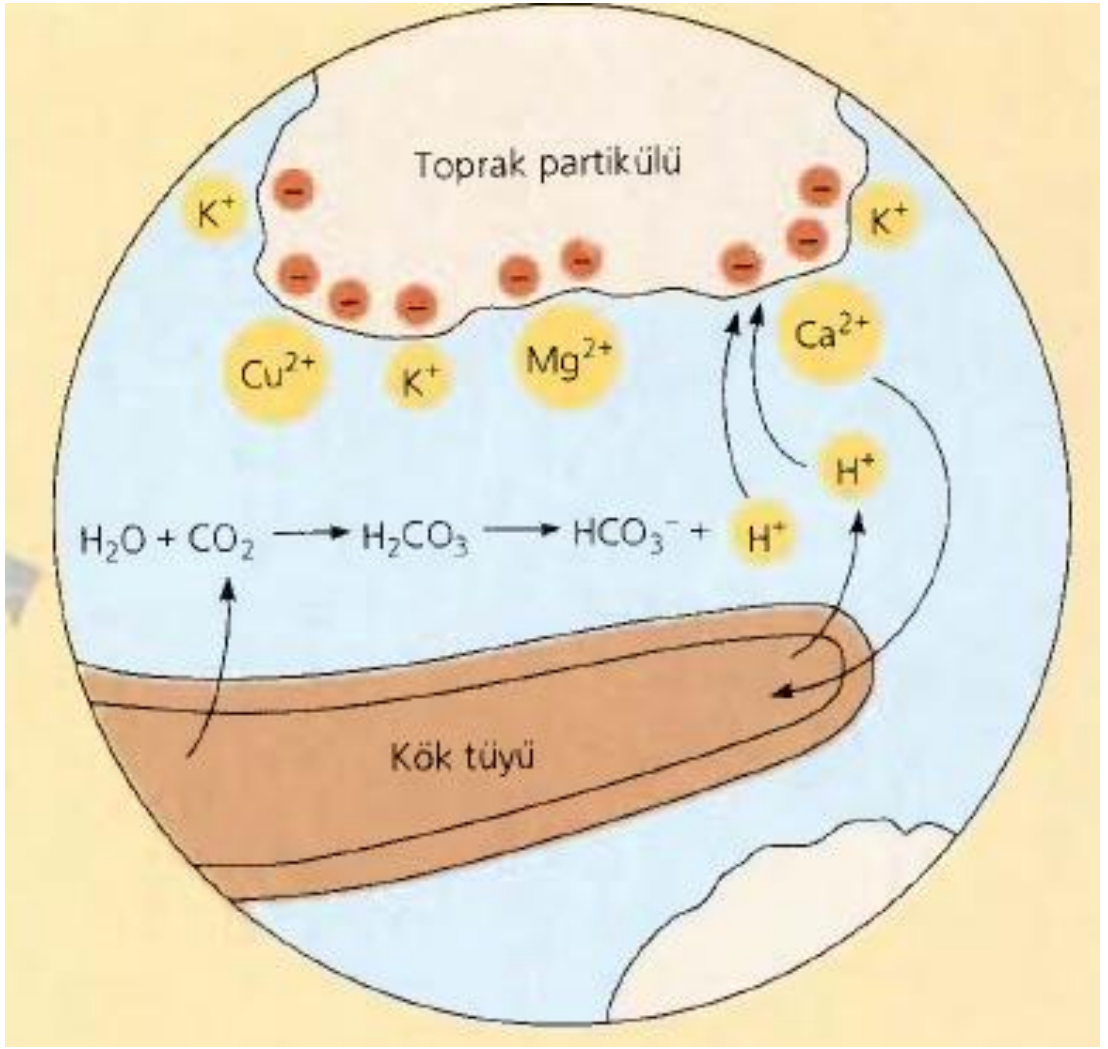
- Yoğun bir yağıştan sonra, su geniş toprak boşluklarından aşağı süzülür daha küçük boşluklar suyu tutar. Çünkü su, elektriksel olarak yüklü yüzeylere sahip olan toprak partiküllerini çeker.
- Partiküllere daha gevşek bağlanmış olan su filmi, genel olarak bitkiler için yarayışlı sudur. Bu su, saf su olmayıp, çözünmüş mineralleri içeren bir **toprak çözeltisidir**. Kökler, bu toprak çözeltisini absorblar.



(a) Toprak suyu. Bir bitki topraktaki tüm suyu alamaz. Çünkü suyun bir bölümü hidrofilik toprak partiküllerine sıkıca bağlıdır. Toprak partiküllerine gevşek bağlanan su, kökler tarafından alınabilir.

Toprak Suyunun ve Minerallerin Kullanılabilirliği

- Topraktaki pek çok mineral, --özellikle potasyum (K^+), kalsiyum (Ca^{2+}) ve magnezyum (Mg^{2+}) gibi pozitif yüklü olanlar- kil partiküllerinin negatif yüklü yüzeylerine elektriksel çekimle tutunmuştur.
- Nitrat (NO_3^-), fosfat ($H_2PO_4^-$) ve sülfat (SO_4^{-2}) gibi negatif yüklü mineraller, çoğunlukla toprak partiküllerine sıkı bağlanmadıklarından daha hızlı süzülme eğilimindedirler.
- Topraktaki hidrojen iyonları, kil partiküllerindeki mineral iyonları ile yer değiştirdiğinde pozitif yüklü mineraller, bitki için kullanmaya hazır hale gelir. **Katyon değişimi** olarak isimlendirilen bu işlem, kökün kendisi tarafından teşvik edilir ve kökler, H^+ iyonu ve toprak çözeltisi içerisinde asit oluşturan bileşikler salgılar.



Toprağın korunması

- Doğal ekosistemlere karşın tarım, toprağın mineral içeriğini azaltır, su rezervlerini tüketir, erozyon oluşumuna neden olur.
- Bir ürünü hasat ettiğimizde, elzem elementler o alanda süren kimyasal döngüden çıkmış olur. Genel olarak tarım, toprakların mineral içeriğini azaltır.
- Bir ton buğday tanesi elde etmek için, toprak 18.2 kg azot, 3.6 kg fosfor ve 4.1 kg potasyum kaybeder. Kaybedilen minerallerin yenilenmesi için gübre uygulanmazsa toprağın verimliliği her yıl azalır.
- Aynı zamanda, pek çok kültür bitkisi, bir zamanlar o bölgede yetişen doğal bitki örtüsünden daha fazla su kullandığından, çiftçileri sulama yapmaya zorlar.
- Toprak koruma strateji gübreleme, sulama ve erozyonu önleme olup, toprağa verilen zararı azaltma amacı ile uygulanır.

Gübreleme

- Tarih öncesi gözlem….hayvan dışkısı bırakılan yerde çimen daha hızla büyür.
- Romalılar hayvan gübresi kullanmışlar.
- Amerikan yerlileri ise mısır ektiklerinde tohumlarla birlikte balık gömmüşlerdir.
- Bugün gelişmiş ülkelerdeki çiftçilerin çoğu ticari olarak üretilmiş gübreleri kullanmaktadırlar. Bu gübreler, çoğunlukla azot, fosfor ve potasyum gibi üç mineral element bakımından zenginleştirilmiştir.
- Ticari gübreler mineral içeriklerini gösteren üç rakamlı bir kod ile etiketlenmiştir. Örneğin "10-12-8" işaretli bir gübre,% 10 azot (amonyum ya da nitrat olarak), % 12 fosfor (fosforik asit olarak), ve % 8 potasyum (potasyum minerali olarak) içerir.

Gübreleme

- Hayvan gübresi, balık yemi ve kompost, "organik" gübreler olarak isimlendirilir. Çünkü, bunlar biyolojik kökenli olup parçalanabilen organik madde içerirler. Bununla birlikte, komposttaki elementler bitki için herhangi bir şekilde kullanılmadan önce, organik maddenin köklerin absorblayabileceği inorganik besin elementlerine parçalanması gerekir.
- Halbuki, ticari gübrelerdeki mineraller hemen kullanılabilir durumdadır, fakat bu mineraller toprakta uzun süre saklanamayabilir. Bitkiler tarafından alınmayan fazla mineraller, yağmur sularıyla ya da sulama sularıyla topraktan süzüldüğü için genellikle kaybolur. Daha kötüsü, bu minerallerin süzülmesi yeraltı suyunu kirletebilir ve sonuçta akarsulara ve göllere ulaşır.
- Toprağın pH'sı mineral alınımını etkiler.

Sulama

- Çitfçilik, kurak bölgelerde su kaynaklarının dev bir tüketicisi durumundadır.
- Aşırı sulama nedeniyle kurak bir bölgede toprağın tuzlanmasına yol açar. Bunun sonucu toprak tümüyle elverişsiz hale gelir. Su buharlaştıkça, sulama suyundaki tuzlar, toprakta birikir. Sonunda tuz, toprak çözeltisinin su potansiyelini, kök hücrelerininkinden daha düşük hale getirir; ve bunun sonucu olarak da kök hücreleri suyu absorblayamaz ve su kaybeder.

- Damla yöntemi ile sulama
- Daha az su isteyen bitki türlerinin geliştirilmesi

Erozyon

- Toprağının üst katmanı, su ve rüzgar erozyonuyla kaybolmaktadır. Bazı önlemler bu kayıpları azaltabilir.
- Tarlaları birbirinden ayıran ağaç sıraları, rüzgarı etkin bir şekilde kırabilir.
- Eğimli arazilerin teraslanması, şiddetli bir yağmurda toprağın yıkanarak uzaklaşmasını engelleyebilir.
- Adi yonca ve buğday gibi ürünler iyi bir yer örtüsü oluşturur.



Fitoremediasyon=Çevre Kirliliğinin Bitkilerle Giderilmesi

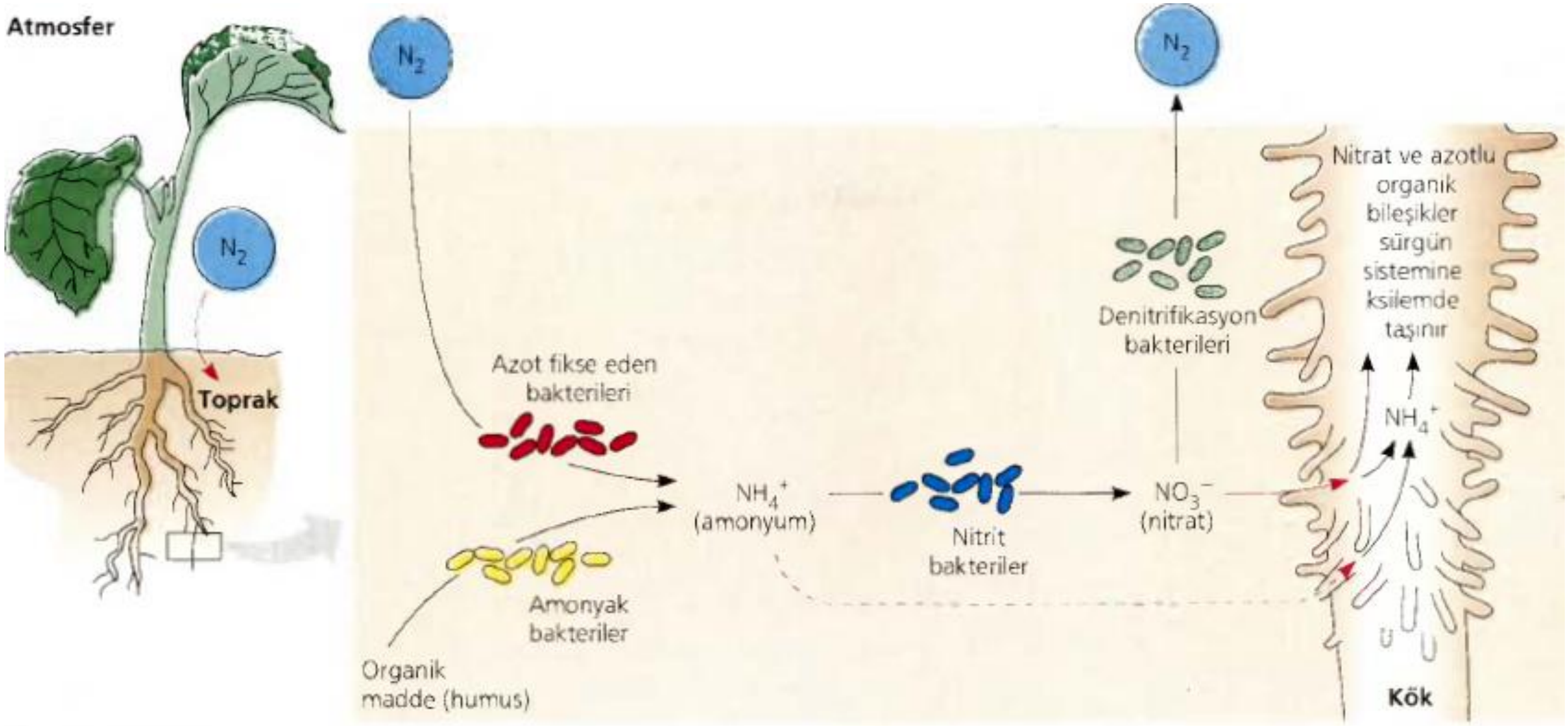
- İnsan etkinlikleri sonucu bazı bölgelerde toprak ya da yer altı suyu toksik ağır metaller ya da organik kirleticilerin birikimi sonucu, tarım ya da yaban hayatı için uygunsuz hale gelmiştir.
- Toprakları arıtmak için kullanılan biyolojik olmayan yöntemler pahalı ve çevreye zarar verebilir.
- Fitoremediasyon bu tür kirlenmiş alanları, kültür yapmaya uygun hale getirmeyi amaçlayan, yeni gelişen ve bozucu olmayan bir teknolojidir. Fitoremediasyonda bazı bitki türlerinin topraktan ağır metalleri ve diğer kirleticileri etkin bir şekilde almalarının ve bitkinin kolay hasat edilen kısımlarında etkili bir şekilde biriktirebilmelerinin avantajı kullanılır
- Örneğin, alpin bir bitki olan, *Thlaspi caerulescens* toprak üstü kısımlarında pek çok bitkinin tolerans gösterebileceğinden 300 kat daha fazla çinko biriktirebilir.

BİTKİLERİN AZOT İHTİYACI

- Mineraller arasında, azot, bitkilerin büyümesini ve kültür bitkilerinin verimliliğini çoğunlukla sınırlayan minerallerden biridir.
- Bitkiler, proteinlerin, nükleik asitlerin ve diğer önemli organik moleküllerin bileşeni olarak azota gereksinim duyar.
- Atmosferin yaklaşık %80'ni azot olmasına karşılık, bitkiler atmosferde, gaz halindeki azotu (N_2) kullanamaz. Bitkilerin azotu absorblayabilmeleri için, azotun önce amonyum (NH_4^+) ya da nitrata (NO_3^-) dönüştürülmesi gerekir. Diğer minerallerin aksine topraktaki NH_4^+ ve NO_3^-, ana kayacın parçalanmasından oluşmaz.

BİTKİLERİN AZOT İHTİYACI

- Amonyaklaştırıcı bakterilerin dahil olduğu mikroorganizmalar tarafından humusun ayrıştırılması, kısa dönemde, azotlu minerallerin ana kaynağını oluşturur. Bu yolla, proteinler gibi organik bileşiklerde bulunan azot, tekrardan inorganik bileşiklere dönüştürülür; ve bunlar, mineral olarak bitki kökleri tarafından absorblandığı zaman döngüde tekrardan dolaşabilir.
- Bununla birlikte, topraktaki denitrifikasyon bakterileri nitratı (NO_3^-) azota (N_2) dönüştürdüğü zaman azot, topraktan atmosfere geçerek bu lokal döngüden kaybedilir.
- **Azot fikse eden bakteriler** olarak isimlendirilen diğer bazı bakteriler, azotu (N_2) amonyağa (NH_3) dönüştürerek azotlu mineralleri toprağa tekrar depolar. Bu işlem **azot fiksasyonu** olarak isimlendirilir.


Atmosfer
N_2
N_2
Toprak
N_2
Azot fikse eden bakterileri
Amonyak bakteriler
Organik madde (humus)
NH_4^+ (amonyum)
Nitrit bakteriler
NO_3^- (nitrat)
Denitrifikasyon bakterileri
Nitrat ve azotlu organik bileşikler sürgün sistemine ksilemde taşınır
NH_4^+
Kök

Dünya üzerinde yaşam, yalnızca belirli prokaryotlar tarafından gerçekleştirilen azot fiksasyonuna bağlıdır

- Atmosferik azotun (N) amonyağa (NH) dönüşümü karmaşık ve çok basamaklı bir süreç olmakla birlikte, tepkimeye giren maddeleri ve ürünleri göstererek azot fiksasyonunu basitleştirebiliriz.
- $N_2 + 8e^- + 8H^+ + 16\ ATP \rightarrow 2NH_3 + H_2 + 16\ ADP + 16\ Pi$
- **Nitrojenaz** olarak isimlendirilen bir enzim kompleksi, tüm reaksiyon zincirini katalizler. Nitrojenaz, hidrojen iyonlarıyla birlikte elektronlarının eklenmesini de sağlayarak azotu (N_2) amonyağa (NH_3) indirger.
- ATP, hücresel solunum sonucu organik maddelerden kaynaklanır.

BİTKİLERİN AZOTU ABSORBLAMASI

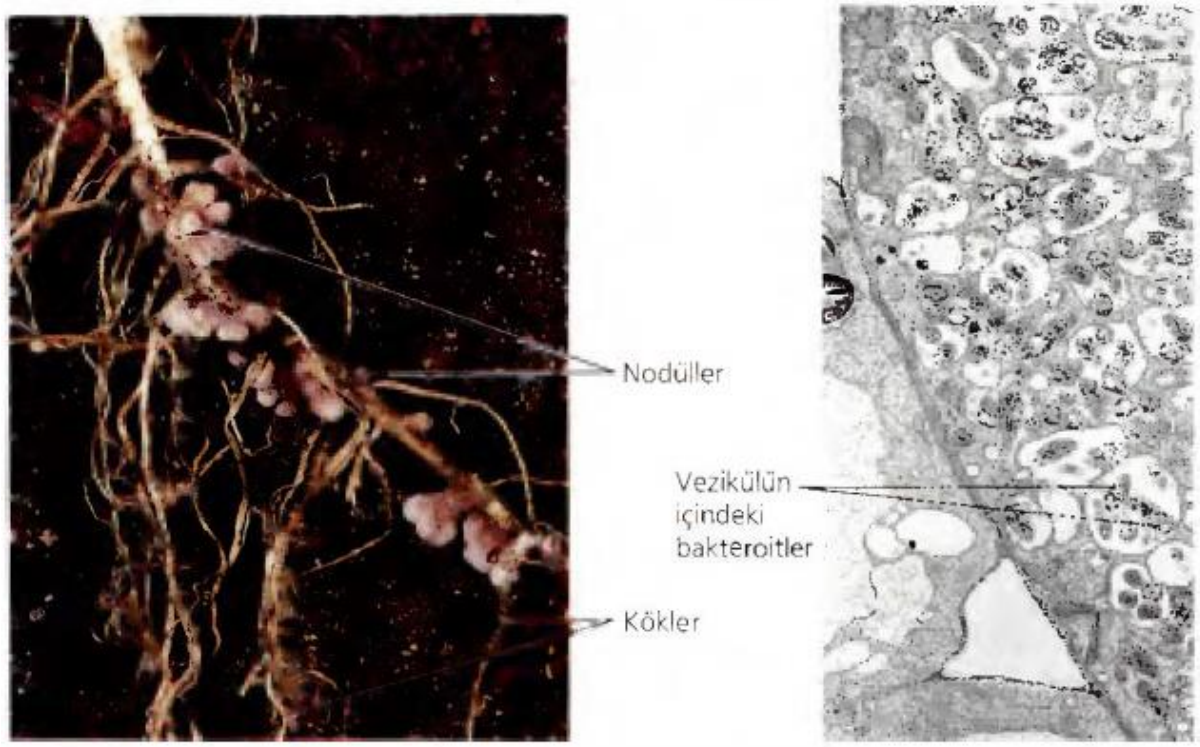
- Toprak çözeltisinde amonyak, bitkilerin absorblayabildikleri amonyumu (NH_4^+) oluşturmak için diğer bir hidrojen iyonu alır. Bununla birlikte, bitkiler azotu esas olarak nitrat (NO_3^-) formunda alır. Nitrat, amonyumu oksitleyen nitrit bakterileri tarafından toprakta üretilir.
- Nitrat, kökler tarafından absorbe edildikten sonra, bir bitki enzimi tarafından tekrardan amonyuma indirgenebilir; amonyumun, daha sonra diğer enzimler tarafından amino asitlerin ve diğer organik bileşiklerin yapısına katılması sağlanır. Bitkilerin çoğu, azotu köklerden gövdeye ksilem aracılığıyla, nitrat formunda ya da köklerde sentezlenmiş olan organik bileşikler (amino asit gibi) şeklinde gönderir.

Kültür bitkilerinde protein düzeyinin artırılması, tarımsal araştırmaların ana amacıdır

- Dünyadaki insanların çoğunluğu --özellikle gelişmekte olan ülkelerde-- esas olarak vejetaryandır. Bu nedenle, protein için esas olarak bitkilere bağımlıdırlar. Maalesef, pek çok bitkinin protein içeriğinin düşük olmasının yanında, mevcut proteinler de insanların beslenme için gereksinim duydukları bir ya da daha fazla amino asit bakımından eksiktir. Bitkisel ürünlerde protein niteliğinin ve niceliğinin artırılması, tarımsal çalışmaların ana amacıdır.
- Islah çalışmaları sonucunda proteince zengin, yeni mısır, buğday ve pirinç çeşitleri geliştirilmiştir. Bununla birlikte, bu "süper" çeşitlerin çoğu, ticari gübre olarak uygulanan azota genellikle aşırı gereksinim duymaktadır. atmosferik azottan ticari olarak amonyak ve nitrat üretiminin enerji maliyeti çok yüksektir.
- Gelecekte, nitrojenazın azotu fikse etme mekanizmasına dayalı yeni katalizörlerin kullanılması, gübre üretiminin maliyetini düşürebilir. Biyokimyacılar *Rhizobium*'da nitrojenazın yapısını belirlemiştir. Bu, kimya mühendislerine benzer yapıda katalizörleri tasarlamaları için model oluşturmuştur.

Simbiyotik azot fiksasyonu, kökler ve bakteriler arasındaki karmaşık ilişkiler sonucunda gerçekleşir

- Pek çok bitki familyası, azot tespit eden bakterilerle simbiyotik ilişkiler kuran türler içerir. Azot tespit eden bakteriler diğer organik bileşikleri özümlemeleri için köklere tespit edilmiş azot sağlar.
- Simbiyotik azot fiksasyonu üzerindeki araştırmaların çoğu baklagil familyası üyeleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Bir baklagilin kökleri **nodüller** olarak isimlendirilen yumrulara sahiptir. Nodüller *Rhizobium* genusuna ait ("kökte yaşayan") azot tespit eden bakterileri içeren bitki hücrelerinden oluşmaktadır. Rhizobium *bakterileri* nodülün iç kısmında, kök hücresi tarafından oluşturulan veziküllerde yerleşmiş ve **bakteroidler** olarak isimlendirilen bir yapı oluştururlar. Her bir belirli bir *Rhizobium* türüyle birlik oluşturur.

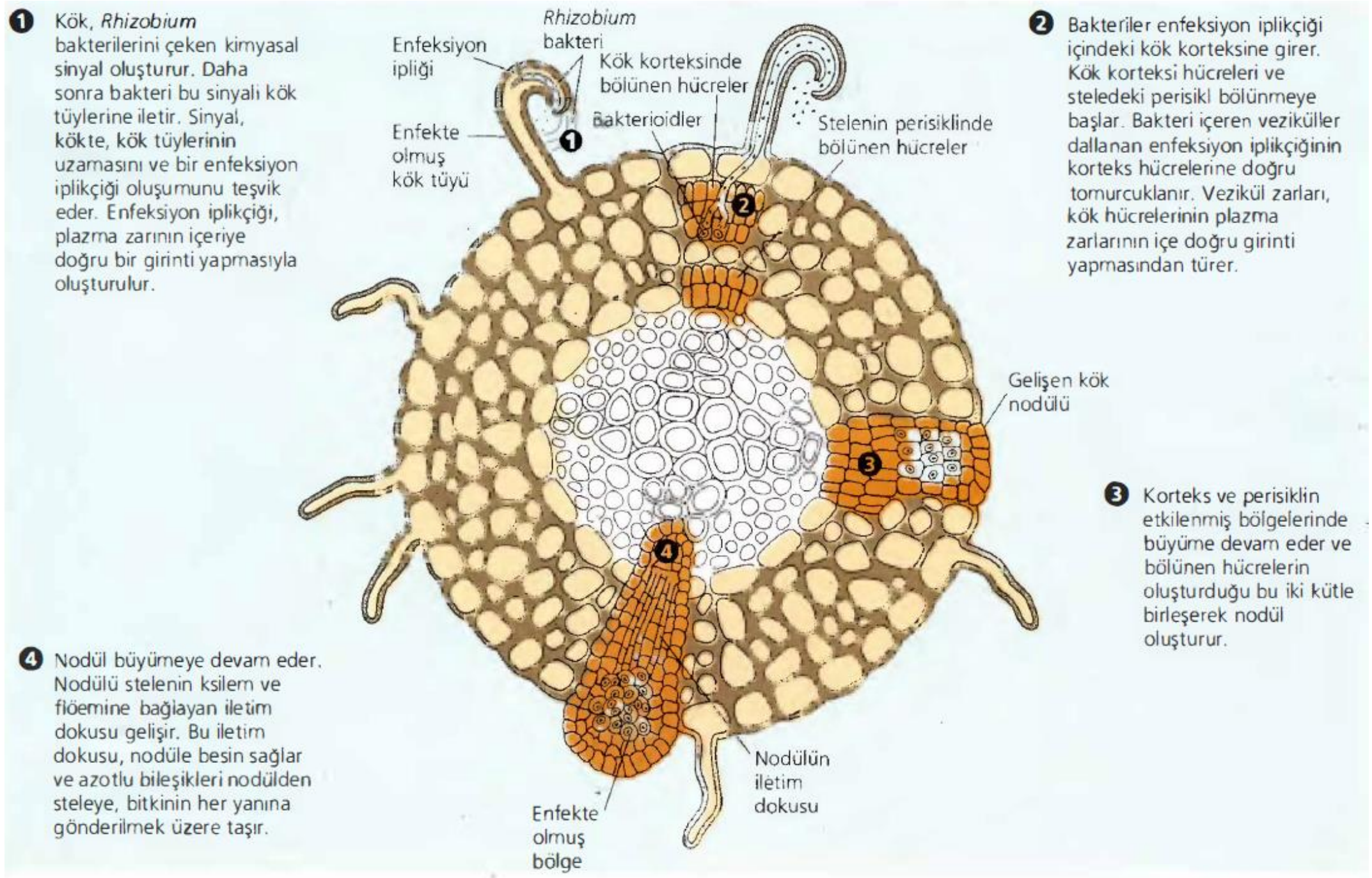


(a) **Bezelye bitkisinin kökü.** Bezelye kökü üzerindeki bu yumrular, simbiyotik bakteriler içeren nodüllerdir. Bakteriler azotu tespit eder ve bitkinin ona sağladığı fotosentetik ürünleri elde ederler.

(b) **Bir soya fasulyesi kök nodülündeki bakteroidler.** Tarama elektron mikroskobunda alınmış bu resimde, bir soya fasulyesi kök nodülündeki hücre veziküllerin içinde yer alan bakteroidler tarafından doldurulmuştur. Soldaki hücre enfekte olmamıştır.

ŞEKİL 37.10 Baklagiller üzerinde kök nodülleri.

- Bir baklagil ve azot fikse eden bakteri arasındaki simbiyotik ilişki her iki ortağın yarar sağladığı mutalistik bir ilişkidir. Bakteri baklagile tespit edilmiş azot, bitki ise bakteriye karbonhidrat ve organik bileşikleri sağlar.
- Bazı kök nodülleri, **leghemoglobin** olarak isimlendirilen bir molekülün varlığı nedeniyle kırmızımsı renklidir. Leghemoglobin demir içeren bir proteindir. Kök nodülündeki leghemoglobin, azot fiksasyonu için gerekli olan ATP üretimi için bakterinin gereksinim duyduğu şiddetli solunuma oksijen sağlanmasını düzenler; böylece bir oksijen "tamponu" olarak iş görür.



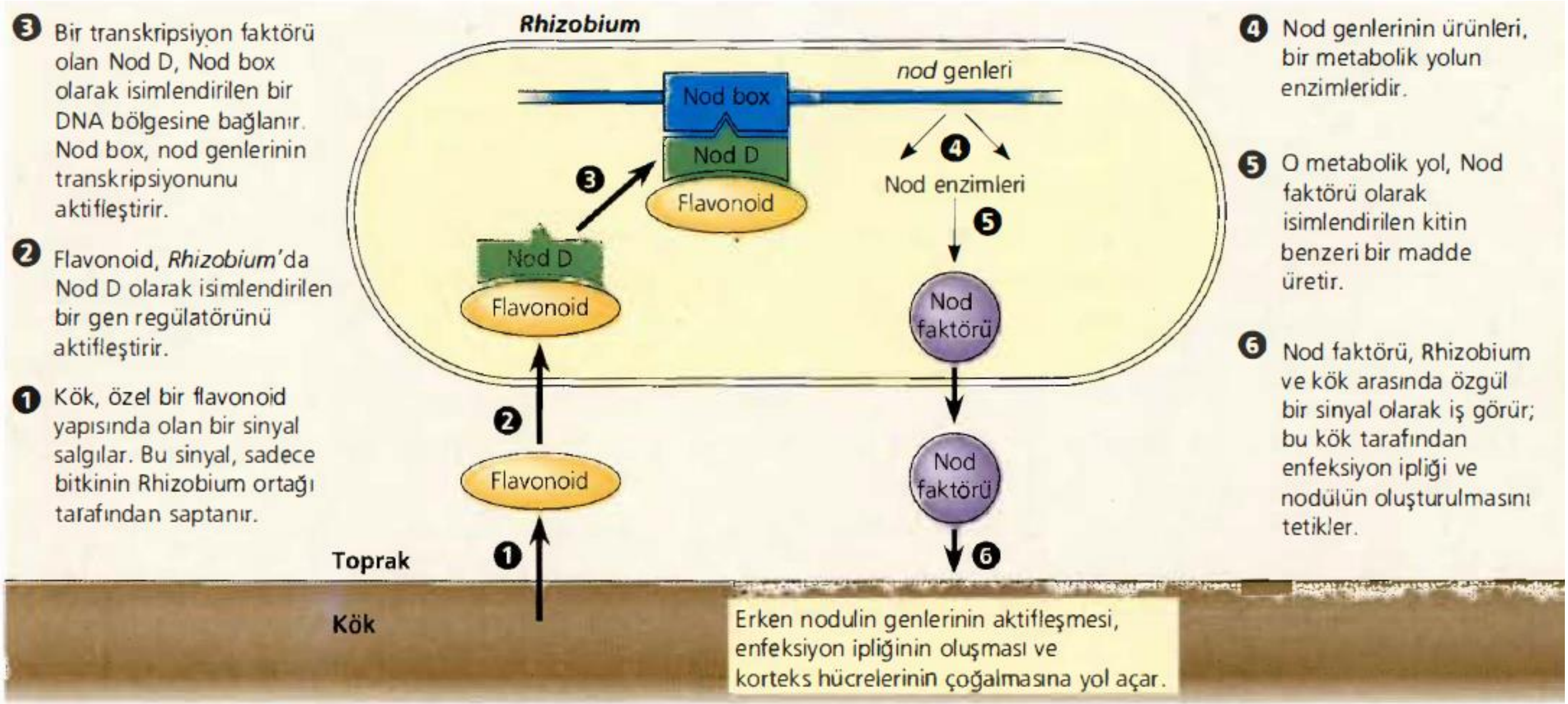
ŞEKİL 37.11 Soya fasulyesinde kök nodülünün gelişimi.

Ürün rotasyonu ve yeşil gübre

- Ürün rotasyonunda, birinci yıl mısır gibi baklagil olmayan bir bitki, ikinci yıl ise toprakta fikse edilen azot konsantrasyonunu yenilemek için adi yonca ya da diğer bazı baklagiller ekilir. Baklagil hasat edilmeyip, "yeşil gübre" olarak ayrışsın diye sürülerek toprağa karıştırılır. Kendisine özgü *Rhizobium ile temasını garanti altına almak için, baklagilin* tohumları, bir bakteri kültürüne daldırılır ya da ekimden önce bakteri sporları püskürtülür.
- Ticari önemi büyük olan pirinç gibi bir bitki, simbiyotik azot fiksasyonundan dolaylı yararlanır. Pirinç üreticileri, çeltik tarlalarında *Azolla olarak isimlendirilen*bir su eğreltisi yetiştirirler. Azot fikse eden simbiyotik siyanobakterilere sahip olan bu eğrelti, çeltik tarlalarının verimliliğini artırır. Sonunda, büyüyen pirinç, *Azolla'yı* gölgeleyerek öldürür ve organik maddenin parçalanması sonucu çeltik tarlasına daha fazla azot eklenir.

Baklagillerde Kök Nodülü Oluşumunun Moleküler Biyolojisi

- Her iki ortak, belli genlerin ifade olmasını sağlayacak şekilde, biri diğerinden gelen kimyasal sinyallere yanıt verir. Bu genlerin ürünleri nodül oluşumuna katkı yapar. İki ortak arasındaki iletişim, bitki kökleri tarafından **flavonoidler** olarak isimlendirilen moleküllerin salgılanmasıyla başlar. Flavonoidler köklerin çevresinde yaşayan *Rhizobium* hücrelerine girer. *Bu sinyalin özgüllüğü,* flavonidin yapısındaki değişikliklerden doğar. Yani belli bir baklagil türü yalnızca belli bir *Rhizobium* türünün tanıyabileceği ve absorblayacağı bir flavonoid salgılar. Bitki tarafından gönderilen sinyal, bakterinin yanıt olarak verdiği bir molekülün üretimini tetikler. Özel olarak, bitkinin sinyal molekülü, gen düzenleyen bir proteini etkinleştirir. Bu protein "nodül oluşturan" gen anlamında, nod olarak isimlendirilen bir gen kümesinin açılmasını sağlar. Bu genlerin ürünleri Nod faktörleri olarak isimlendirilen türe özgü moleküllerin üretimini katalizleyen enzimlerdir. Bakteri hücreleri tarafından salgılanan nod faktörleri, *Rhizobium*'un köke gireceği enfeksiyon iplikçiğini oluşturmak ve kökte nodül oluşumunu başlatmak için, köke sinyal gönderir. Bitkinin yanıt verebilmesi için büyük olasılıkla, erken nodülin genleri olarak isimlendirilen genlerin aktifleşmesi gerekir.



ŞEKİL 37.13 Kökte nodül oluşumunun moleküler biyolojisi.

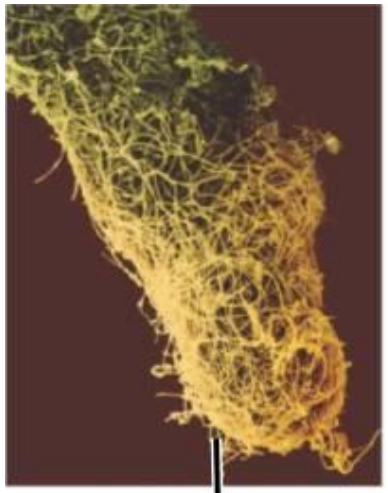
Mikorizalar, kökler ve mantarlar arasındaki simbiyotik birliklerdir

- Mikoriza ("mantar kökleri"), mantarlar ve bitki köklerinin simbiyotik birliklerinden oluşan, değişime uğramış köklerdir. Bu simbiyoz, mutualistiktir.
- Mantar, konuksever bir ortamdan ve konak bitkinin sağladığı şekerden yararlanır. Buna karşılık, mantar su alınımı için yüzey alanını artırır; ayrıca topraktan seçici olarak **fosfat** ve diğer mineralleri absorblayarak bitkiye sunar.
- Mikoriza mantarı, kökte büyüme ve dallanmaya teşvik eden büyüme faktörleri salgılar. Mantar ayrıca bitkiyi topraktaki hastalık yapıcı bakterilerden ve mantarlardan koruyan antibiyotikler üretir.

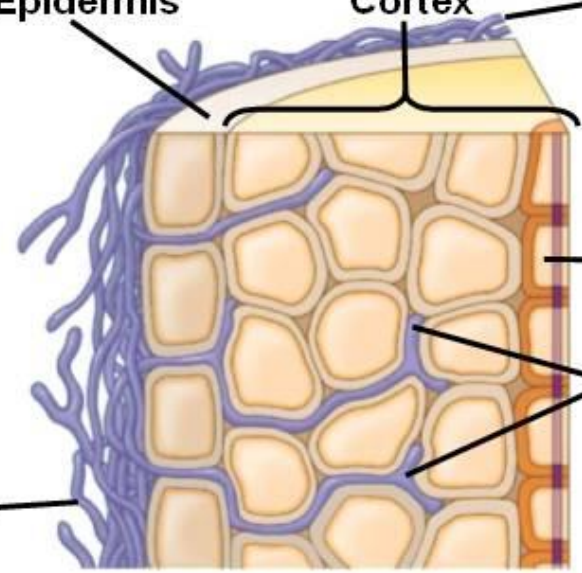
Başlıca iki mikoriza formu vardır: ektomikoriza ve endomikoriza

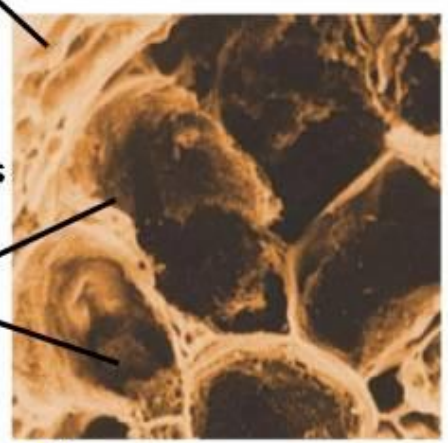
- Ektomikorizada miselyum (dallanan hif kütlesi) kök yüzeyinde yoğun bir kılıf ya da manto oluşturur. Hif, su ve mineral absorbsiyonu için yüzey alanını büyük ölçüde artırarak mantodan toprağa doğru uzanır. Mantar hifi, aynı zamanda kök korteksine doğru gelişir. Bu hifler, kök hücrelerine girmez; fakat, hücre dışı (ekstrasellular) alanlarda bir ağ oluşturur; bu ağ, mantar ile bitki arasında besin maddesi alış verişini kolaylaştırır. "Enfekte olmamış" köklerle karşılaştırılınca, ektomikoriza genellikle daha kalın, daha kısa ve daha fazla dallanmıştır. Ektomikoriza, fungal miselyumunun yüzeyini artıracak olan kök tüyleri oluşturmaz. Ektomikoriza özellikle çam, ladin, meşe, ceviz, huş ve okaliptüs familyalarını kapsayan, odunsu bitkilerde yaygındır.

Ektomikoriza

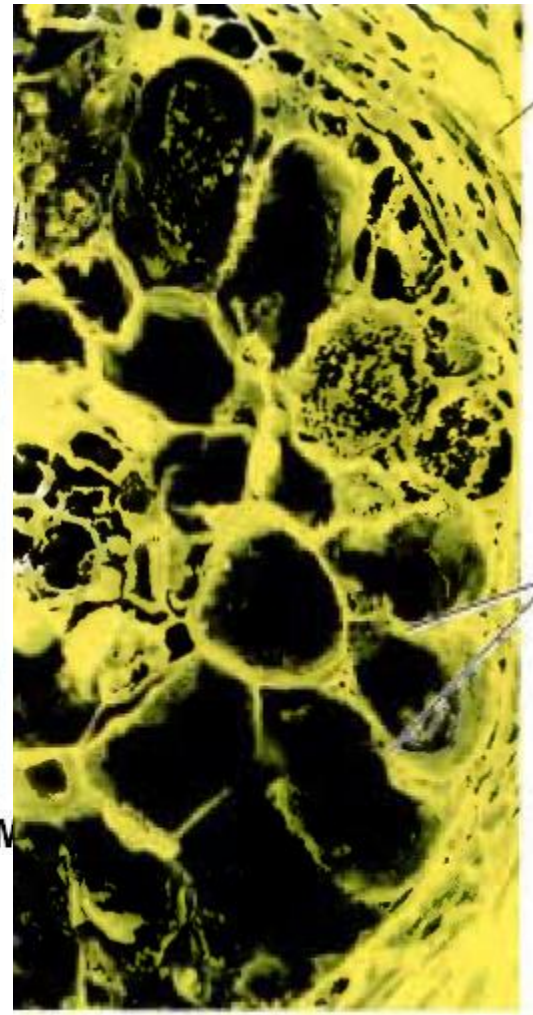


Mantle
(fungal sheath)



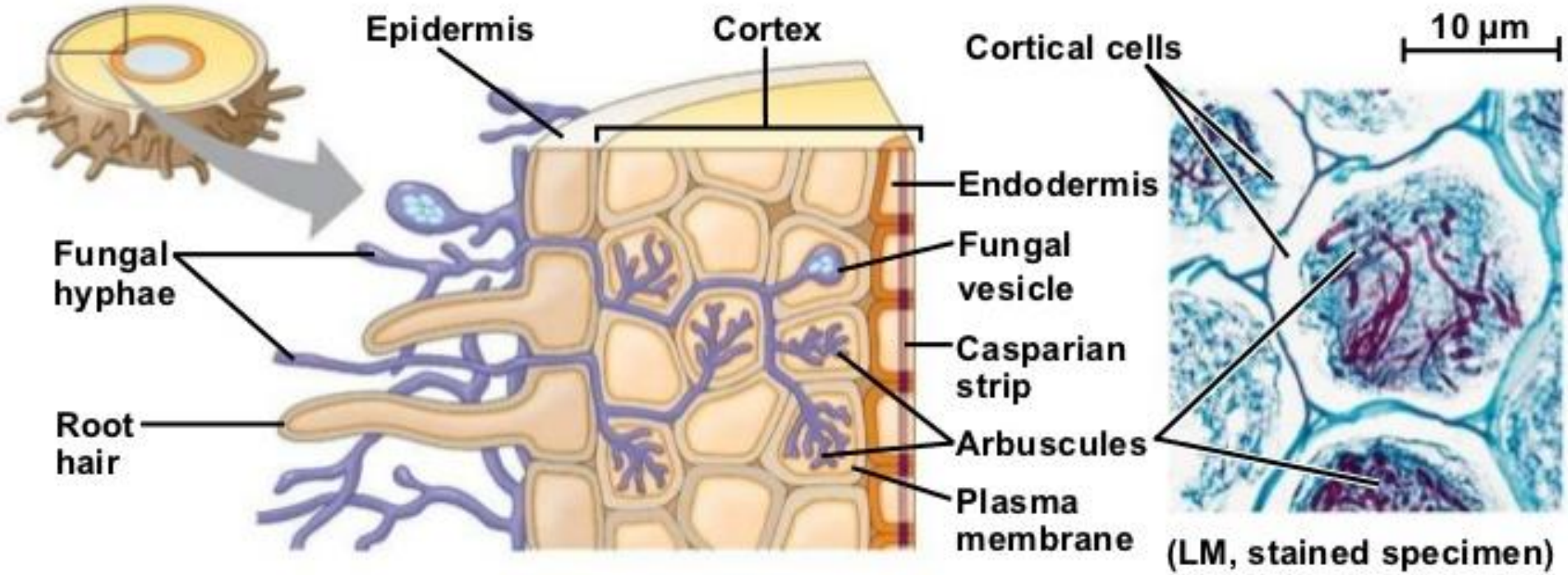


(colorized SEM



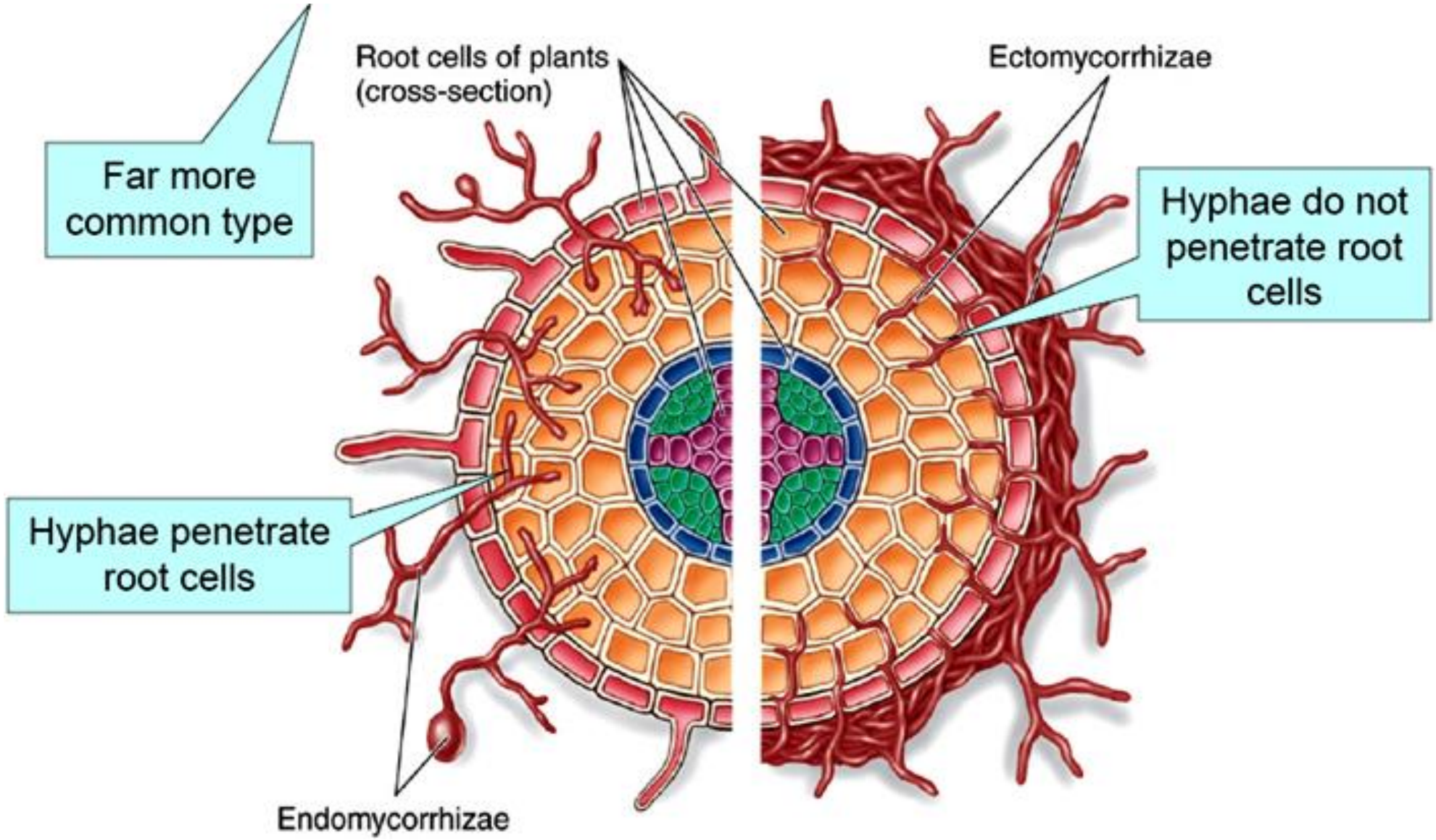
Endomikoriza

- Endomikoriza kökü dıştan kuşatan yoğun bir mantoya sahip değildir. Kökten toprağa uzanan küçük mantar hifini görmek için mikroskop gerekir. Aynı zamanda hif, küçük parçacıklar halinde, kök hücre çeperlerini sindirerek içeriye doğru uzanır (bu nedenle endomikoriza denir). Aslında bir hif, plazma zarını parçalayarak konak hücrenin sitoplazmasına girmez. Bunun yerine kök, bir tüp şeklinde büyür. Bu yapı hücre zarının içe doğru girinti yapmasıyla oluşur.
- Bazı mantar hifleri arbüsküller olarak isimlendirilen, düğme benzeri yapılar oluşturmak için çok fazla dallanırlar. Bu arbüsküller mantar ve bitki arasında besin elementi taşınımının önemli alanlarıdır.
- Ektomikorizadan çok daha yaygın olan endomikoriza, bitki türlerinin % 90'nından daha fazlasında bulunur. Mısır, buğday ve baklagiller gibi önemli kültür bitkileri bunlara dahildir.



(b) Arbuscular mycorrhizae (endomycorrhizae)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.


Far more common type
Root cells of plants (cross-section)
Ectomycorrhizae
Hyphae do not penetrate root cells
Hyphae penetrate root cells
Endomycorrhizae

Mikorizanın Tarımsal Önemi

- Kökler yalnızca uygun mantar türleri ile temas sağladıkları taktirde, mikorizaya dönüşür. Doğal ekosistemlerin çoğunda, bu mantarlar toprakta mevcut olup fidelerle mikoriza oluşturur. Ancak tohumlar, bir ortamdan toplandıktan sonra yabancı toprağa ekildikleri taktirde, bitkiler, mikorizal ortaklarının bulunmayışı nedeniyle besin elementi eksikliği sinyalleri verir.
- Araştırmacılar, toprak mantarlarını zehirleyerek gerçekleştirdikleri denemelerde benzer bulgulara ulaşmışlardır. Çiftçiler ve ormancılar, bu tür araştırmalardan elde edilen bulguları önceden kullanmaya başlamışlardır. Örneğin, çam tohumları mikoriza mantar sporlarıyla aşılandıklarında, fidelerde mikoriza oluşumu artmaktadır. Bu şekilde enfekte olmuş çam fideleri mantarlarla birlik oluşturmamış ağaçlardan daha iyi büyümektedir.



ŞEKİL 31.19 Mikorizanın yararlarını gösteren bir deney. Soldaki soya fasulyesi bitkisinde mikoriza yoktur. Soldaki saksıda, araştırmacıların fungusit (mantar öldüren zehir) uygulanmış toprakta yetiştirdikleri kontrol grubu bitkiler bulunmaktadır. Büyük olasılıkla, fosfor kıtlığına bağlı olarak bitkilerin boyu kısa kalmıştır. Sağdaki bitki, fosfat ve diğer minerallerin alınmasını artıran mikorizalı kontrol grubuna aittir.

- Kök nodül oluşumunun erken evrelerinde bitkide aktifleşen nodülin genlerinin endomikorizanın erken gelişim evrelerinde aktifleşen genlerle aynı olduklarını rapor edilmiştir. Aslında, bu erken nodülin genlerinde oluşan mutasyonlar, her iki yapıyı oluşturan baklagillerde, hem kök nodüllerini hem de mikorhizanın gelişimini durdurmaktadır.
- Sitokinin olarak isimlendirilen bitki hormonları baklagil köklerine uygulandığında, bakteri ya da mantar simbiyontun yokluğunda bile, erken nodülin genlerinin ifade olmalarını sağlamıştır. Bakteri ya da mantarlar tarafından "enfekte" olmuş bitki dokularında sitokinin konsantrasyonları doğal olarak artar. Bu denemeler hormonun, mikropların ben "buradayım" anonsu ve bitkide gen ifadesindeki değişiklikler arasındaki bağlantılardan biri olduğunu göstermektedir.

Parazitik bitkiler, besin maddelerini diğer bitkilerden elde eder

- **Ökseotu**, doğada meşe ağaçları ve diğer ağaçlar üzerinde parazit olarak yaşar. Ökseotu, fotosentez yapar; fakat, besinini konukçu ağacın iletim dokusunun ksileminden özsu çekerek takviye eder. Bunun için hostoriyum denen çıkıntıları kullanır.
- **Küsküt** gibi bazı parazitik bitkiler hiç fotosentez yapmaz; tüm besinini konağın iletim dokusuna girerek diğer bitkilerden çekerler.
- Parazitizmin bir diğer versiyonunda pipo çiçeği (*Monotropa uniflora*), konak ağacın mikorizasının fungal hifleri aracılığıyla besin maddelerini ağaçtan dolaylı olarak alır.

Parazit Bitkiler



(a) *Salicornia* bitkisi üzerinde büyüyen küsküt. Küskütün üzerinde yaşadığı konukçu bitkinin gövdesinden alınan enine kesiti gösteren üstteki küçük resimde, parazitin emeci (değişime uğramış kök) görülmektedir. Emeç, su ve besin elementleri için konukçu bitkinin dokusuna girer (LM).



(b) Pipo çiçeği (*Monotropa uniflora*). Pipo

Epifit Bitkiler

- Epifit olarak isimlendirilen bitkiler (Yunanca epi "üstünde" ve phyton, "bitki" demek), bazen yanlışlıkla parazit olarak algılanır. Epifit kendi kendini besleyen, fakat çoğunlukla ağaçların dalları ya da gövdesi üzerinde olmak üzere diğer bitkinin yüzeyinde yaşayan ototrof bir bitkidir.
- Bir epifit, canlı substrata tutunmuş olmakla beraber, suyu ve mineralleri çoğunlukla yapraklarının üzerine düşen yağmurdan absorblar. Geyik boynuzu eğreltileri, bazı karayosunları, Ispanyol karayosunu (aslında bir angiosperm), Bromeliaceae familyasının ve orkidelerin pek çok türü epifit örnekleri arasındadır.

Epifit orkide, eğrelti ve karayosunu



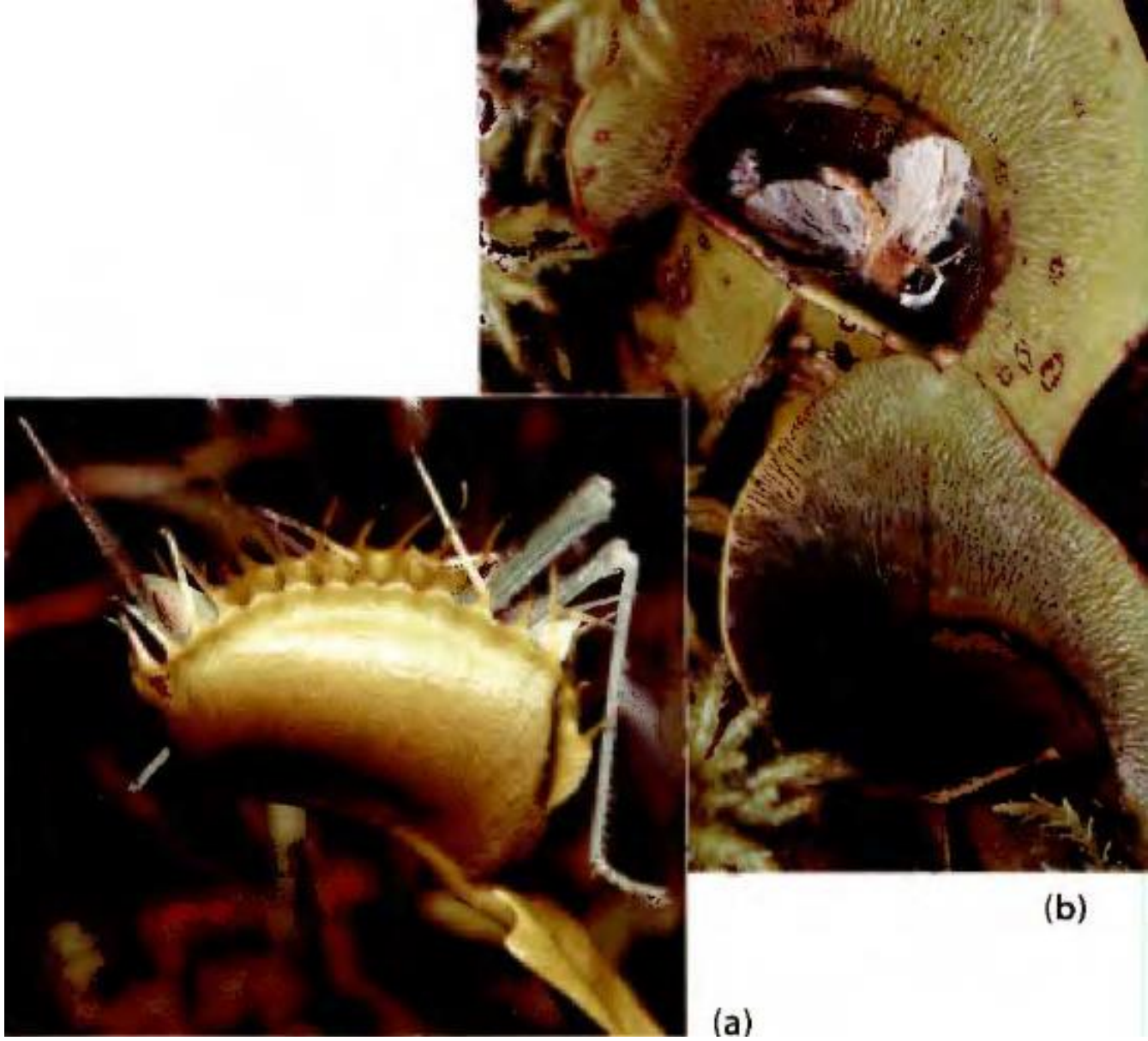




Karnivor bitkiler, hayvanları sindirerek mineral besin elementlerini elde ederler

- Toprak koşullarının fakir olduğu (özellikle azot bakımından fakir) asidik turbalarda ve diğer ortamlarda yaşayan bazı bitkiler zaman zaman hayvanlar üzerinden beslenerek kendilerini takviye ederler.
- Bu karnivor bitkiler, kendi karbonhidratlarını fotosentezle yaparlar; fakat, kullandıkları azotun ve minerallerin bir kısmını, böcekleri ve diğer küçük hayvanları öldürüp sindirerek elde ederler. Yaprakların değişimi uğramasıyla, böcek yakalamaya yarayan çeşitli tipte tuzaklar geliştirmişlerdir. Tuzaklar, çoğunlukla, sindirici sıvılar salgılayan bezlerle donatılmıştır.

- **Karnivor bitkiler**
- (a) Sinekkapan, bir böceği yakalamak için yeterince hızla kapanan, değişime uğramış iki loplu bir yapraktır. Tuzağa giren av, algılayıcı tüylere dokunur. Bu dokunma tuzağın kapanmasını sağlayan elektriksel impulsu başlatır. Daha sonra tuzaktaki bezler sindirim enzimleri salgılar ve besleyiciler değişime uğramış yaprak tarafından absorblanır. İsmine rağmen, sinekkapan, sineklerden ziyade, daha ziyade karıncaları ve çekirgeleri yakalar.
- (b) Başka bir böcekkapan bitki, böcekleri yakalamak için bir tuzak kullanır. Böcekler uzun, içi su dolu tünelin içine doğru kayarlar. Böcek içeri çekildikten sonra, su içerisine salgılanan enzimler tarafından sindirilir.



BİTKİLERDE TAŞINIM

GENEL BİYOLOJİ-II

Bitkilerde Taşınım

- Bitkilerin ataları olan algler tamamen su ve çözünmüş minerallerde gömülüydü.
- Evrimsel olarak karalara geçiş, bitki yapısının, topraktan su ve mineralleri absorblayan kökler ve ışık ile atmosferdeki CO_2 ile temas kuran gövdeler şeklinde farklılaşmasını sağlamıştır.
- Ökaliptus ağacının yaprakları ve kökleri arasındaki mesafe 100 m'dir. Uzun mesafeler arasında madde taşınımı nasıl çözümlenmiştir?



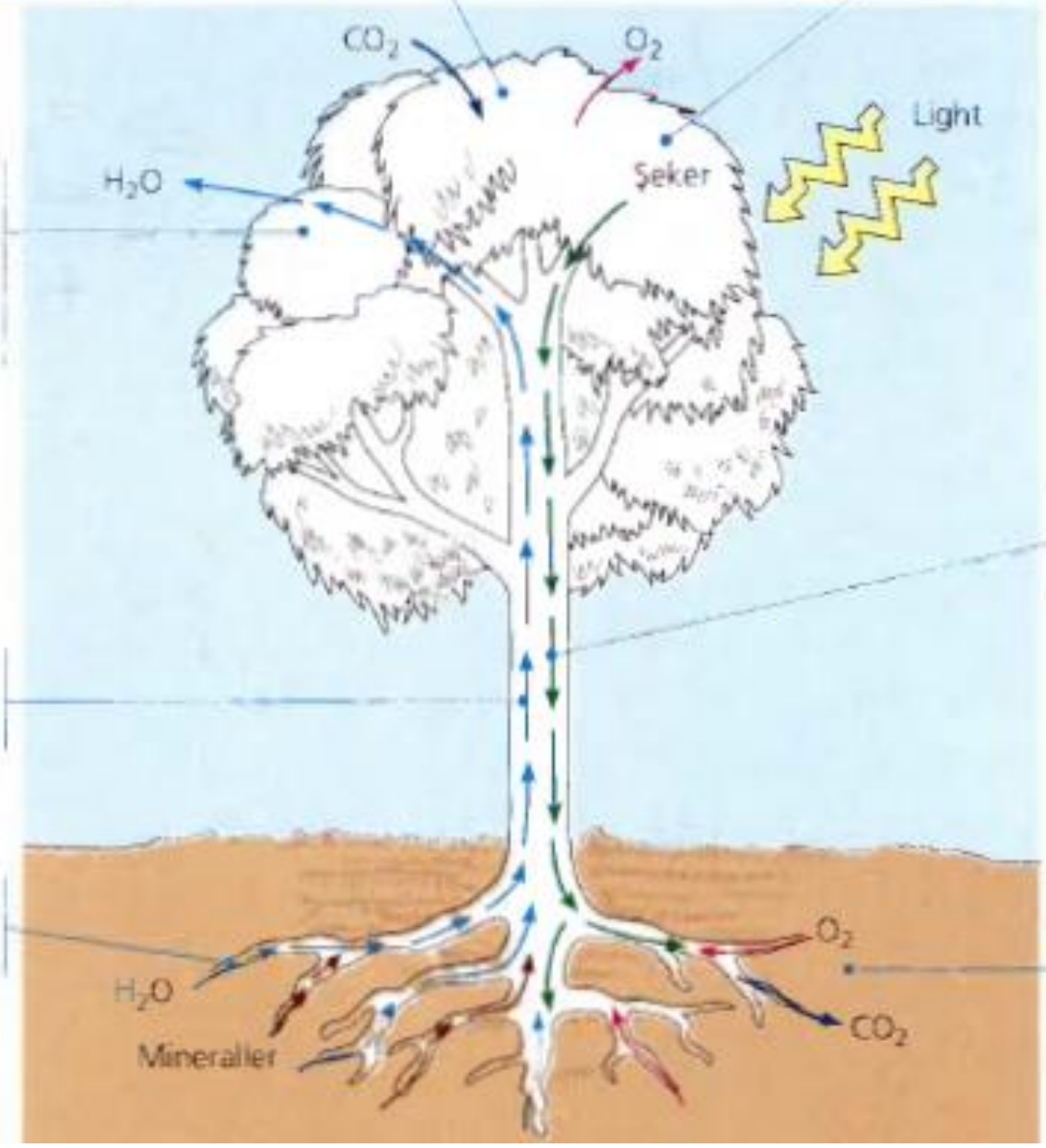
BİTKİLERDE TAŞINIM MEKANİZMALARINA BİR BAKIŞ

- Bitkilerde taşınım mekanizmaları üç farklı düzeyde ortaya çıkar:

(1) Tek tek hücreler tarafından su ve çözünenlerin alınımı ve kaybı; bir kökün hücreleri tarafından topraktan su ve minerallerin absorbe edilmesi buna örnek oluşturur.

(2) Doku ve organ düzeyinde hücreden hücreye maddelerin kısa mesafeli taşınımı; olgun bir yaprağın fotosentetik hücrelerinden flöemin kalburlu borularına şeker yüklenmesi bunun bir örneğidir.

(3) Tüm bitki düzeyinde ksilem ve flöem içinde uzun mesafeli taşınım.



4 Yapraklar stomalar aracılığıyla CO_2 ve O_2 alışverişi yapar. Fotosentez için karbon sağlayan CO_2 içeri alınır, O_2 dışarı verilir.

5 Şeker, yapraklarda fotosentezle üretilir.

3 Yapraklardan su kaybı (çoğunlukla stomalardan), yani transpirasyon, yapraklarda bir güç yaratır. Bu güç, ksilem özsuyunun yukarı çekilmesini sağlar.

6 Şeker köklere ve bitkinin diğer kısımlarına floem özsuyu olarak taşınır.

2 Su ve mineraller, ksilem özsuyu olarak, köklerden sürgünlere taşınırlar.

1 Kökler su ve mineralleri topraktan absorblar.

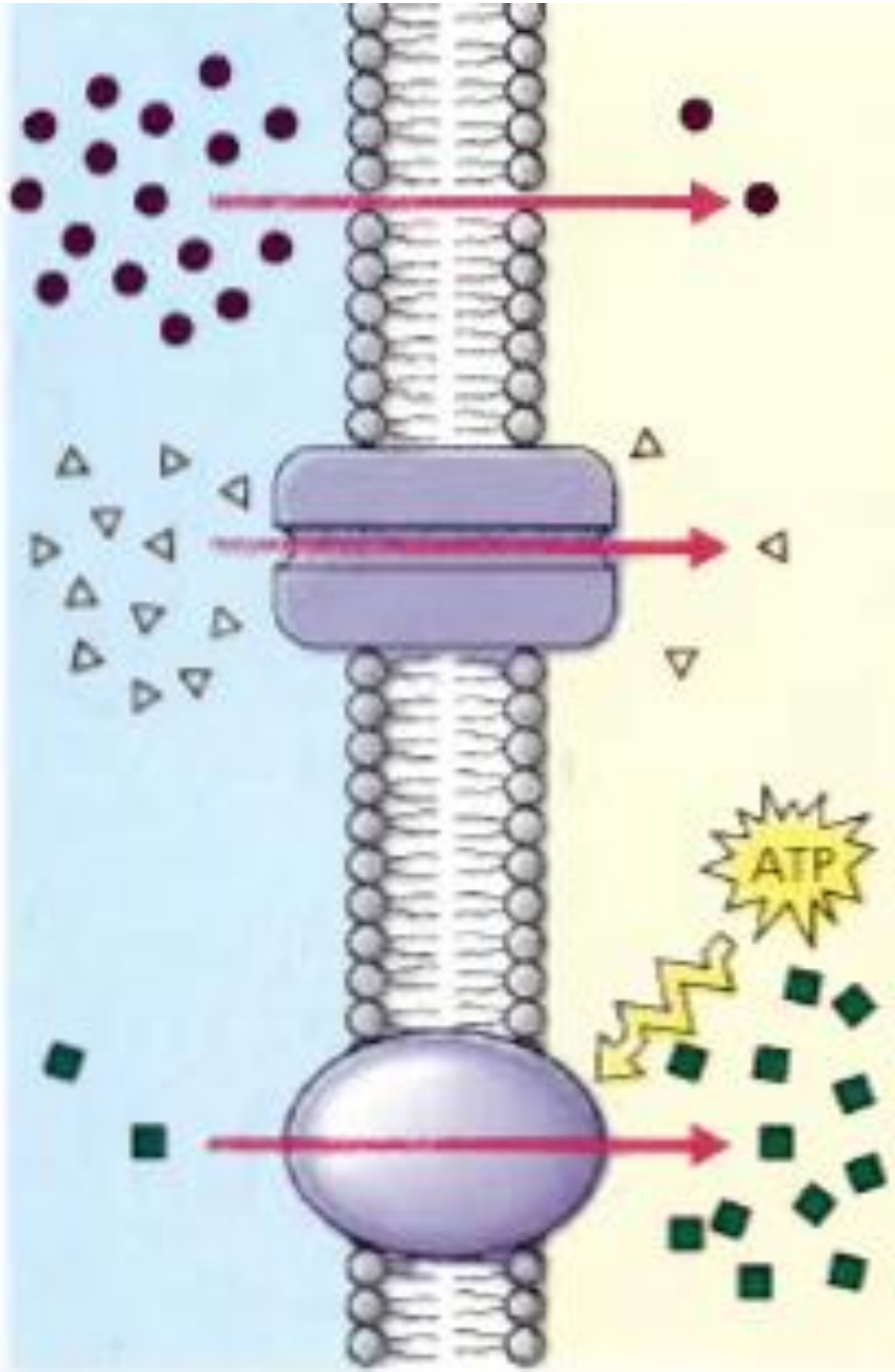
7 Kökler toprak hava boşlukları ile gaz alış verişi yaparlar. O_2'i içeri alıp, CO_2'i dışa verirler. Bu gaz alış verişi kök hücrelerinde şeker parçalanmasını destekler (hücresel solunum).

Biyolojik Zarlarda Taşınmayı Hatırlayalım!

- Pasif Taşıma……Metabolik enerji harcamadan

….*Taşıyıcı protein, seçiçi kanallar* ile ya da *direkt* zardan geçiş gerçekleşir

- Aktif Taşıma….Çözünen maddeler elektrokimyasal gradiente karşı ATP harcanarak *aktif taşıyıcı* proteinler ile taşınır.

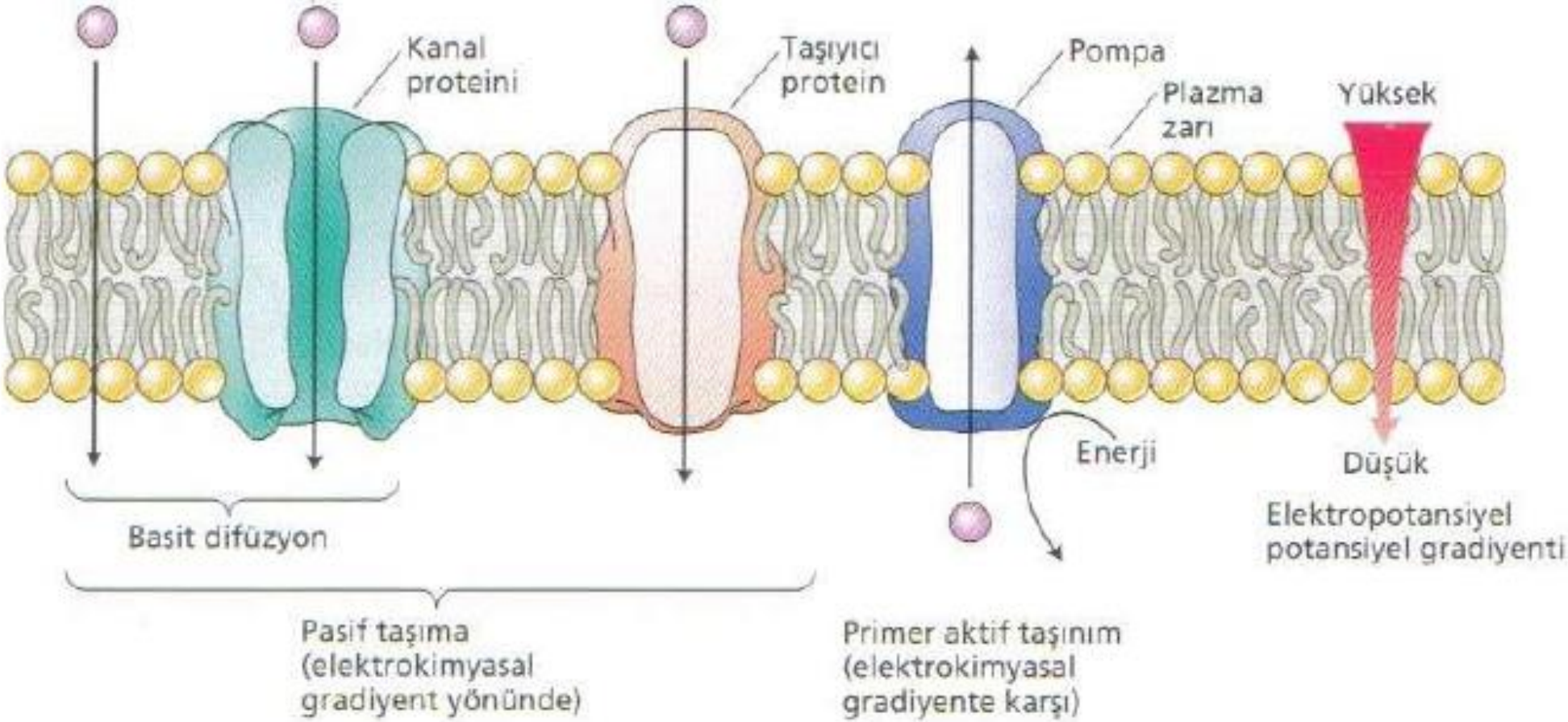


Difüzyon. Hidrofobik moleküller ve (daha yavaş hızda) çok küçük yüksüz polar moleküller çift tabakalı lipidden difüze olabilirler.

Kolaylaştırılmış difüzyon. Su molekülleri de dahil hidrofilik bileşikler taşıyıcı proteinlerin yardımıyla zarlardan difüze olurlar.

Pasif taşıma. Bileşikler hücrenin enerji harcaması olmaksızın, kendi konsantrasyon gradientlerinin aşağısına doğru kendiliklerinden difüze olurlar.

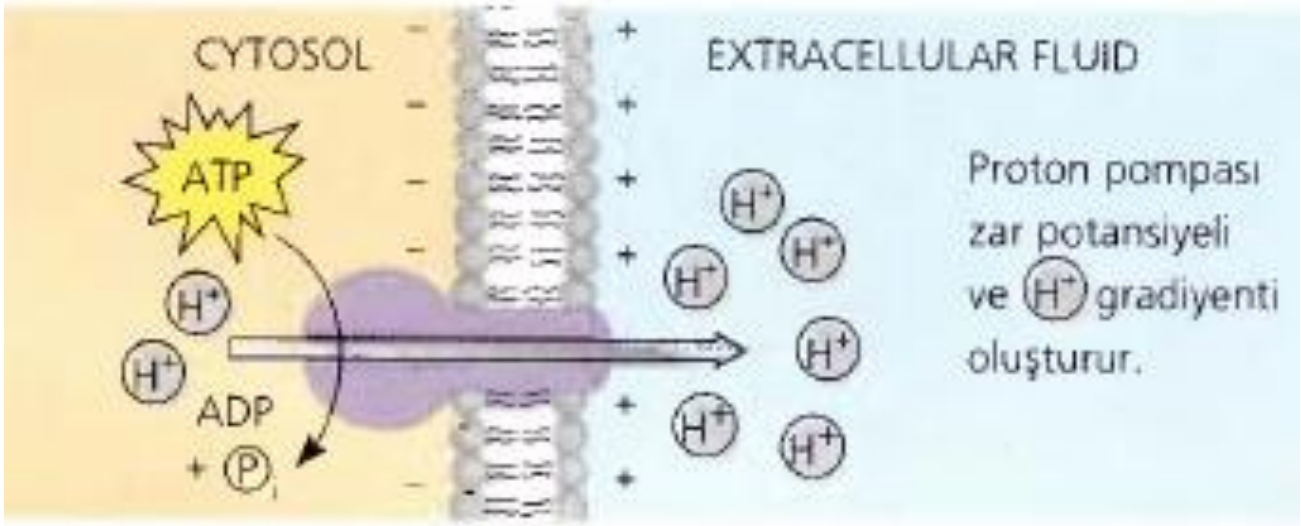
Aktif taşıma. Bazı taşıyıcı proteinler pompa gibi davranarak, bileşikleri konsantrasyon gradientinin zıt yönünde zardan geçirirler. Bu iş için gerekli enerji genellikle ATP'den sağlanır.



ŞEKİL 6.7 Zar taşıma proteinleri üç grupta incelenirler; kanallar, taşıyıcılar ve pompalar. Kanallar ve taşıyıcılar zarda elektrokimyasal potansiyeli derecesinin azalması yönünde çözünmüş maddelerin pasif taşınmasını düzenleyebilirler (basit difüzyon veya kolaylaştırılmış difüzyon). Kanal proteinleri zar porları olarak davranır ve özgüllükleri esas olarak kanalın fiziksel özellikleri tarafından belirlenir. Taşıyıcı proteinler zarın bir tarafında taşınacak moleküle bağlanır ve onu zarın diğer tarafına bırakırlar. Primer aktif taşınım, pompalarla dışarıya taşınımdır. Primer aktif taşınımda çözünmüş maddeler genellikle ATP hidrolizinden elde edilen enerji kullanılarak elektrokimyasal potansiyel gradiyentine karşı pompalanırlar.

Proton Pompalarının Önemi

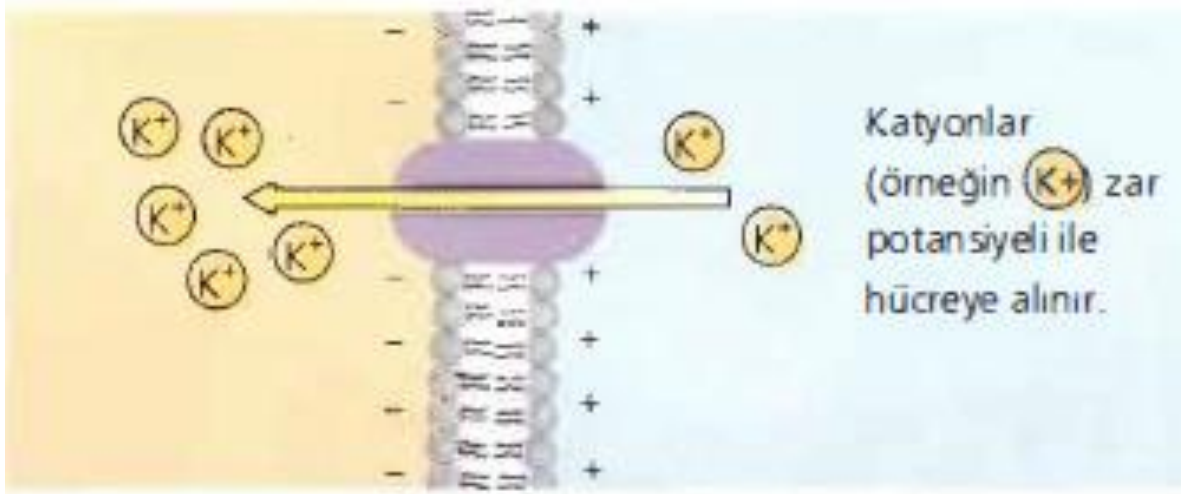
- Bitki hücrelerinin plazma zarlarındaki en önemli aktif taşıyıcı, ATP'yi hidrolize eden ve serbest kalan enerjiyi hücrenin dışına hidrojen iyonlarını (H^+) pompalamada kullanın proton pompalarıdır. Bu proton pompası, H^+ konsantrasyonun hücrenin dışında hücrenin içinden daha yüksek olmasını sağlar. Bu gradiyent bir birikmiş enerji şeklidir. Çünkü hidrojen iyonları, hücreye konsantrasyon gradiyenti yönünde difüzyon yapma eğilimindedir.
- Hücre dışında artan H^+ bir zar potansiyeli de oluşturur.



(a) Proton pompası

Proton Gradiyentinin Faydaları-Katyon Alımı

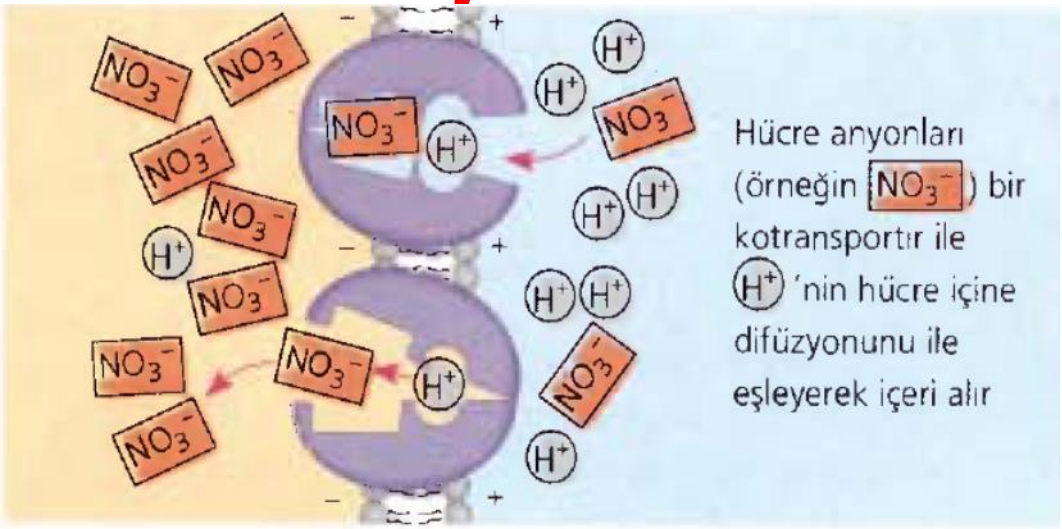
- Bitki hücreleri proton gradiyentinde biriken enerjiyi ve zar potansiyelini pek çok farklı çözünen maddenin taşınımının gerçekleştirilmesinde kullanır. Örneğin, proton pompalarının oluşturduğu zar potansiyeli kök hücreleri tarafından (K+) potasyumların alınmasına katkıda bulunur.



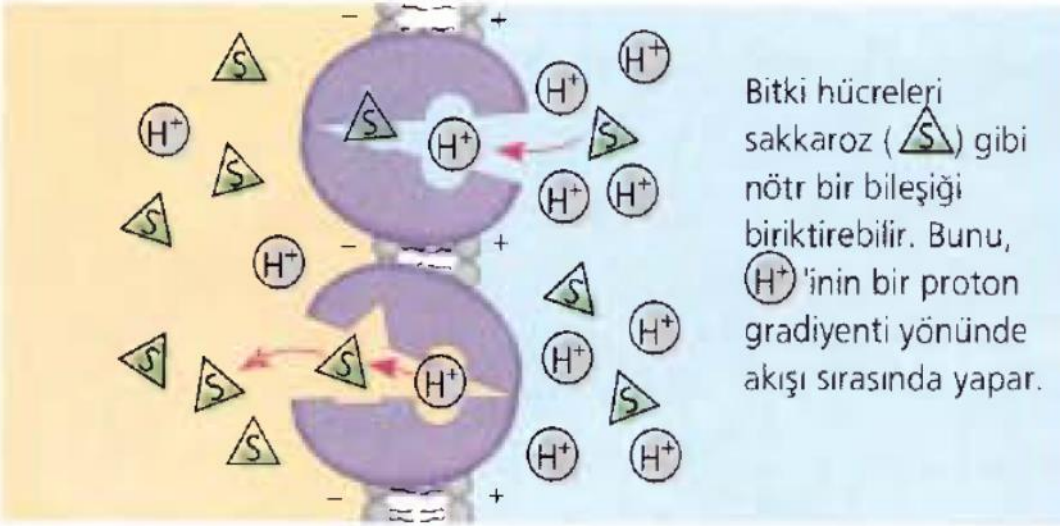
(b) Katyon alınımı

Proton Gradiyentinin Faydaları-Anyon ve Nötr Bir Çözünen Alımı

- Kotransport olarak isimlendirilen mekanizmada, bir taşıyıcı protein bir çözünen maddenin (H^+) konsantrasyon gradiyenti yönündeki geçişini diğer bir çözünen maddenin ise konsantrasyon gradiyentine karşı yönde ($NO3^-$) eş zamanlı geçişini sağlar. Bu tip taşınıma örnek olarak, bitki hücreleri tarafından sakaroz alınımı gösterilebilir. Bir zar proteini, kendi gradiyenti yönünde hareket eden H^+ ile sakkarozu karşılıklı olarak geçirebilir.



(c) Anyon alınımı



(d) Nötr bir eriyiğin taşınımı

Ozmoz ve Su Potansiyeli

- Bitki hücrelerinin yaşamlarını sürdürebilmesi su alınımı ve kaybını dengeleyebilidir.
- Ozmoz suyun bir zarın bir yanından diğer yanına pasif taşınımıdır.
- Ozmozu etkileyen iki etmen: Çözünen konsantrasyonu ve fiziksel basınç

- Bu ki etmenin birlikte etkisi **su potansiyeli** olarak isimlendirilir ve psi (ψ) ile gösterilir. Birimi megapaskal (Mpa) dır.
- Su yüksek su potansiyeli olan çözeltiden düşük su potansiyelli çözeltiye geçer. Su potansiyeli hareket yönünü belirler.

Çözünen Madde ve Basınç, Su Potansiyelini Nasıl Etkiler

- Bir çözeltinin su potansiyeli

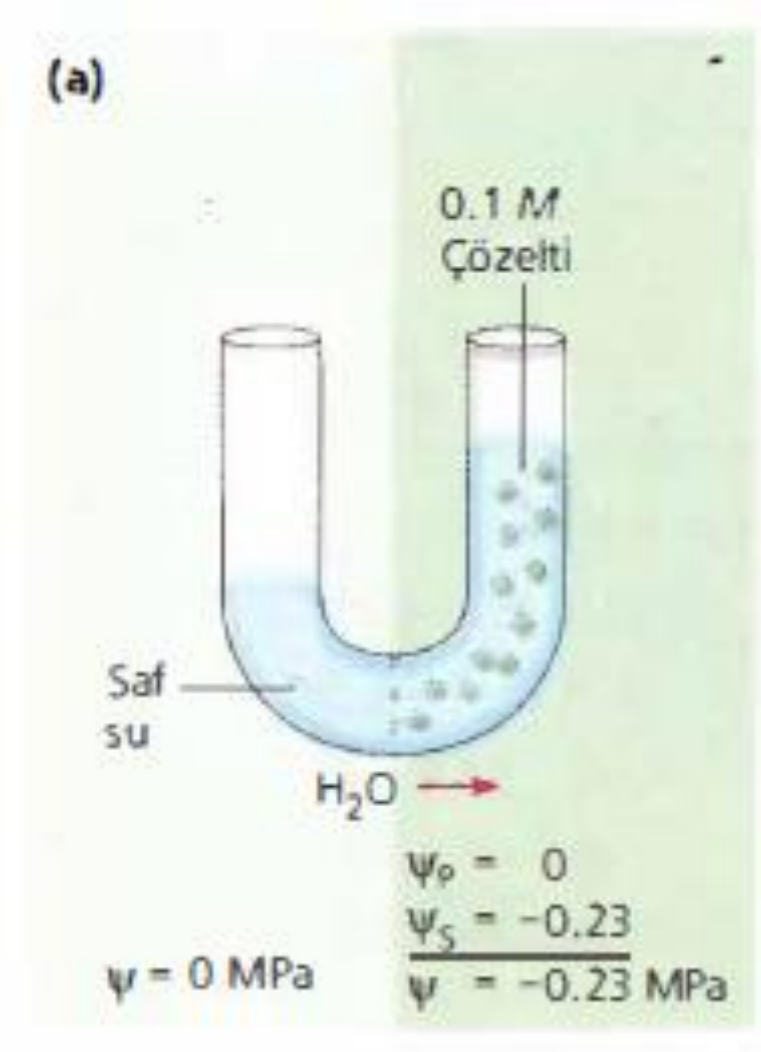
Çözünmüş moleküllerin sayısı ile orantılıdır. (Ψs)

- Basınç potansiyeli

Bir çözeltinin üzerindeki fiziksel basınçtır. (Ψp)

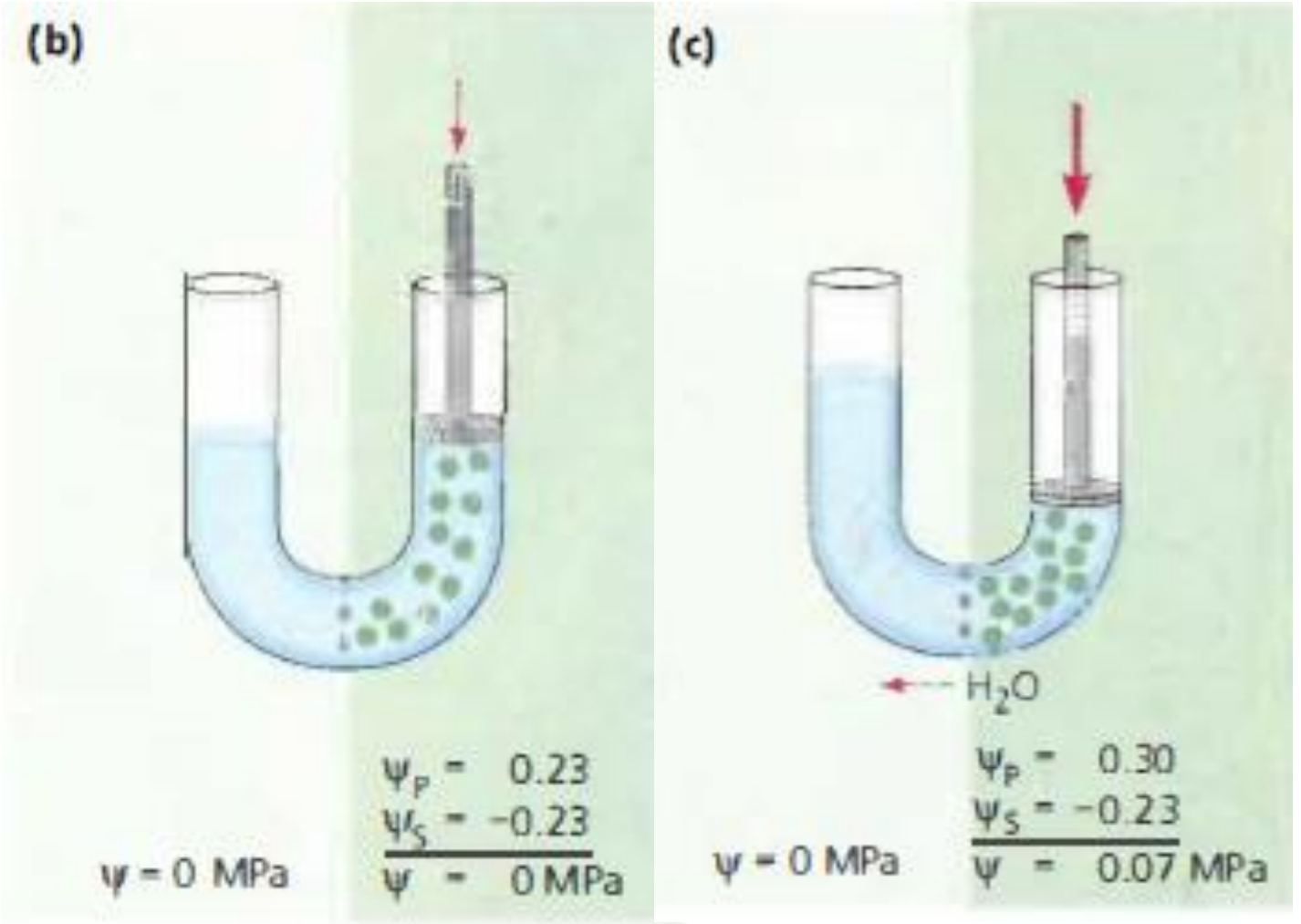
Su Potansiyelinin Kantitatif (Nicel) Analizi

- Çözünenlerin eklenmesi su potansiyelini azaltır



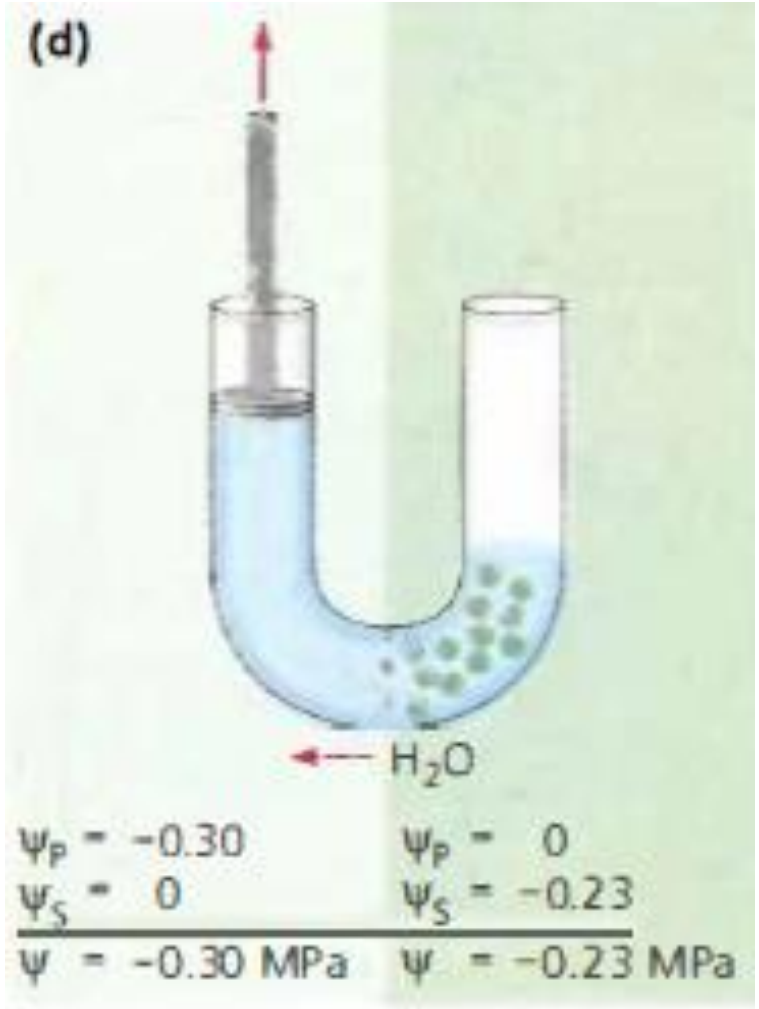
Su Potansiyelinin Kantitatif (Nicel) Analizi

- Fiziksel basıncın uygulanması su potansiyelini artırır.



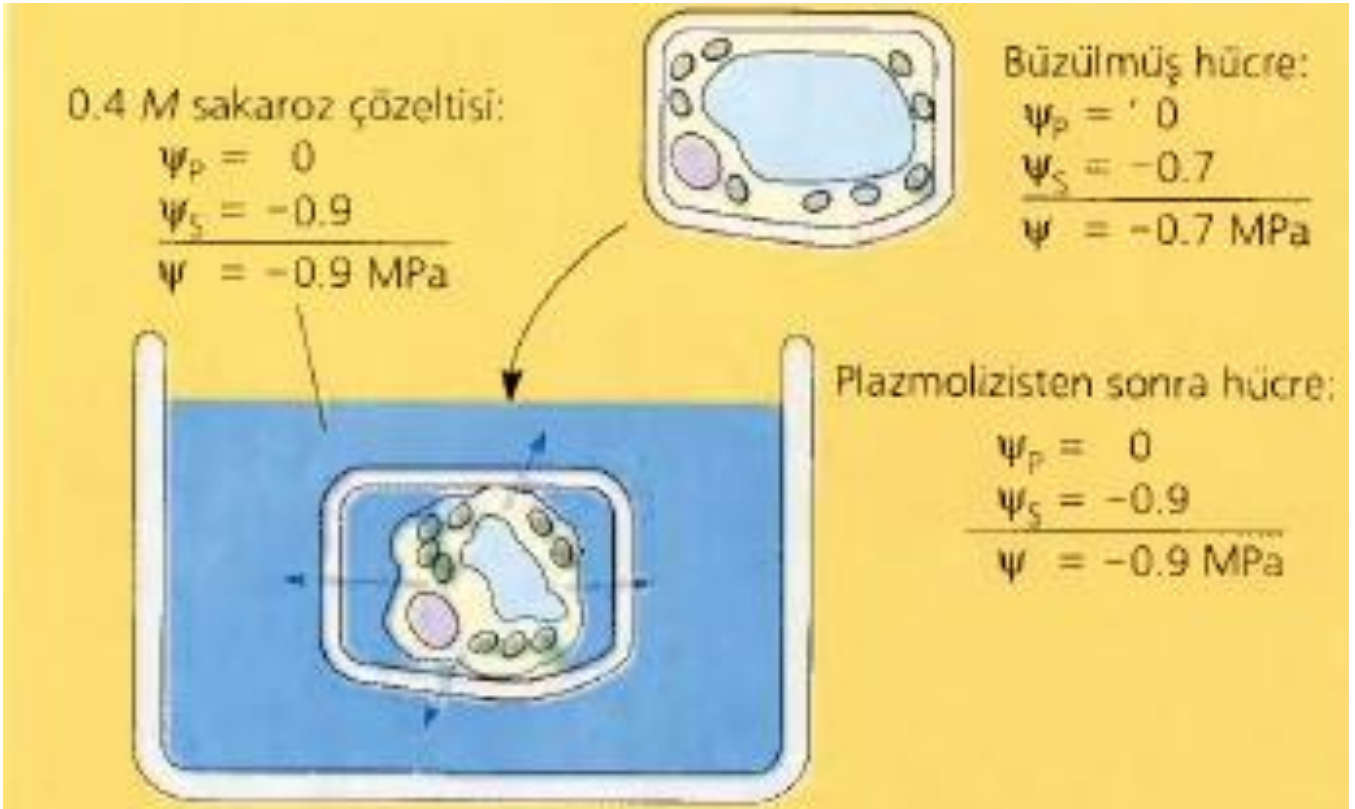
Su Potansiyelinin Kantitatif (Nicel) Analizi

- Negatif basınç su potansiyelini azaltır.



Bitki Hücresinde Su İlişkisi

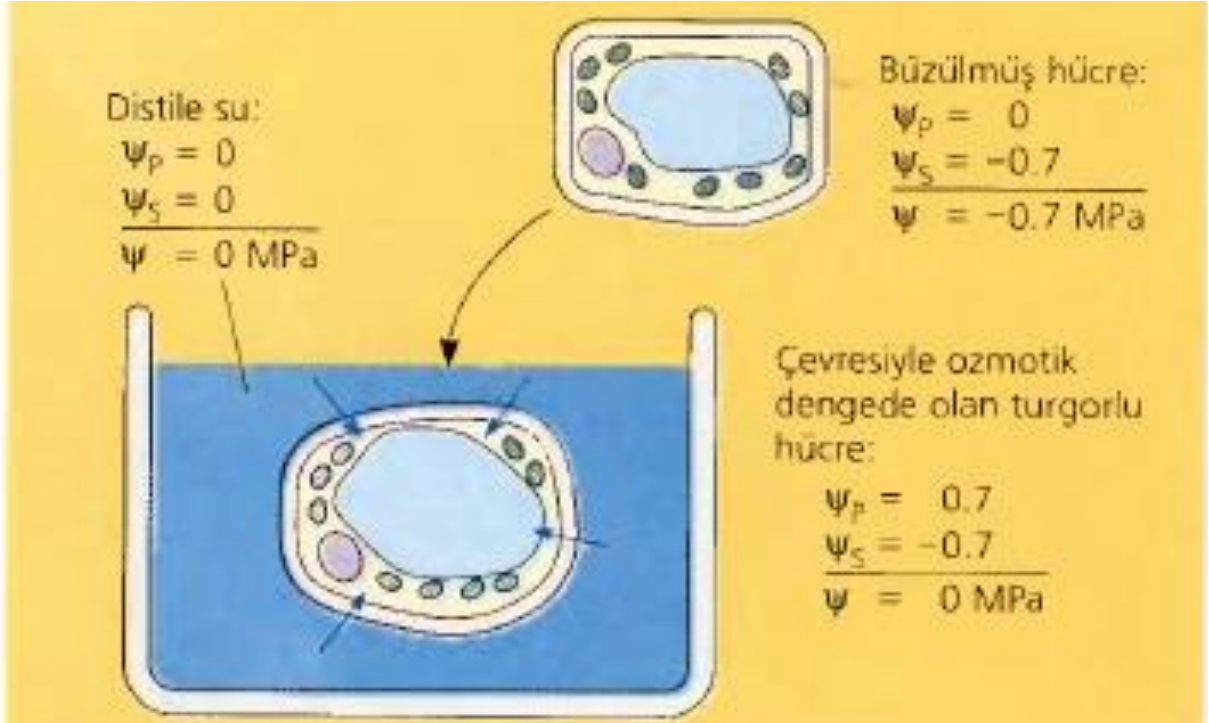
- Eğer turgorsuz bir hücre daha yüksek çözünen konsantrasyonuna sahip bir ortama konursa
- Su kaybeder ve plazmolize olur



(a) Başlangıç koşulları: hücresel ψ > ortamın ψ'i. Konsantre sakaroz çözeltisinde, başlangıçta hücrenin su potansiyeli içinde bulunduğu ortamınkinden büyüktür. Plazmolizis tamamlandıktan sonra, hücrenin ve içinde bulunduğu ortamın su potansiyelleri eşitlenir. Plazmolizis çoğu bitki hücresinin ölümüne neden olur.

Bitki Hücresinde Su İlişkisi

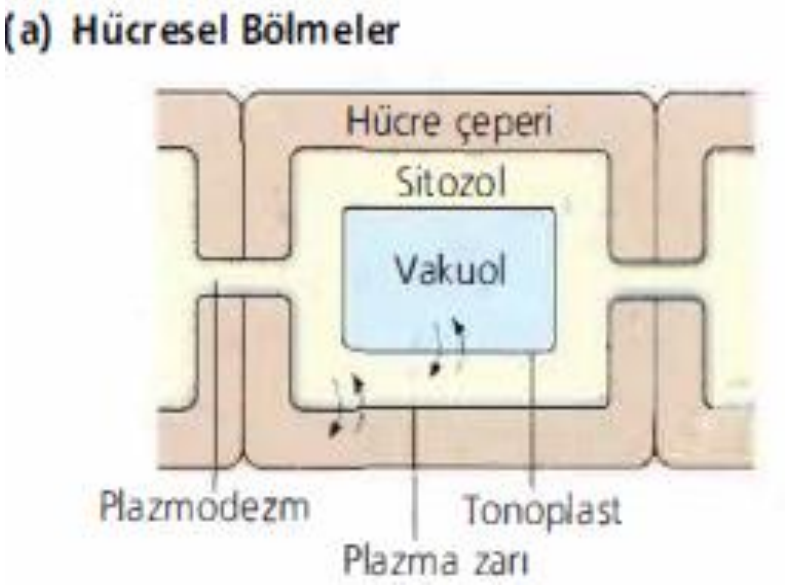
- Eğer aynı hücre daha düşük (çözünen) konsantrasyonu olan bir ortama konursa su alır ve turgorlu hale geçer (turgid).



(b) Başlangıç koşulları: hücrenin ψ < 'i ortamın ψ'i. Distile suda, başlangıçta hücrenin su potansiyeliiçinde bulunduğu ortamınkinden küçüktür. Ozmozisle net bir su alınımı vardır. Bunu sonucu hücre turgorlu hale geçer. Bu su girişi elastik çeperin yarattığı geri bir basınçla durdurulunca, hücrenin ve ortamın su potansiyelleri eşitlenir. (Hücre hacmindeki değişim bu şekilde abartılmıştır. Ozmotik olarak küçük miktardaki su alınımı gerçekte hücrenin hacmini fazla arttırmaz. Bu durum, bir hücre daha fazla turgorlu hale geldiğinde ψ_S eriyik potansiyelinin çok fazla değişmediğini açıklar.)

Vakuollü bitki hücreleri üç ana bölmeye sahiptir

- Bir bitki hücresinin **protoplast**ının dış kısmında bulunan **hücre çeperi**, protoplastın içine ve dışına molekül trafiğinin düzenlenmesinde doğrudan bir engel olarak iş görür.
- Hücre çeperi ve protoplasta ilaveten olgun bitki hücrelerinin çoğu üçüncü büyük bir bölmeye sahiptir. Bu bölme vakuoldür.
- Büyük bir organel olan vakuol protoplazmanın hacminin %90'ını kapsayabilir. Vakuolü kuşatan zar, yani **tonoplast** sitosol ve hücre özsuyu olarak isimlendirilen vakuol içerikleri arasındaki molekül trafiğini düzenler. Örneğin, tonoplast sitoplazmadan vakuole H^+ atılımını sağlayan proton pompalarına sahiptir. Bu, plazma zarındaki proton pompalarının sitoplazmada H^+ konsantrasyonunu düşük tutma yeteneğini arttırır.



Doku düzeyinde 2 bölme bulunur

- Çoğu bitki dokularında, üç hücre bölmesinden ikisi bir hücreden diğerine süreklilik oluşturur.
- Plazmodezmler komşu hücrelerin sitoplazmasındaki bölmeleri birbirine bağlar. Böylece hücreler arasında belirli moleküllerin taşınımı için sürekli bir yol oluşur. Sitoplazmanın oluşturduğu bütün **simplast** olarak isimlendirilir.
- Komşu bitki hücrelerinin çeperleri de birbirleriyle temas halindedir. Böylece doku seviyesinde ikinci bölme oluşur. Hücre çeperleri bütününden oluşan bu bölme **apoplast** olarak isimlendirilir.
- Üçüncü hücre bölmesi, yani **vakuol** komşu hücreler tarafından paylaşılmaz.

Simplast çeperlerin içinden protoplazmaları birbirine bağlayan plazmodezmlere dayalı, sitozol uzantısıdır.

(b) Doku bölgeleri

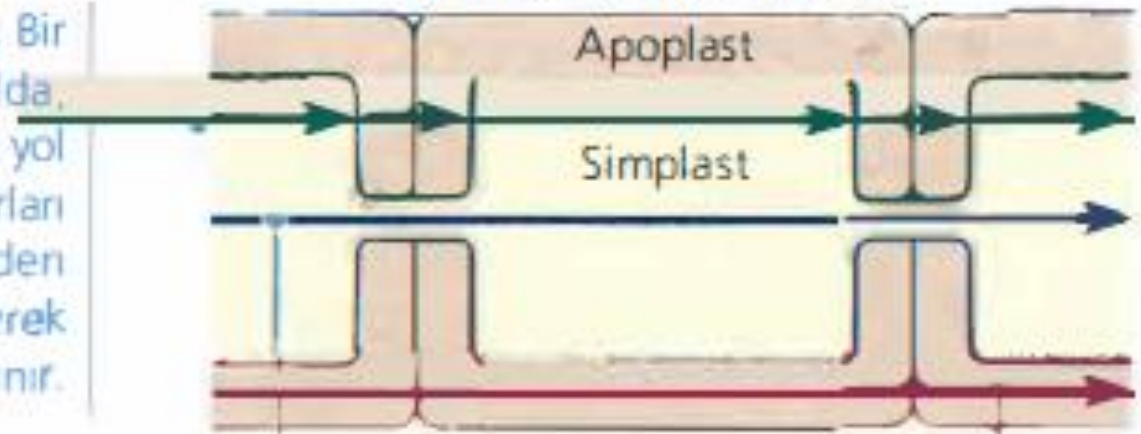
Simplast

Apoplast

Apoplast, hücre çeperleri ve hücre arası alanların oluşturduğu bir uzantıdır.

Lateral taşınım yolları

Transmembran. Bir transmembrant yolda, eriyikler ve su yol boyunca plazma zarları ve hücre çeperlerinden tekrar tekrar geçerek taşınır.



Simplastik. Simplastik yolda, bir hücreye girmiş olan maddeler sitozol aracılığı ile taşınır. Plazmodezmin kompleks yapısı olasılıkla simplasttan taşınımı düzenler. Hatta bu taşınım sırasında hücreler arasında belli proteinlerin ve diğer büyük moleküllerin geçişine izin verir.

Apoplastik. Apoplastik yolda, su ve çözeltiler, hücre çeperleri ve hücreler arası alanların içinden geçerek bir doku ya da organa ulaşır.

Su ve mineraller 3 farklı yanal taşıma yolu ile taşınır

- **Transmembran taşıma**: Su ve eriyikler plazma zarı ve hücre çeperinden tekrar tekrar geçerek bir hücreden diğerine geçerler.

- **Simplastik taşıma**: Maddeler simplast yolda taşınır ve sadece bir kez hücre zarını geçerler.

- **Apoplastik taşıma**: Su ve maddeler hücre çeperleri ve hücrelerarası alanı geçerek bir organ içinde taşınır.

Bitkideki dört farklı taşınım vardır

1. Kökler tarafından su ve minerallerin absorbsiyonu
2. Ksilem öz suyunun yukarı taşınması
3. Transpirasyonun kontrolü
4. Floemde organik besleyicilerin taşınımı

- Su ve çözünenler ksilem elemanları ve kalburlu borulardan basınçla sürdürülen bir sıvı akışıyla taşınırlar. Buna, **kütle akışı** denir. Ksilem ve floemdeki sıvı hareketi, ksilemdeki karşılıklı uçlar ve kalburlu borulardaki basınç farklılıklarıyla olur

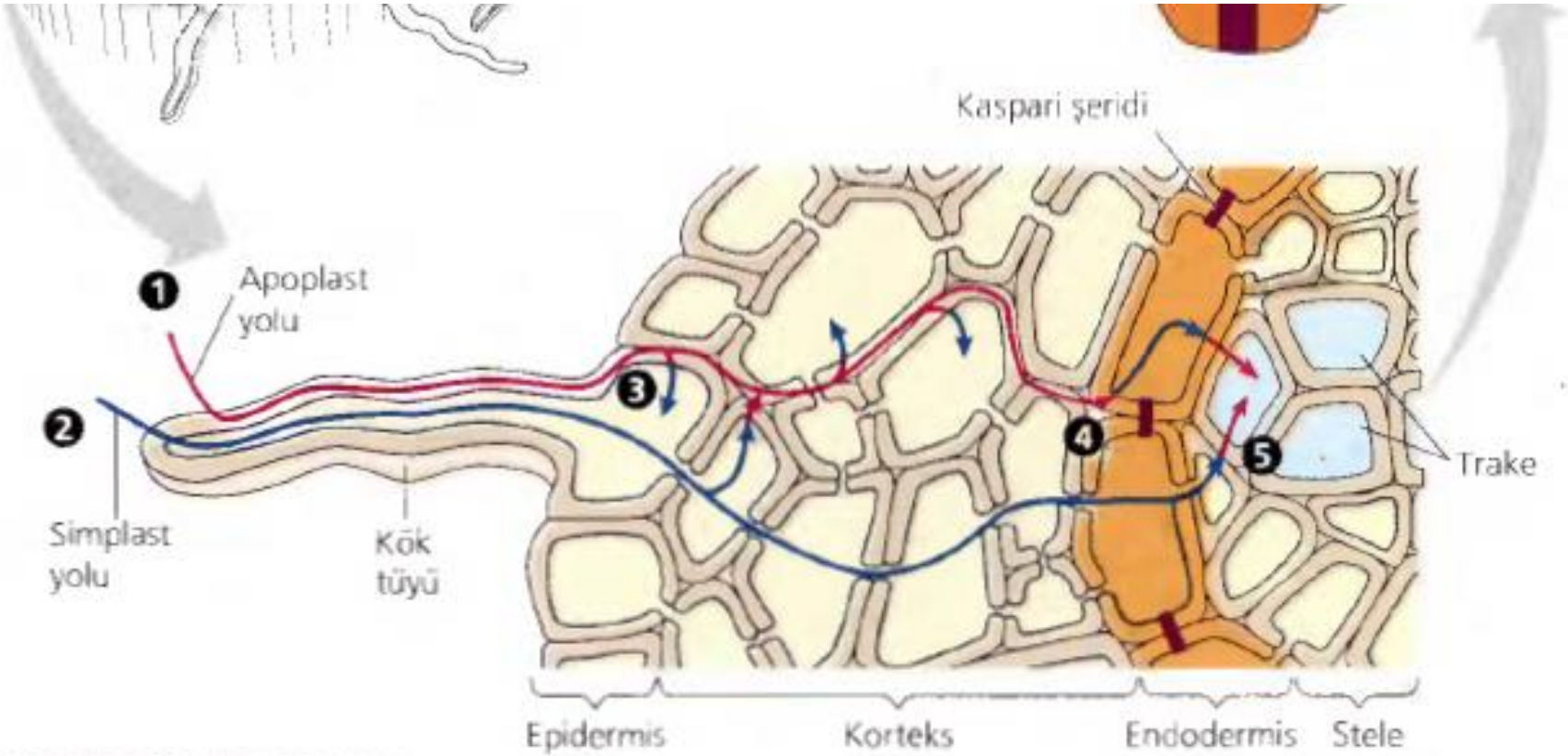
KÖK TARAFINDAN SU VE MİNERALLERİN ABSORBSİYONU

- Toprak çözeltisi=su+çözünmüş madde
- Epidermis hidrofiliktir. Su ve mineral absorbsiyonu epidermisin suya geçirgen olduğu ve kök tüylerinin bulunduğu, kök uçlarına yakın bölgede meydana gelir
- Kök tüyleri köklerin yüzey alanını artırır.
- Toprak çözeltisi epidermis hücrelerinin hidrofilik çeperlerine doğru akar ve apoplasttan serbestçe kök korteksine geçer.
- Toprak çözeltisi köklerin içinde apoplasttan ilerledikçe, epidermis ve korteks hücreleri, su ve belirli çözünenleri simplasta alır.
- Kök hücrelerinin plazma zarı ve tonoplasttaki seçici taşıma proteinleri ile K^+ 'u alırken, Na^+un büyük bir bölümünü dışarı atar.

❶ Epidermisin hidrofilik çeperleri tarafından toprak çözeltisinin alınımı apoplasta giriş sağlar ve su ve mineraller bu çeper matriksi boyunca kortekse girer.

❷ Kök tüylerinin plazma zarlarını geçen mineraller ve su simplasta girer.

❸ Toprak çözeltisi apoplastta hareket ettikçe, bir miktar su ve mineraller epidermis ve korteks hücrelerine taşınır ve daha sonra simplast ile içeriye geçer.



❹ Endodermise kadar tamamen hücre çeperlerinden taşınan su ve mineraller steleye apoplastik yoldan giremez. Her bir endodermis hücresinin çeperinde Kaspari şeridi bulunur. Kaspari şeridi, su ve minerallerin girişini durduran bir mumsu bir şerittir. Yalnızca daha önceden simplastta bulunan ya da bir endodermis hücresinin plazma zarından geçerek simplastta giren mineraller kaspari şerdidinden geçebilir ve steleye girer.

❺ Stelenin içindeki endodermis ve parankima hücreleri su ve mineralleri çeperlere (apoplast) verir.Bir ksilemdeki trake elemanları ölü hücrelerden oluştuğundan, bunların çeperleri ve içlerindeki boşluk apolastın kısımlarıdır. Trakeler su ve mineralleri sürgün sistemine doğru yukarı yönde taşır.

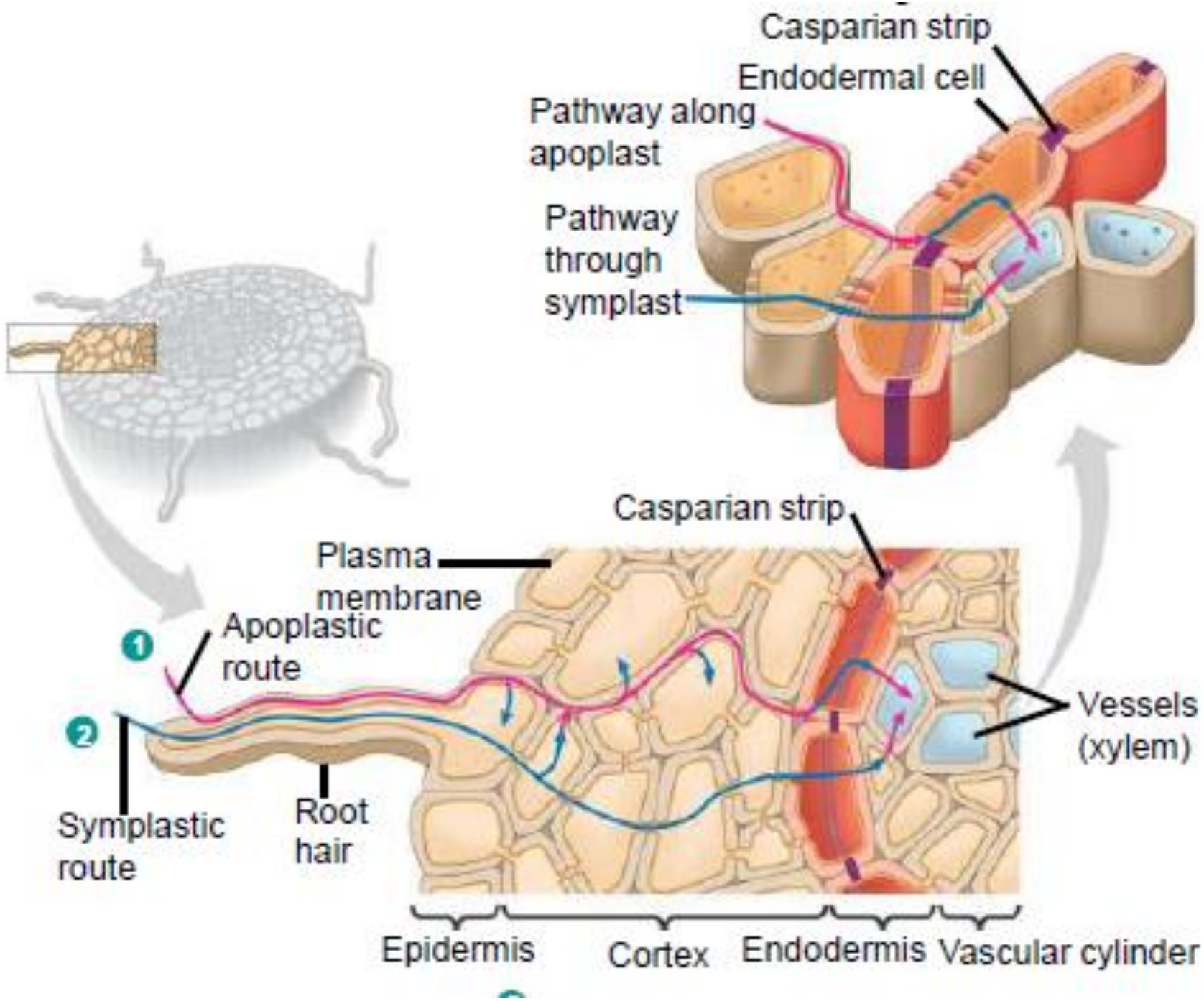
Funguslar ve köklerin oluşturdukları simbiyotik birlikler, mikoriza

- Kökler ve mantarlar (fungus), bitki köklerinin fungal hiflerle birleştiği mikorizayı oluşturur.
- Mantarın miselyumunun (hif ağı) su ve minerallerin absorblanması için çok geniş bir yüzey alanı sağlar.
- 3m'lik bir hif bir kökün her santimi boyunca uzanabilir. Böylece kökü, tek başına ulaşabileceğinden çok daha fazla hacimdeki toprağa ulaşabilir.



Endodermis-Son Kontrol Noktası

- Önceden simplasta girmiş mineraller endodermise ulaştıklarında endodermis hücrelerinin plazmodezmlerinden geçerek steleye girerler. Bu mineraller, epidermisteki ya da korteksteki simplastta girebilmek için önceden seçici zar tarafından seçilmişlerdir.
- Apoplasttan endodermise ulaşan mineraller, bu minerallerin steleye geçişlerini durduran cansız bir doku ile karşılaşırlar: Her bir endodermis hücresinin çeperinde su ve çözünmüş minerallere geçirimsiz, bir mumsu madde olan *suberin*den yapılmış **Kaspari şeridi** adı verilen bir kuşak bulunur. Böylece, su ve mineraller endodermisi geçemez ve apoplasttan iletim dokusuna giremez. Su ve mineraller için bu engeli geçmenin tek yolu endodermis hücrelerin plazma zarından geçerek ve simplasttan steleye girmektir.


Casparian strip
Endodermal cell
Pathway along apoplast
Pathway through symplast
Casparian strip
Plasma membrane
1
Apoplastic route
2
Symplastic route
Root hair
Vessels (xylem)
Epidermis
Cortex
Endodermis
Vascular cylinder

Ksileme Giriş

- Kaspari şeritlerine sahip endodermis, hiçbir minerale, seçici geçirgen bir plazma zarından geçmeksizin kökün iletim dokusuna geçmelerine izin vermez.
- Endodermis ve steledeki parenkima hücrelerinin protoplastına ulaşan su ve mineraller apoplastik taşımaya hedeflenir. Steledeki parankima hücreleri gibi, endodermis hücreleri de mineralleri kendi çeperlerine boşaltır.
- Simplasttan apoplasta çözünenlerin taşınımında olasılıkla hem difüzyon hem de aktif taşıma yer alır. Bu noktadan sonra, su ve mineraller trakeidlere ve trakelere serbestçe girebilir.

KSİLEM ÖZSUYUNUN TAŞINMASI

- Ksilem özsuyunun yükselmesinde iki mekanizma rol oynar:

1. Kök basıncı

2. Transpirasyon

Ksilem Özsuyunun Yukarı İtilmesi: Kök Basıncı

- Transpirasyonun çok düşük ya da sıfır olduğu gece boyunca bile kök hücreleri mineral iyonları ksileme pompalamak için enerji harcar. Kökte steleyi kuşatan endodermis bu iyonların steleden sızarak geri çıkmalarını önler. Stelede minerallerin birikmesi o bölgede su potansiyelini düşürür. Bunun sonucu su korteksten iç tarafa doğru akarak suyun ksilemde akışını artıran bir pozitif basınç oluşturur. Ksilem özsuyunun bu şekilde yukarıya doğru itilmesi, **kök basıncı** olarak adlandırılır.

Gutasyon

- Kök basıncı gutasyona neden olur. Gutasyon çimenlerin yaprak ayalarının uç kısımlarında ya da sabahları bazı küçük, otsu dikotillerin yaprak kenarlarından su damlalarının dışarı atılmasıdır. Geceleri, transpirasyon düşük olduğunda, bazı bitki kökleri mineralleri biriktirmeye devam eder ve kök basıncı ksilem özsuyunu gövde sistemine iter. Bunun sonucunda yapraklara, transpirasyonla kaybedilenden daha fazla su girer ve fazla su gutasyon sıvısı olarak dışarı atılır.



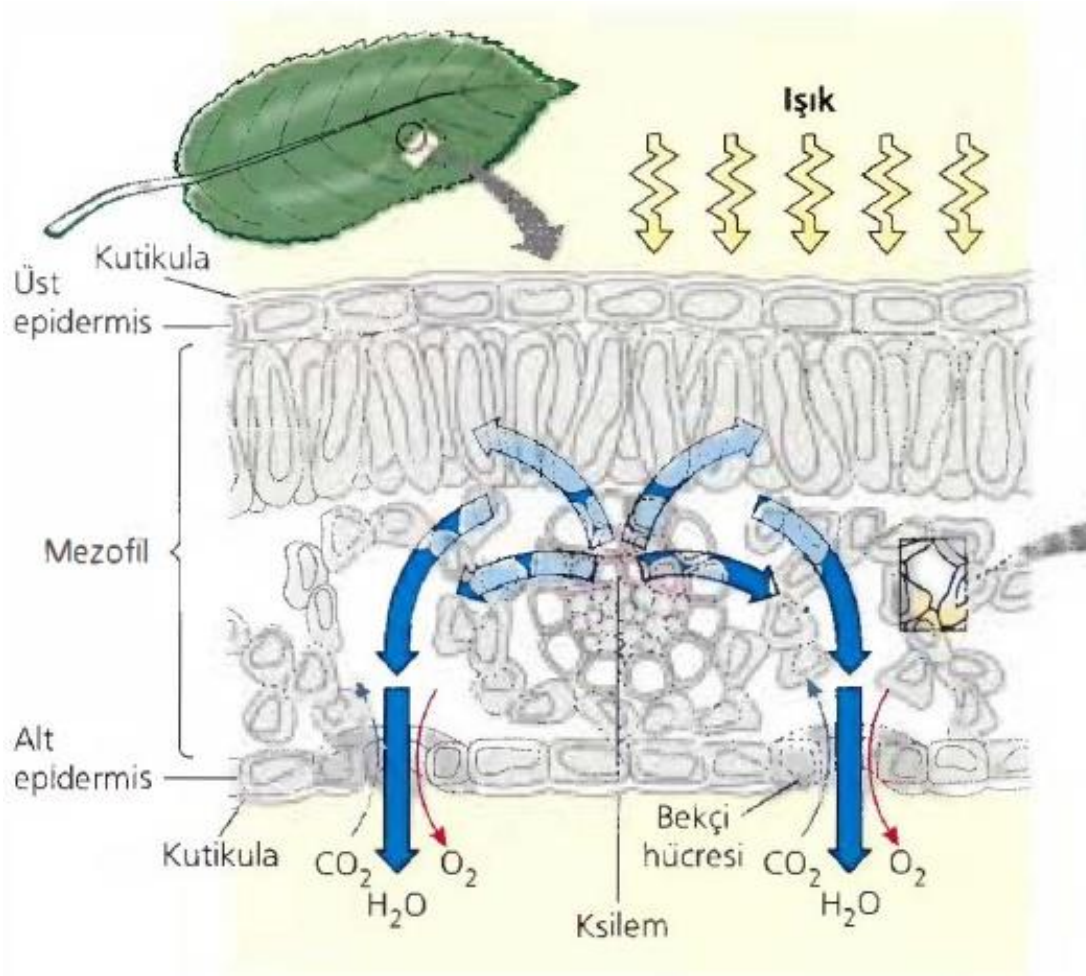
Ksilem Özsuyunun Yukarı Doğru Çekilmesi: Transpirasyon-Kohezyon-Gerilim Mekanizması

- Bir yaprağın yüzeyindeki stomalar, içsel hava boşluklarına açılır. Bu hava boşlukları, mezofıl hücrelerinin fotosentez için gereksinim duydukları karbondioksit ile temas kurmalarını sağlar. Bu boşluklardaki hava su buharı ile doymuştur. Çünkü hava, mezofil hücrelerinin nemli çeperleri ile temas halindedir. Çoğu zaman, içerdiği su konsantrasyonunun daha az olması nedeniyle yaprağın dışındaki hava, yaprak içindeki havadan daha kurudur. Bu nedenle, yaprak içindeki su kendi konsantrasyon gradiyenti yönünde, difüzyonla gaz halinde stomalardan dışarı çıkar. Yapraktan su buharı kaybı **transpirasyon** olarak adlandırılır.

Kohezyon-Adhezyon Etkisi

- Mezofil hücrelerini örten ince bir su filminden evaporasyon, yaprak hava boşluklarından transpirasyonla kaybedilen su buharı ile yer değiştirir. Su buharlaştıkça, geride kalan akışkan su filmi adhezyonla hidrofilik çeperlere çekilerek, hücre çeperlerinin porlarına alınır. Aynı zamanda, sudaki kohezyon kuvvetleri filmin yüzey alanındaki artışa karşı koyar (yüzey-gerilimi etkisi). Su üzerinde iş gören iki kuvvetin bileşkesi, -çepere adhezyonla tutunma ve yüzey gerilimi- su filminin yüzeyinde bir içbükey çöküntüye ya da konkavlaşmaya neden olur. Bir anlamda, su, adhezyon ve kohezyon kuvvetleriyle "yukarı çekilir". Böylece, yaprak hücrelerinin yüzeyindeki su filmi negatif bir basınca, yani atmosferin basıncından daha düşük bir basınca sahiptir. Daha konkav bir çöküntü, su filminin negatif basıncının arttığını gösterir. Yaprakta ksilemin dışına suyu çeken kuvvet, bu negatif basınç ya da gerilimdir. Su mezofilden stomaların yakınındaki hava boşluklarını kuşatan hücrelere ve yüzey filmine çekilir.

Transpirasyona bağlı çekim gücü

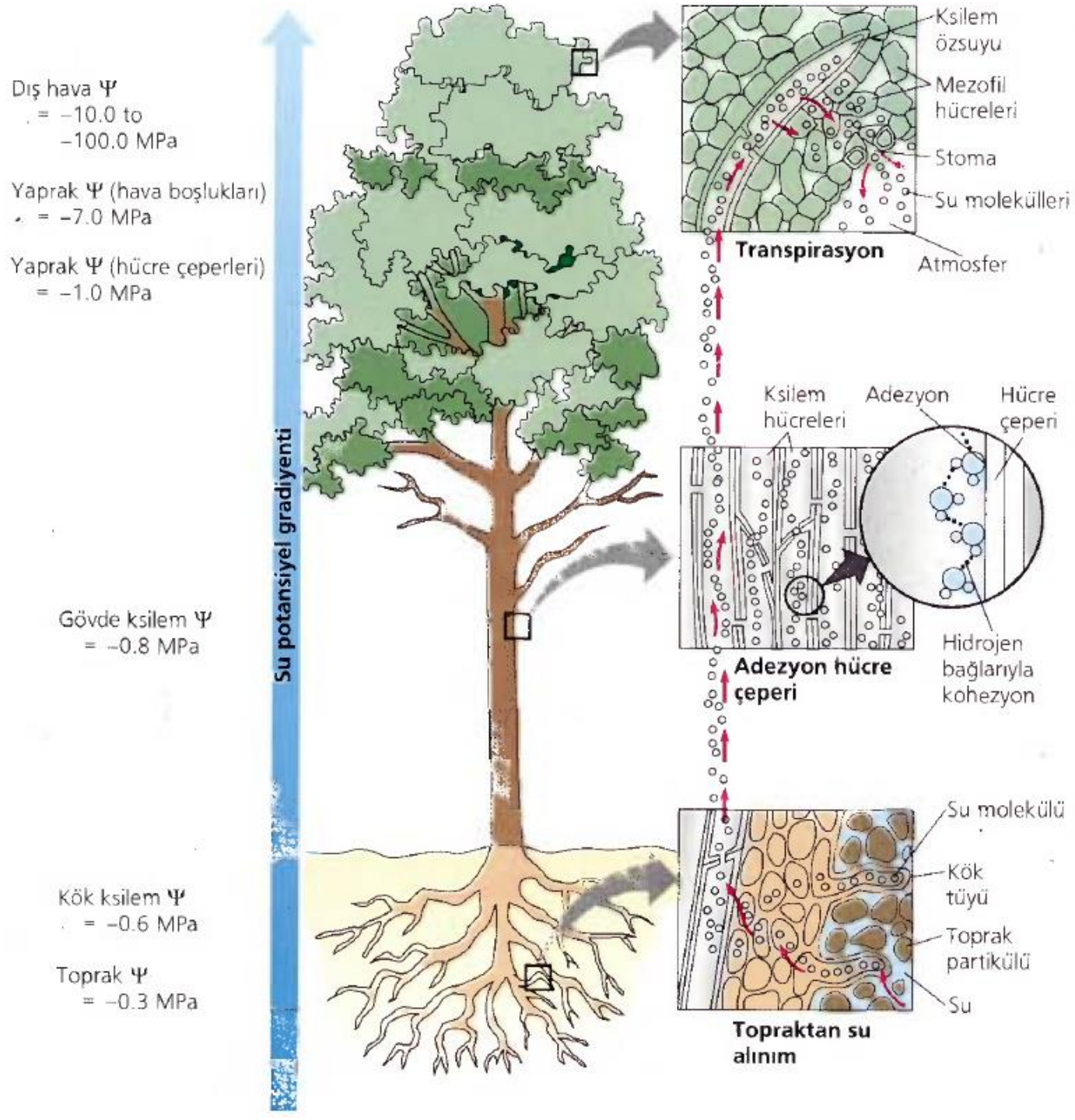


Kavisin yarıçapı (μm)	Hidrostatik basınç (MPa)
a = 1.00	a = −0.15
b = 0.10	b = −1.50
c = 0.01	c = −15.00



Ksilem ÖzSuyunun Yükşelişi

Hidrojen bağları yapraklardan toprağa kadar kopuksuz bir su molekülü zinciri oluşturur. Ksilem özsuyun yükselmesini sağlayan güç, su potansiyelin yarattığı su potansiyeli gradiyentidir. Uzun mesafeli kütlesel akış, su potansiyeli gradiyenti basınç gradiyentine bağlı olarak meydana gelir. Transpirasyon ksilemin yapraktaki ucunda basınç gradiyentinin kökteki basınç gradiyentinden daha düşük olmasına neden olur.



Ksilem özsuyu güneş enerjisine bağlı kütle akışı ile yükselir

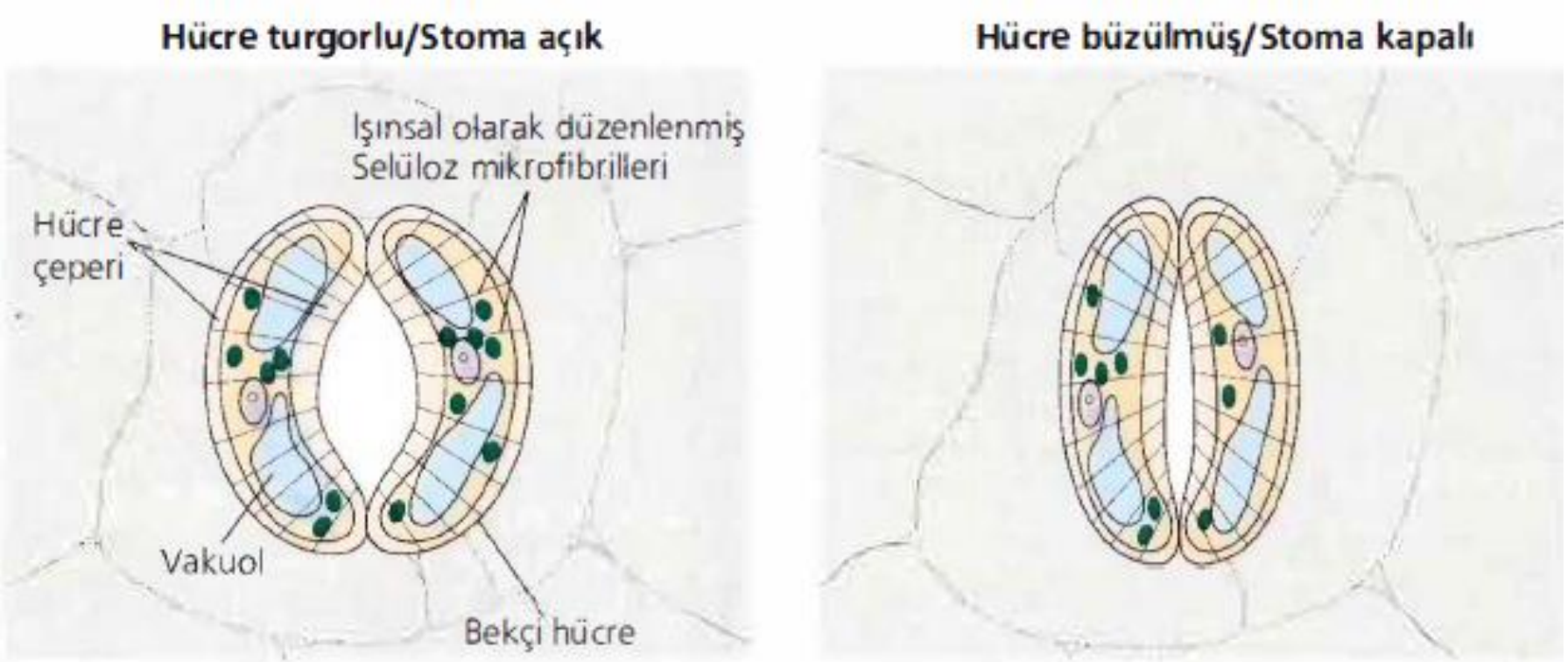
- Köklerden yapraklara suyun uzun mesafeli taşınımı kütle akışıyla gerçekleşir. Kütle akışı, bir kanalın karşılıklı iki ucundaki basınç farkına bağlı olarak gerçekleşen sıvı taşınımıdır. Bir bitkide kanalları trakeler ya da trakeid zincirleri oluşturur. Basınç farkı, transpirasyona bağlı çekişle yaprağın bulunduğu uçta oluşur. Bu, ksilemin yukarı kısmında basıncı düşürür.
- Bitki kütle akışı ile ksilem özsuyunu yapraklara taşımak için metabolik enerji harcamaz. Güneş ışığının absorbsiyonu, mezofil hücrelerinin nemli çeperlerinden suyun evaporasyonuna ve bir yaprağın içindeki hava boşluklarında yüksek nemliliğin sürmesine neden olarak transpirasyonun sürmesini sağlar. Yani, ksilem özsuyunun yukarı taşınması, sonuçta güneş enerjisiyle gerçekleşir.

TRANSPİRASYONUN KONTROLÜ

- *Fotosentez-Transpirasyon Uzlaşması*
- Bir bitki besin yapmak için yapraklarını güneşe maruz bırakmalı ve havadan CO_2 almalıdır. Karbondioksit yaprağa stomalardan girer. Fotosentezin bir yan ürünü olan oksijen de difüzyonla stomalardan yaprağın dışına çıkar. Stomalardan difüzyonla giren CO_2 düzensiz şekilli sünger parankiması hücrelerinin oluşturduğu bal peteği şeklindeki hava boşluklarına girer.
- Bu hücrelerin düzensiz şekilli oluşundan, bir yaprağın iç yüzey alanı dış yüzey alanından 10 ila 30 kat daha büyük olabilir. Yaprakların bu yapısal özelliği, CO_2 ile temas yüzeyini arttırarak fotosentezi desteklemekle birlikte, aynı zamanda açık stomalardan suyun çıkışını, yani evaporasyon yüzeyini arttırır. Stomalar dış yaprak yüzeyinin sadece % 1-2'lik kısmını oluşturmasına karşılık, bitkiden suyun %90'ı bu porlardan kaybedilir. Yaprağın diğer kısımlarından su kaybı ise mumsu kütikula tarafından sınırlanır.
- Transpirasyonun faydaları?

Stomalar Nasıl Açılır ve Kapanırlar?

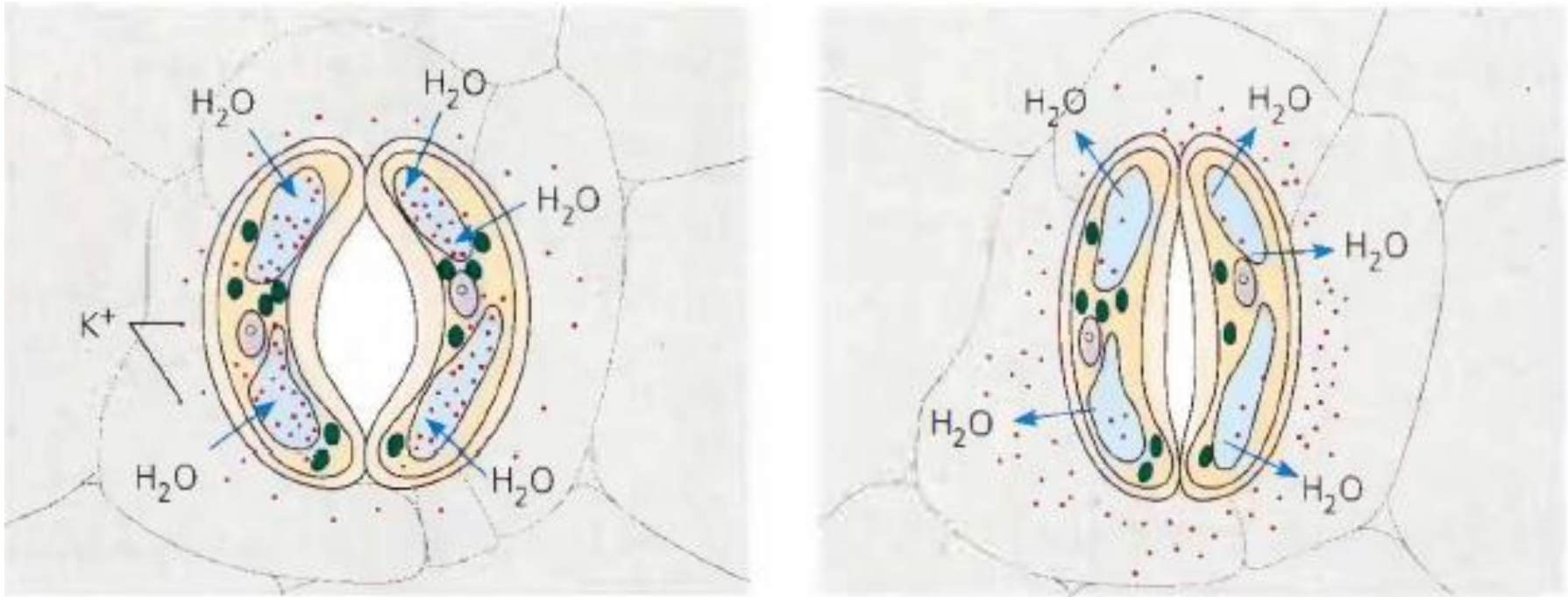
- Her stoma bir çift bekçi hücre tarafından kuşatılmıştır. Bekçi hücreler dikotillerde böbrek, monokotillerde ise dumbell şeklindedir.
- Bekçi hücreleri ozmozla su aldıkça, turgorlu hale gelerek şişerler. Dikotillerin çoğunda, bekçi hücrelerin çeperleri eşit kalınlıkta değildir. Selüloz mikrofibriller, bekçi hücreleri turgorluyken, bu hücrelerin dışa doğru kavis yapmalarını sağlayan yönde konumlanmışlardır. Bu, hücreler arasındaki açıklığı arttırır (Şekil sonraki slayt). Hücreler su kaybedip büzülünce, kavis azalır ve aralarındaki boşluk kapanır. Monokotillerin stomaları için de bu temel mekanizma geçerlidir.



(a) Bekçi hücre şeklinde değişiklikler, stoma açılması ve kapanması (yüzeyden görünüş). Bir dikotilin bekçi hücreleri turgorlu (stoma açık) ve büzülmüş halde (stoma kapalı) gösterilmiştir. Çeperlerdeki selüloz mikrofibriller, mikrofibrillere paralel yönde esneme ve baskılanmaya dirençlidir. Böylece, mikrofibrillerin ışınsal olarak düzenlenmiş olması turgor artınca, hücrelerin enine göre uzunluğunun daha fazla artmasını sağlar. İki bekçi hücre uç kısımlarından birbirlerine bitişmiştir. Dolayısıyla uzunluk artışı bükülmeye neden olur.

Stomalar Nasıl Açılır ve Kapanırlar?

- Stomaları açılıp kapanmasını sağlayan turgor basıncı değişiklikleri, potasyum iyonlarının bekçi hücreleri tarafından geriye dönüşebilir bir şekilde alınmaları ve kaybedilmeleri sonucunda oluşur. Bekçi hücreleri komşu epidermis hücrelerinden aktif olarak K^+ alıp, biriktirince stomalar açılır (Şekil sonraki slayt). K^+ 'nın alınması bekçi hücrelerinde su potansiyelini düşürür. Bunun sonucu osmozisla su alındıkça hücrelerin turgoru artar. K^+ ve suyun büyük bir bölümü vakuolda birikir; yani tonoplastın da bir rolü vardır. Bekçi hücrelerinden K^+ çıkışı ozmoza bağlı su kaybına neden olur ve stomalar kapanır.
- Bekçi hücresi zarından K^+ akışları olasılıkla pasiftir. Bu akışlar, proton pompaları tarafından zar potansiyelinin yaratılmasına eşlik eder. Stomalar, bekçi hücrelerin dışına H^+'nın aktif taşınımı ile ilişkili olarak açılır. H^+'nın dışarı atılmasıyla oluşan voltaj (zar potansiyeli) özel zar kanallarından K^+'un hücreye girmesini sağlar.



(b) Stoma açılması ve kapanmasında potasyumun rolü. Plazma zarı ve tonoplasttan K+ (potasyum iyonları) taşınımı bekçi hücrelerinde turgor değişikliğine neden olur. Bekçi hücreleri potasyum biriktirince (kırmızı noktalar) stoma açılır. Potasyum birikimi hücrelerin su potansiyelini düşürür ve bu hücrelerin ozmozisle su almalarını sağlar. Bekçi hücrelerinden potasyum çıkışı stoma kapanmasına neden olur.

Stomanın Açılıp Kapanmasının Regülasyonu



ŞEKİL 36.12 Bir örümcek bitkisi (*Chlorophytum colosum*)'nin yaprağında açık (solda) ve kapalı (sağda) stoma

- Birincisi, **ışığın kendisi** bekçi hücrelerinin potasyum biriktirmeleri ve turgorlu hale gelmelerini teşvik eder. Bu yanıtı, bir bekçi hücresindeki bir mavi ışık reseptörünün ışık alması tetikler. Bu reseptörün plazma zarında yer aldığı sanılmaktadır. Mavi ışık reseptörünün aktifleştirilmesi bekçi hücrelerinin plazma zarındaki ATP ile çalışan proton pompalarının aktifleştirilmesini uyarır. Bu ise K+ alınımını arttırır. Ayrıca, ışık, bekçi hücresi kloroplastlarında fotosentez yapılmasını sağlayarak stoma açılmasını teşvik eder. Fotosentezle hidrojen iyonlarının aktif taşınımı için gerekli ATP üretilmiş olur.
- Stoma açılmasına neden olan ikinci bir uyartı yaprak hava boşluklarında **CO_2'in azalması**dır. CO_2 mezofilde fotosentez başlayınca azalır.

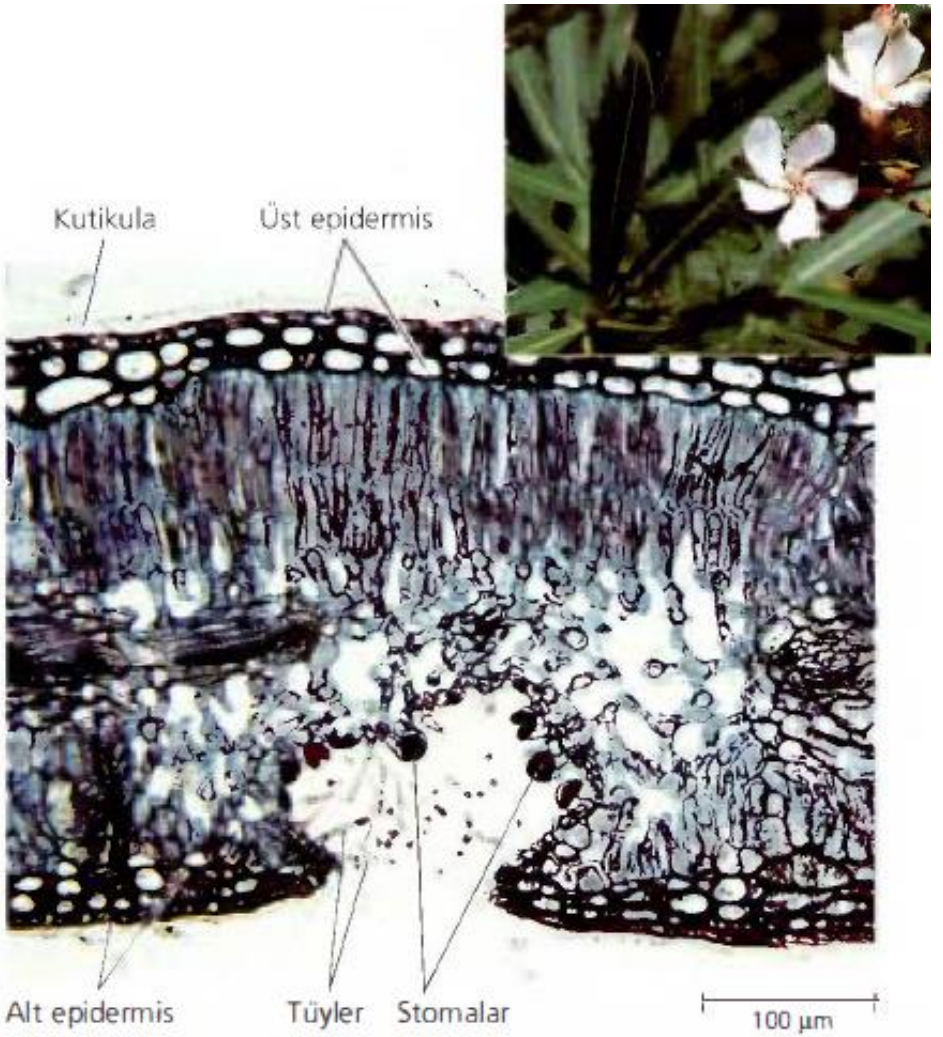
Stomanın Açılıp Kapanmasının Regülasyonu

- Stoma açılmasında üçüncü etken, bekçi hücrelerinde bulunan **içsel bir saat**tir. Bir bitkiyi küçük bir karanlık odada tutsanız bile, stomalar açılıp ve kapanarak günlük ritimlerini sürdürürler.
- Çeşitli çevresel stresler gündüzleri stomaların kapanmasına neden olur.
- Bitkiler su kıtlığı çekince, bekçi hücreleri turgorunu kaybedebilir.
- Ayrıca, su kıtlığına yanıt olarak mezofil hücrelerinde üretilen ve *absisik asit* olarak isimlendirilen bir hormon bekçi hücrelerine stomaların kapatılması için sinyal gönderir. Bu yanıt bir yandan bitkinin solmasını önlerken, diğer yandan fotosentezin yavaşlamasına neden olur.
- Yüksek sıcaklık da hücresel solunumu teşvik edip yaprak hava boşluklarında CO_2 konsantrasyonunun arttırarak stoma kapanmasını uyarır. Yüksek sıcaklık ve aşırı transpirasyon, birlikte, gün ortasında bile kısa bir süre stoma kapanmasına neden olur.

KSEROFİTLER TRANSPİRASYONU AZALTIRLAR

- Kserofitler olarak isimlendirilen, kurak iklimlere uyum sağlamış bitkilerin yapraklarında transpirasyon hızını azaltan çeşitli modifikasyonlar mevcuttur.
- Kserofitlerin çoğu küçük ve kalın yapraklıdır. Yaprak hacmine göre, yaprak yüzey alanını azaltan bu özellik, su kaybını sınırlandıran bir adaptasyondur.
- Kalın bir kütikula bu yaprakların bazılarına derimsi bir özellik kazandırır.
- Stomalar alt yüzeyde yoğunlaşmışlardır.
- Stomaların porları (delikleri) çoğunlukla çukurda bulunur. Böylece stoma porları kuru rüzgarlardan korunmuş olur. En kurak aylarda, bazı çöl bitkileri yapraklarını döker. Kaktüsler gibi diğer bitkiler ise yağmurlu mevsimde etsi gövdelerinde biriktirdikleri suyla geçinirler.

- Kurak ortamlara en mükemmel adaptasyonlardan biri buz otunda (*Mesembryanthemum*), Crassulaceae familyasının diğer üyelerinde ve pek çok diğer bitki familyasına üye bitkilerde görülür. Bu bitkiler CO_2'i, crassulacean asit metabolizması (*CAM*) olarak bilinen bir alternatif fotosentez yoluyla özümlerler. Bir *CAM* bitkisinin mezofil hücrelerinde, geceleri CO_2'i organik asitlerle birleştiren enzimler bulunur. Organik asitler aynı hücrelerde gündüzleri parçalanarak CO_2'in serbest kalması sağlanır. Şekerler ise bilinen fotosentez yoluyla(C_3) sentezlenir. Yapraklar CO_2'i geceleri alındıklarından stomalar gündüzleri kapanabilir. Çünkü transpirasyon çok şiddetlidir.

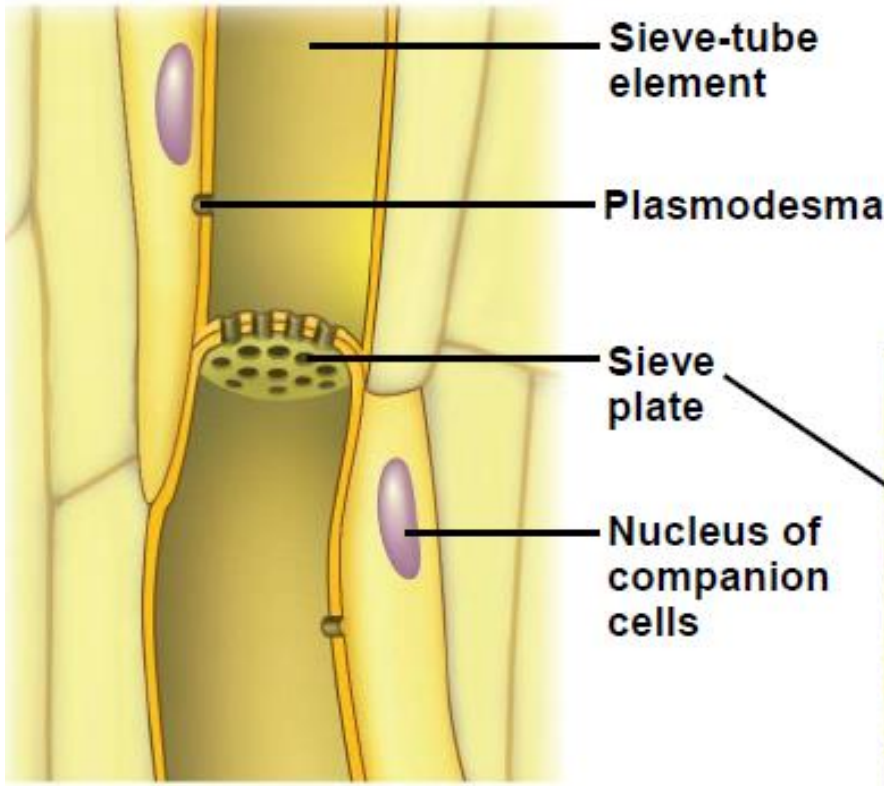


ŞEKİL 36.15 Bir kserofit yaprakta yapısal adaptasyonlar. Zakkum (içteki resim) çöl otoyolları kenarında yaygın olarak yetişir. Yapraklar, su kaybını azaltan kalın bir kutikula ve çok tabakalı epidermise sahiptir. Stamalar çukurda gömülüdür. Bu, stomayı sıcak ve kuru rüzgarlardan koruyarak transpirasyon hızını azaltır. Tüyler aynı zamanda hava akımını kesip, stomanın bulunduğu çukurun çevresine göre daha nemli kalmasına izin vererek transpirasyonun en aza indirir.

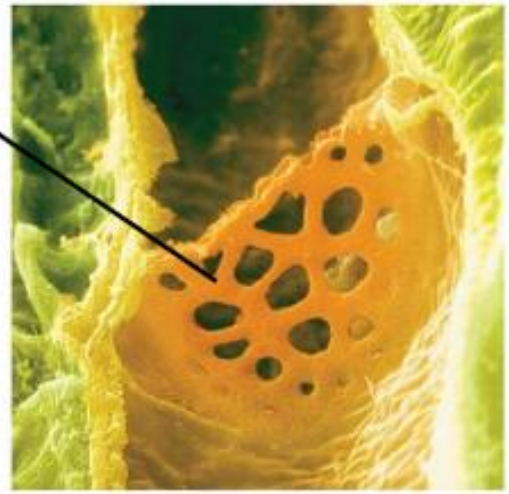
FLOEM ÖZSUYUNUN TAŞINMASI

- Fotosentezin organik ürünlerini bitkinin her yanına floem taşır.
- Bitkide bu besin taşınımı **translokasyon** olarak isimlendirilir.

- Translokasyonda iş gören özelleşmiş floem hücreleri kalburlu boru üyeleridir. Bunlar uç uca gelerek uzun kalburlu boruları oluşturururlar. Bu hücreler arasında kalburlu plaklar bulunur. Kalburlu plaklar kalburlu boruda özsuyun akışına izin veren delikli ortak çeperlerdir.



Sieve-tube elements: longitudinal view



Sieve plate with pores (SEM)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

FLOEM ÖZSUYUNUN TAŞINMASI

- Floem özsuyu= Sakkaroz (disakkarit şeker)+ mineraller + aminoasit +hormonlar

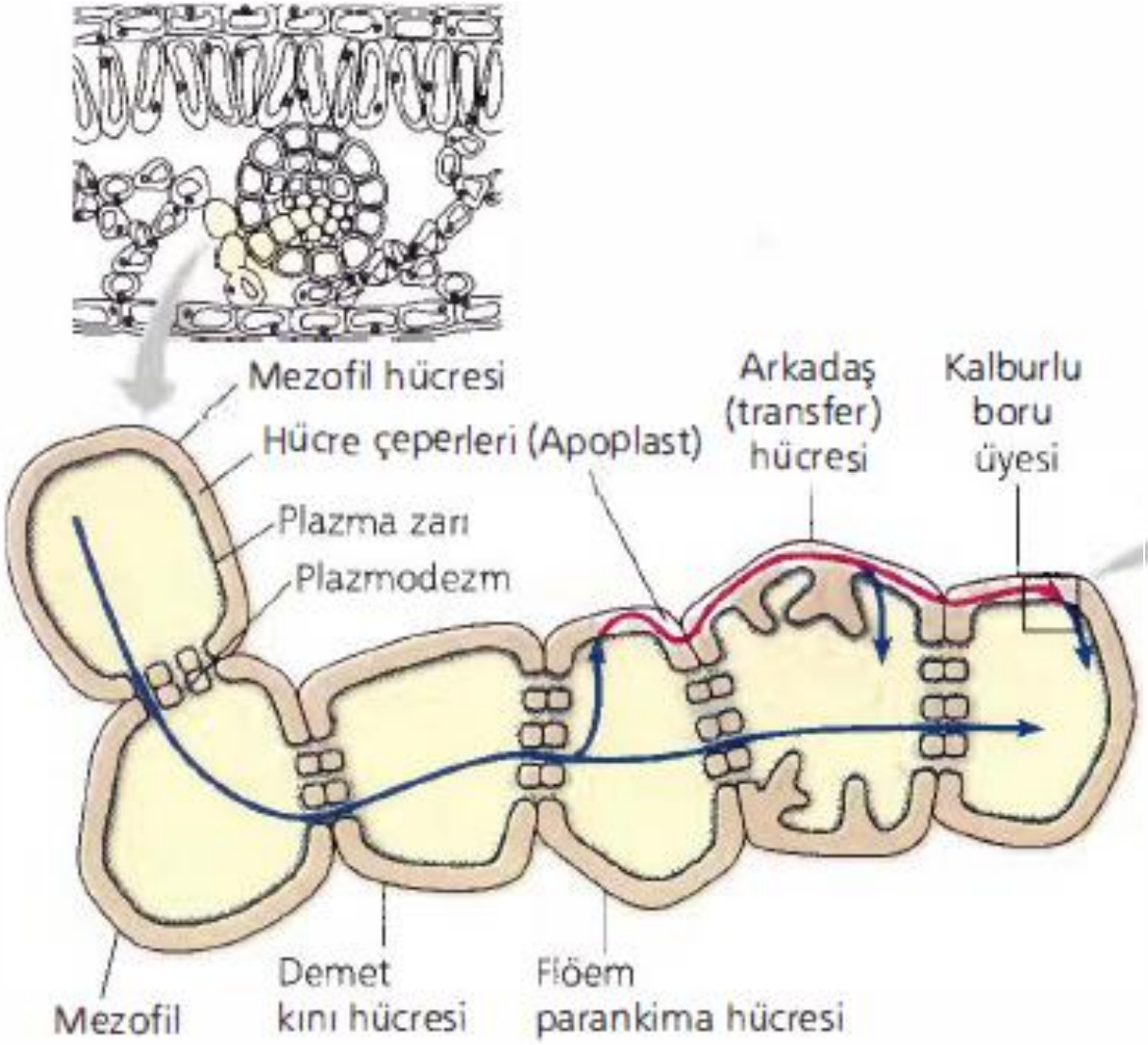
- Kalburlu boruların bir **şeker kaynağı**ndan bir **şeker havuzuna** şeker taşıdığı kabul edilmektedir.
- Şekerin fotosentezle ya da nişastanın parçalanması sonucu üretildiği bir bitki organı, şeker kaynağıdır. Olgun yapraklar primer şeker kaynaklarıdır.
- Bir şeker havuzu ise, net şeker tüketicisi ya da biriktiricisi bir organdır.
- Büyümekte olan kökler, gövde uçları, gövdeler ve meyve şeker havuzlarıdır. Bir yumru ya da soğan gibi bir depo organı ise mevsime bağlı olarak, bir kaynak ya da bir havuz olabilir. Yazın karbonhidrat biriktiren bir depo organı, şeker havuzudur. Bununla birlikte, her bahar mevsiminde dormansi kırıldıktan sonra, içerdiği nişasta şekere parçalandıkça, bir kaynak haline gelir. Şeker, gövde sisteminin büyümekte olan tomurcuklarına floemle taşınır.

FLOEM ÖZSUYUNUN TAŞINMASI

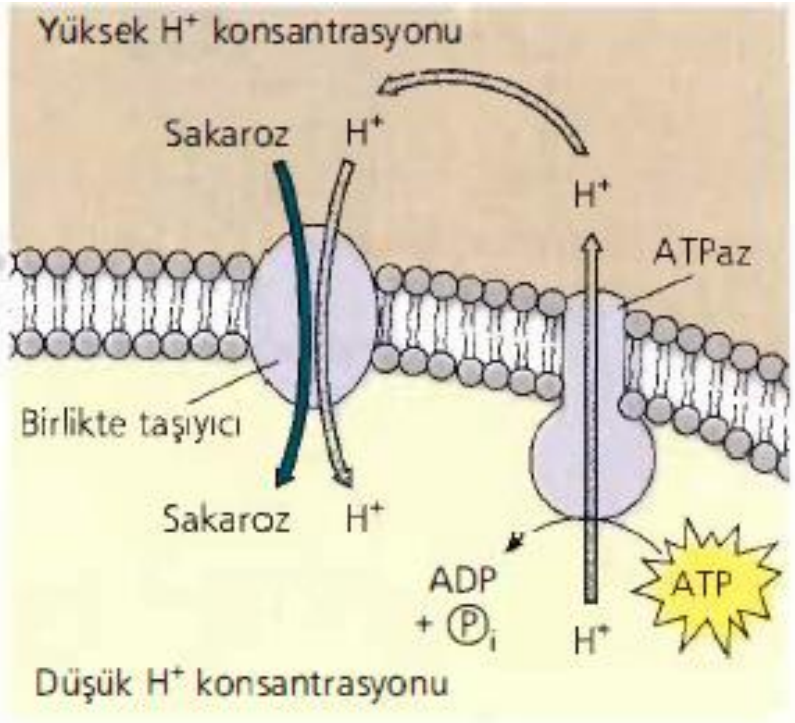
- Bir şeker havuzu, şekeri, çoğunlukla o havuza en yakın kaynaktan alır. Bir dalın üst yaprakları şekeri büyümekte olan gövde uçlarına, aynı daldaki alt yapraklar ise köklere gönderir. Büyümekte olan bir meyvenin besin gereksinimi çok fazla olduğundan, çevresindeki tüm şeker kaynaklarını kullanabilir.
- Bir iletim demetindeki bir kalburlu boru floem özsuyunu bir yönde, buna karşılık aynı demetteki farklı bir boru ters yönde taşıyabilir. Her bir kalburlu boru için taşınım yönü, yalnızca o kalburlu borunun birbirine bağladığı kaynak ve havuzun konumuna bağlıdır. Bu yön, mevsim ya da bitkinin gelişim evresine bağlı olarak değişebilir.

Floeme Sakkarozun Yüklenmesi ve Boşaltılması

- Bir yaprağın mezofil hücrelerinden ve diğer kaynaklardaki şeker, şeker havuzlarına gönderilmeden önce kalburlu boru üyelerine yüklenmelidir. Bazı türlerde sakkaroz, mezofil hücrelerinden kalburlu borulara simplast yoluyla taşınır. Diğer türlerde ise sakkaroz hem simplastik hem de apoplastik yollardan kalburlu boru üyelerine ulaşır. Örneğin, mısır yapraklarında, sakkaroz mezofil hücrelerinden küçük damarlara simplast yoluyla geçer. Daha sonra şekerin büyük bir bölümü kalburlu boru üyeleri ve arkadaş hücrelerinin çevresinden apoplasta, yani hücrelerin dışına çıkar. Bu sakkaroz apoplasttan (çeperler) alınarak, doğrudan kalburlu boru üyeleri ya da arkadaş hücreleri tarafından biriktirilir. Arkadaş hücreleri biriktirdikleri şekeri, hücreleri birbirine bağlayan plazmodezmler aracılığıyla kalburlu boru üyelerine geçirir. Bazı bitkilerde, arkadaş hücrelerinin çeperleri içe doğru girintiler yapmıştır. Bu, hücre yüzey alanını ve apoplast ile simplast arasında çözünen taşınımını arttıran bir adaptasyondur. Bu tür değişime uğramış hücreler **transfer hücreleri** olarak isimlendirilir



(a) Mezofil hücrelerinde üretilen sakkaoroz simplasttan (mavi oklar) kalburlu boru üyelerine geçer. Bazı türlerde sakaroz kalburlu borunun yakınından simplastta girer (mor ok) ve kalburlu boru üyeleri ve arkadaş hücrelerinden aktif olarak birikitirilir.



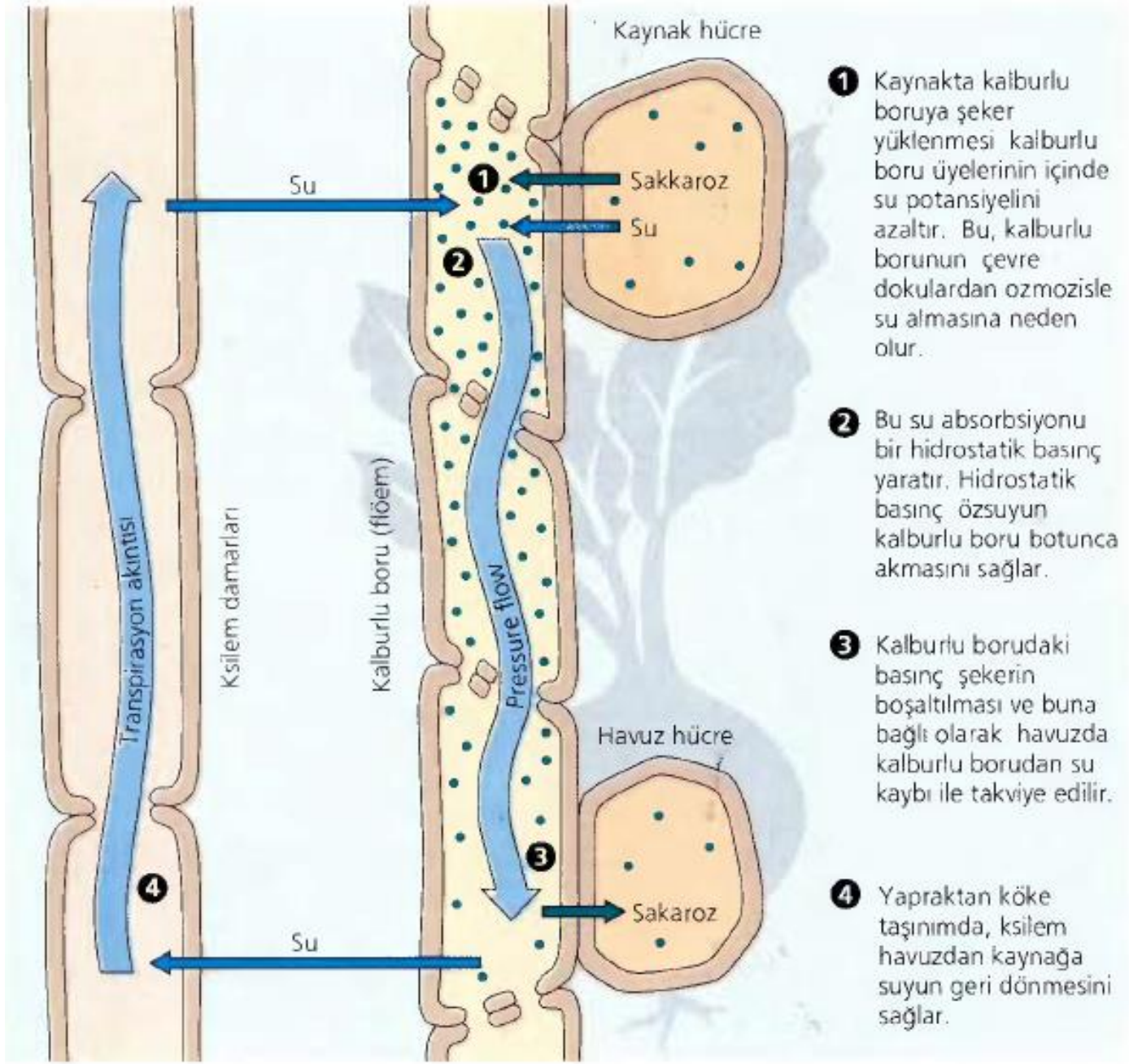
(b) Sakarozun arkadaş hücrelerine ve kalburlu boru üyelerine aktif taşınımından bir kemiozmotik mekanizma sorumludur. Proton pompaları (ATPazlar) bir H^+ gradiyenti oluşturur. Bu gradiyent bir birlikte taşıyıcı (kotransport) proteinin yardımı ile sakaroz birikimini sağlar. Bu protein sakaroz taşınımının H^+ hücreye geri dönerken sakarozun da alınmasını sağlar.

Floeme Sakkarozun Yüklenmesi ve Boşaltılması

- Mısırda ve diğer pek çok bitkide kalburlu boru üyeleri, mezofildekine göre, iki ila üç kat daha fazla sakkaroz biriktirmektedir. Bu nedenle floemin yüklenmesi aktif taşınım gerektirir. Hücrelerin sakkaroz biriktirmesi için proton pompaları çalışır (Önceki slayt sağ şekil).
- Floem, taşıdığı sakkarozu bir kalburlu borunun havuza bağlandığı noktada boşaltır. Floemin taşıdığı maddeleri boşaltması oldukça farklılık gösterir; bu mekanizma bitki türüne ve organın tipine bağlıdır. Havuzdaki serbest şeker konsantrasyonu, mekanizmaya bağlı olmaksızın, kalburlu borununkinden daha düşüktür. Çünkü yüklenmemiş şeker, ya havuz hücrelerinin büyüme ve metabolizması sırasında tüketilir ya da nişasta gibi, suda çözünmeyen polimerlere dönüştürülür.

Floem özsuyu basınca bağlı kütle akışı ile taşınır

- Floemin yüklenmesi, bir kalburlu borunun kaynak yakınındaki ucunda çözünen konsantrasyonunu arttırır. Çözünen konsantrasyonundaki bu artış, su potansiyelini düşürür ve suyun kalburlu boruya akmasına neden olur (Şekil sonraki slayt sol şekil). Kalburlu borunun içinde bir hidrostatik basınç oluşur. Bu basınç kalburlu borunun kaynakla temas eden ucunda en yüksektir. Havuza bakan ucunda ise su kaybı nedeniyle basınç düşer.
- Kalburlu borunun bir ucunda (kaynak) basıncın oluşması ve karşı uçta (havuz) ise basıncın düşmesi, kaynaktan havuza suyun akmasına neden olur. Suyla birlikte şeker de taşınmış olur. Su havuzdan kaynağa trakeler aracılığıyla geri döner.



ŞEKİL 36.17 Bir kalburlu boruda basınç. Bu örnekte, kaynak bir yaprak, havuz ise bir köktür.



(a) Afidin beslenmesi



(b) Bir kalburlu boru üyesinde afidin iğnesi



(c) Flöem özsuyunu damla halinde dışarı veren kesik stilet

Özetle,

- Bitkide şekerler üç düzeyde taşınır:

1-Plazma zarlarından hücre düzeyinde taşınım (flöem hücrelerinde aktif taşınımla sakkaroz birikimi)

2-Organlarda kısa-mesafeli yanal taşınım (mezofilden floeme simplast ve apoplasttan sakaroz geçişi)

3- Organlar arasında uzun-mesafeli taşınım (kalburlu borularda kütle akışı).