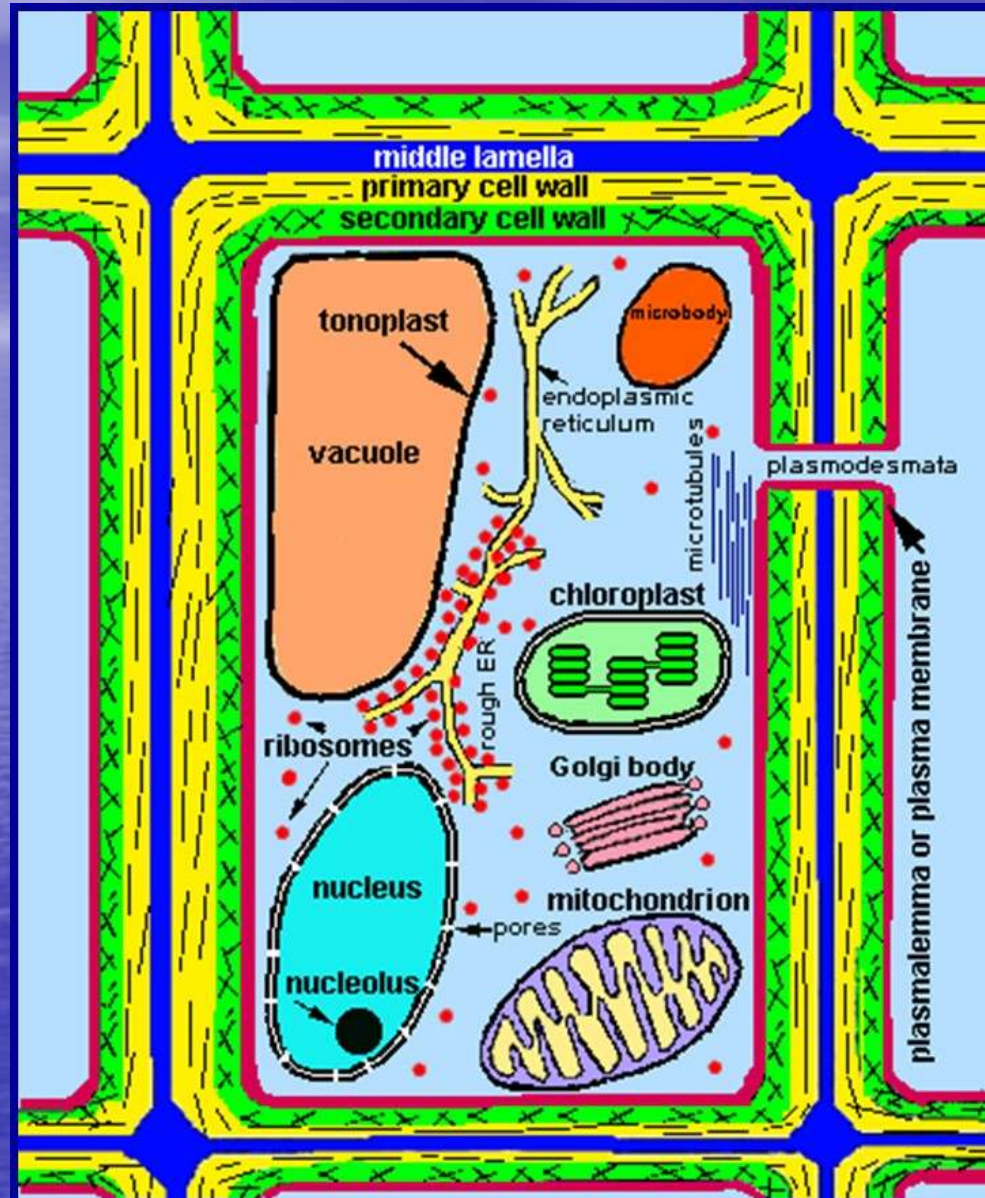


**PATOJENLERİN BİTKİ  
FİZYOLOJİK  
FONKSİYONLARI ETKİLERİ**



Bir Bitki Hücresi

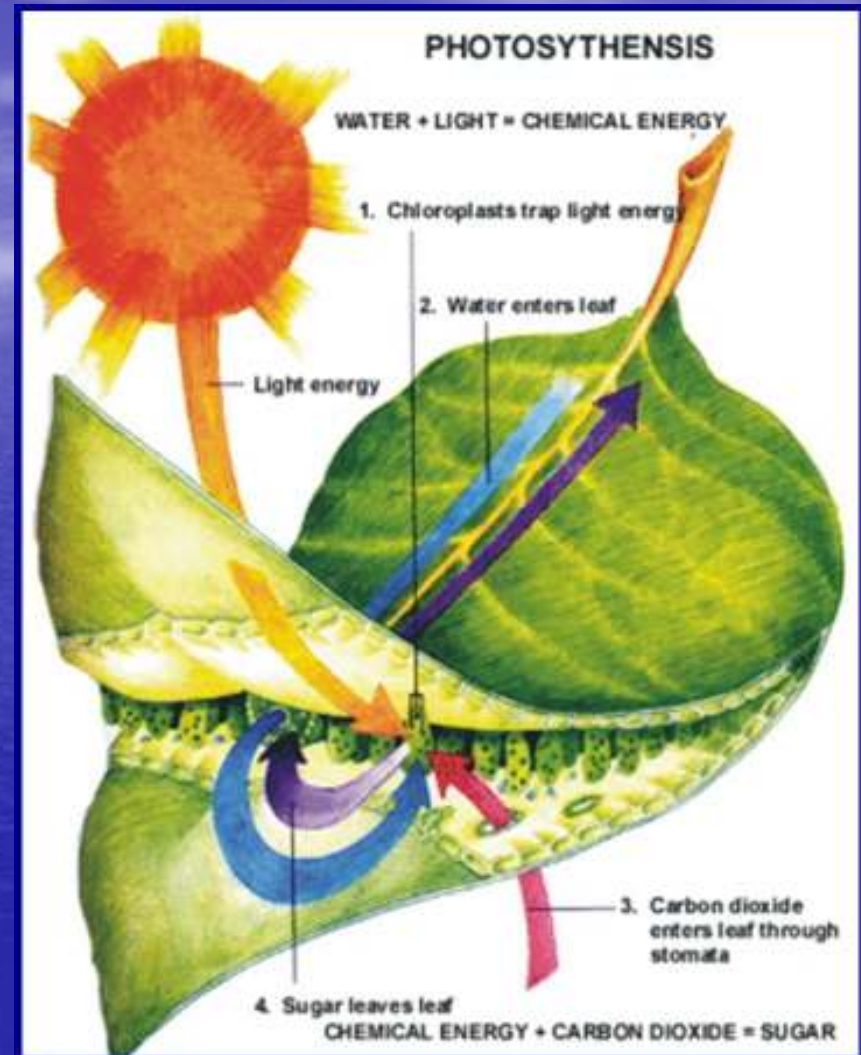
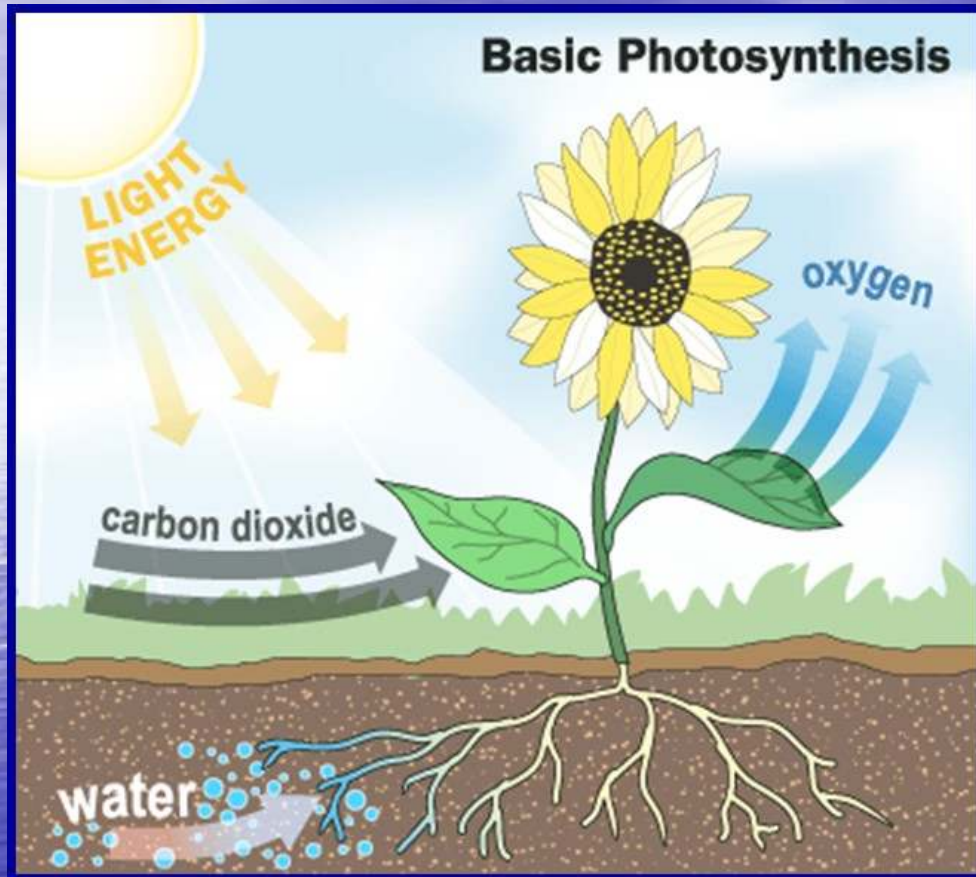
Patojenlerin aşağıdaki biyokimyasal olayları etkileyebilir;

- Fotosentez,
- Su taşınması (Ksilem),
- Besin taşınması (Floem),
- Transpirasyon,
- Solunum,
- Hücre geçirgenliğı,
- Transkripsiyon,
- Translasyon.

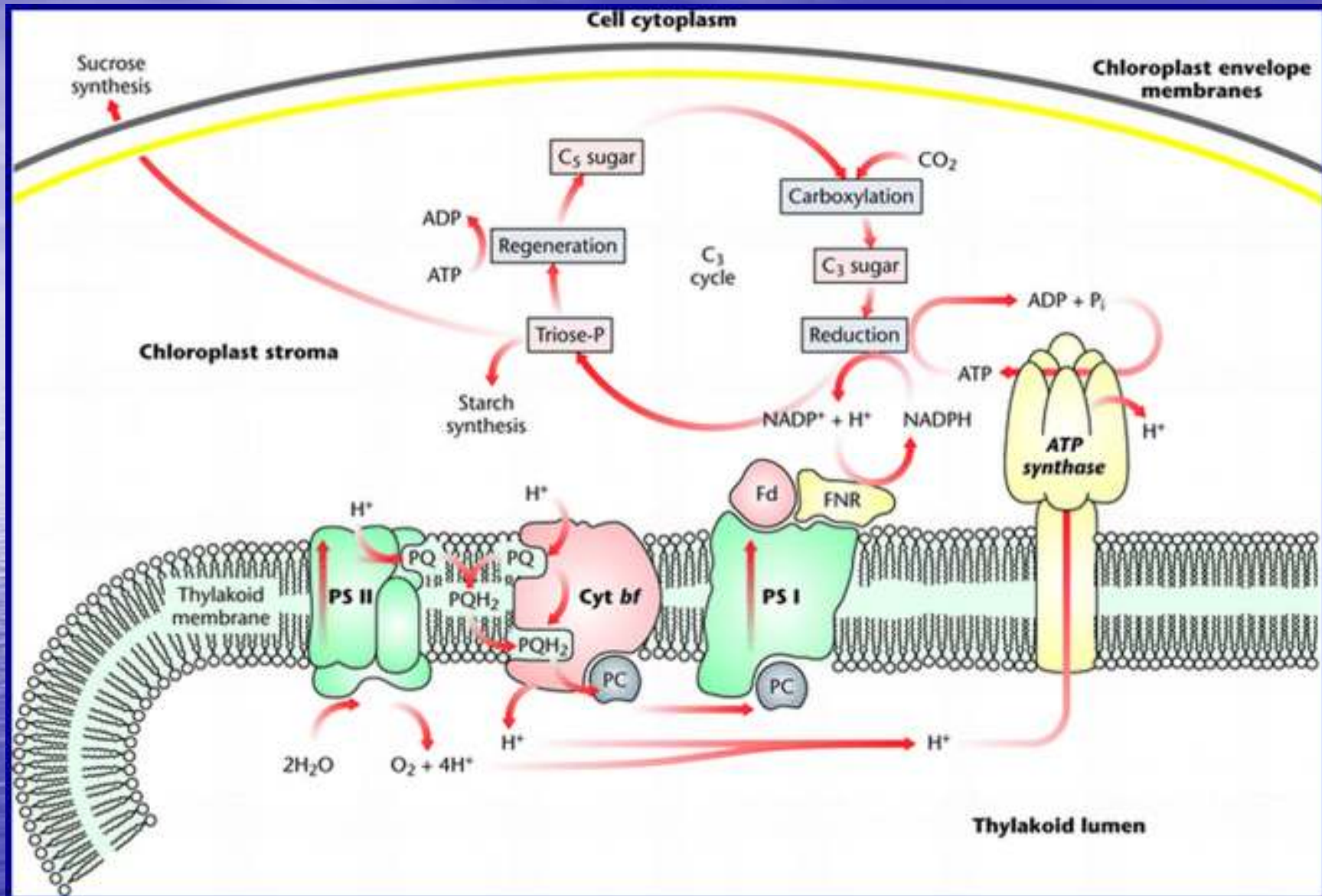
# 1. Fotosentez Üzerine Patojenlerin Etkisi



- Fotosentez, yeşil bitkilerin temel yaşam fonksiyonudur.
- Bitkilerin en yüksek düzeyde enerji sağlayabileceği tek biyokimyasal olaydır.
- Işık enerjisi tüm hücre aktivitelerinde kullanılmak üzere kimyasal enerjiye dönüştürülür.
- $\text{CO}_2$  atmosferden,  $\text{H}_2\text{O}$  topraktan sağlanır ve kloroplastlarda, ışığın varlığında  $\text{O}_2$  'in salınımı ile glikozu oluştururlar.



Fotosentez



Bitki Hücresinde Fotosentez

Herhangi bir patojenin bir bitkinin fotosentez olayına yapacağı en ufak bir etki **BITKİNİN HASTALANMASI** ile sonuçlanacaktır.

Yaprak lekesi veya yanıklığı gibi hastalıklar nedeniyle bitkinin fotosentez yapan yaprak yüzeyi zamanla azalır. Eğer hastalık ilerlemiş ise etki daha yıkıcı olur.

Toplam klorofil miktarı bazı fungal ve bakteriyel hastalıklarda azalır, ancak kalan klorofillerle bitki fotosentez yapmaya devam eder.

Bazı fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerinin oluşturduğu toksinlerin (tentoxin, tabtoxin gibi) fotosentezde gerekli enzimleri inhibe etmesi nedeniyle fotosentez yapma miktarı azalabilir. Bitkiler iletim demetlerine zarar veren patojenlerle infektelendiğinde;

- Stomalar kısmen kapanır,
- Klorofil miktarı azalır,
- Fotosentez bitki henüz tam olarak sararmadan bile durabilir.

Pek çok virus, nematod gibi organizma klorozlara (sararmalara) neden olur. Böyle bitkilerde fotosentez yok denecek kadar aza düşmüştür.

Hastalığın ilerleyen dönemlerinde fotosentez oranı normalin dörtte biri kadardır.



- Kloroz ve Nekroz





*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*'nın  
biberde neden olduğu yaprak belirtileri

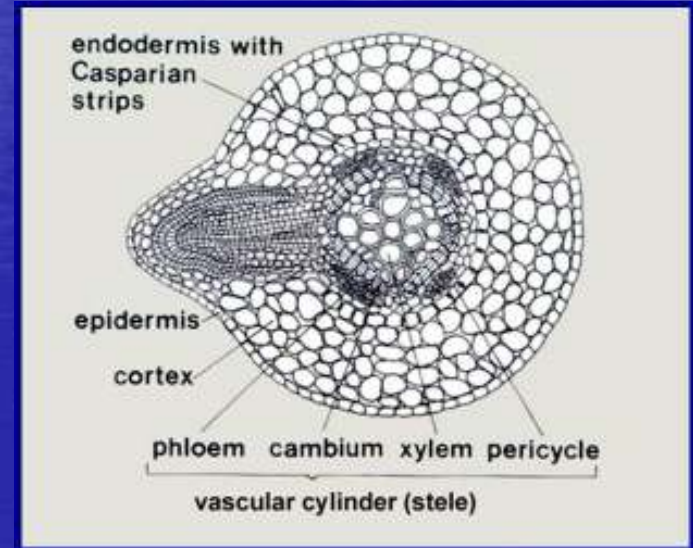
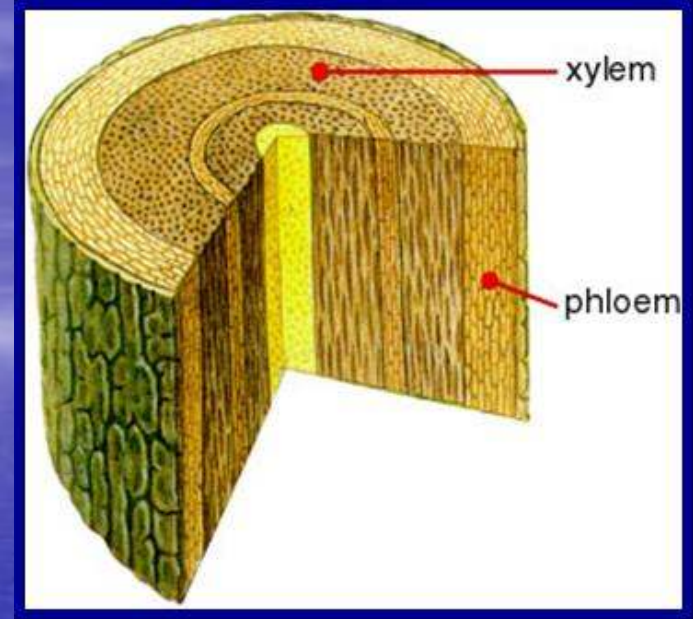
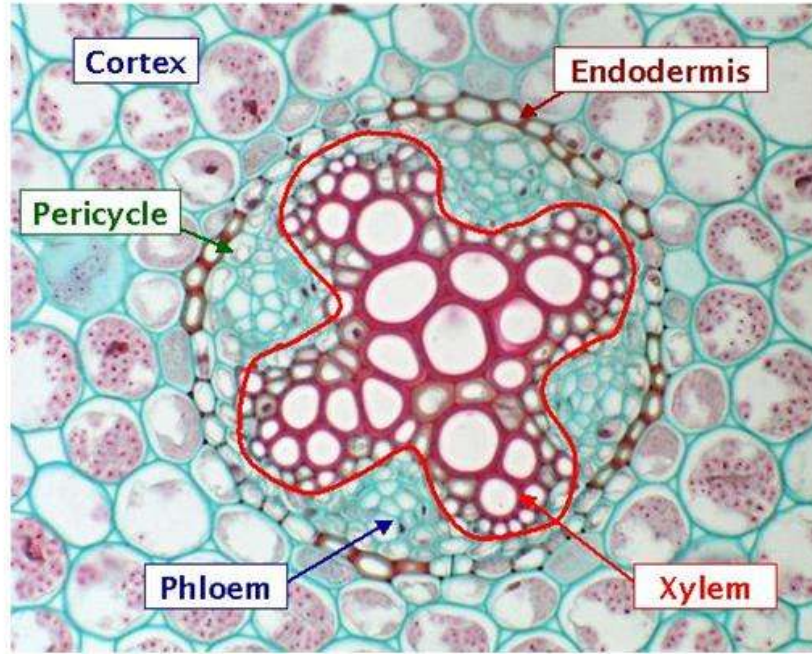


Gölde virüslerin neden olduğu  
Mozaik yaprak belirtileri

## 2. Konukçu Bitkide Su ve Besin Maddelerinin Taşınması Üzerine Patojenlerin Etkisi

Tüm canlılar fizyolojik faaliyetlerini sürdürebilmek için belirli miktarda su ile yeterince organik ve inorganik maddeye gereksinim duyarlar. Bitkiler suyu ve inorganik besinleri (mineralleri) kökleri ile topraktan alırlar. Bunlar gövdedeki ksilem hücreleri yardımıyla petioller ve yaprak damarlarına ve bu yolla da yaprak hücrelerine kadar ulaşırlar.

Bu mineraller ve suyun bir bölümü bitkinin yaprakları ve diğer hücreleri tarafından alınır ve çeşitli maddelerin sentezinde kullanılır. Ancak suyun büyük çoğunluğu yaprak hücreleri arasındaki intersellüler boşluklardan stomalar yoluyla atmosfere karışır.



## Bitkilerde Ksilem ve Floemin Yapısı

Öte yandan fotosentez yoluyla sentezlenmiş tüm organik besin maddeleri bitkinin tüm yaşayan hücrelerine floem yoluyla aşağıya doğru taşınır.

Herhangi bir patojen bir bitkiye saldırdığında, inorganik besin maddelerinin ve suyun yukarı doğru hareketini ve organik bileşiklerin aşağı doğru hareketine müdahale ettiğinde sistem dengeleri bozulacağından hastalıklı bitki kısmı bu materyalleri alamayacak ve işlevini yerine getiremeyecektir. Sonuçta tüm bitkinin hastalanmasına neden olacaktır.

Örneğin bir bitkide yapraklara su taşınımı engellenirse yapraklar fonksiyonlarını yerine getiremez ve fotosentez oranı azalır veya tamamen durur.



# Su ve İnorganik Besin Maddelerinin Taşınması Üzerine Patojenlerin Etkisi

Patojenler bu taşınmada farklı şekillerde etkili olabilirler;

-Bazıları direkt köklerin fonksiyonu üzerine etkilidir. Köklerin daha az su almalarına neden olur,

-Bazıları ksileme yerleşip orada büyüdükleri için gövde boyunca suyun hareketini engellerler,

-Bazıları ise direkt bitkinin su kullanım kapasitesini etkiler. Bitkinin yaprak ve stomalardan aşırı su kaybetmesine neden olarak su dengesini altüst eder.

# Kökler Tarafından Suyun Absorbsiyonu Üzerine Patojenlerin Etkisi

Pek çok patojen (Çökerten hastalığı etmeni gibi), köklerde hastalık yapan fungus ve bakteri ile bazı virüsler asıl zararlarını köklerde yaparlar. Başlangıçta bitkinin toprak üstü aksamı sağlıklı görünür ama aslında kökler zararlanmıştır. Köklerin yaralanması köklerin fonksiyonunu azaltmakta böylelikle de topraktan kökler aracılığı ile absorbe edilen su miktarı azalmaktadır. Bazı iletim demeti patojenleri ise ;

-Kök tüyleri oluşumunu engellemekte böylelikle su absorpsiyonu azalmaktadır,

-Bazıları ise kök hücrelerinin geçirgenliğini değiştirmektedir.



# Çökerten



# Ksilem ile Su Taşınması Üzerine Patojenlerin Etkisi

Çökerten, yanıklık türleri gibi pek çok fungal ve bakteriyel patojen infekteli bölgede ksilem hücrelerine kadar ulaşabilir. Eğer infektelenen bitki henüz genç ise bundan çok etkilenir.

Ksilem bölmeleri patojen üreme propagülleri ile dolar. Zamanla hücreler suyu çok az yada hiç iletmez duruma gelir. Belirli bazı patojenler *Agrobacterium tumefaciens* ve *Plasmodiophora brassicae* gibi hastalandırdıkları bitkilerde gal oluşumunu teşvik ederler. Ksilem yanındaki veya çevresindeki genişlemiş ve şekli bozulmuş hücreler ksilem hücrelerine basınç yaparlar. Buda ksilemin görevini yapamamasına neden olur.

Patojenler içerisinde ksilemin işlevini yapamayışına en güzel örnek solgunluk hastalığına neden olan iletim demeti fungusları ;

*Fusarium spp.* ve *Verticillium spp.*

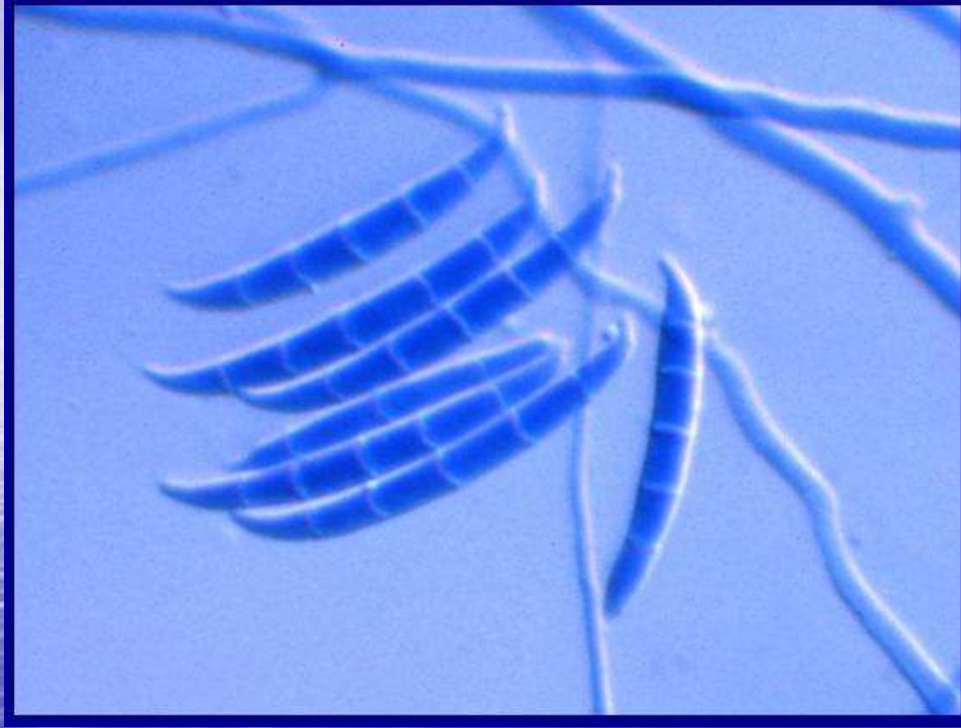
*Ralstonia solanacearum* ve *Erwinia tracheiphila* bakterileridir.

Bu patojenler kök ve gövde ksilemlerini istila eder ve suyun hareketini engellerler. Bu patojenler ile infekteli bitkilerde gövde ksileminde suyun akış oranı sağlıklılara oranla % 2-4 kadar daha azdır. Bunun ana nedeni patojenin iletim demetlerinde bulunmasıdır.

Ayrıca *Agrobacterium tumefaciens'* in ve *Plasmodiophora brassicae'* nin neden olduğu urlar ksileme baskı yaparak bunları ezer veya parçalar.

# *Erwinia tracheiphila*





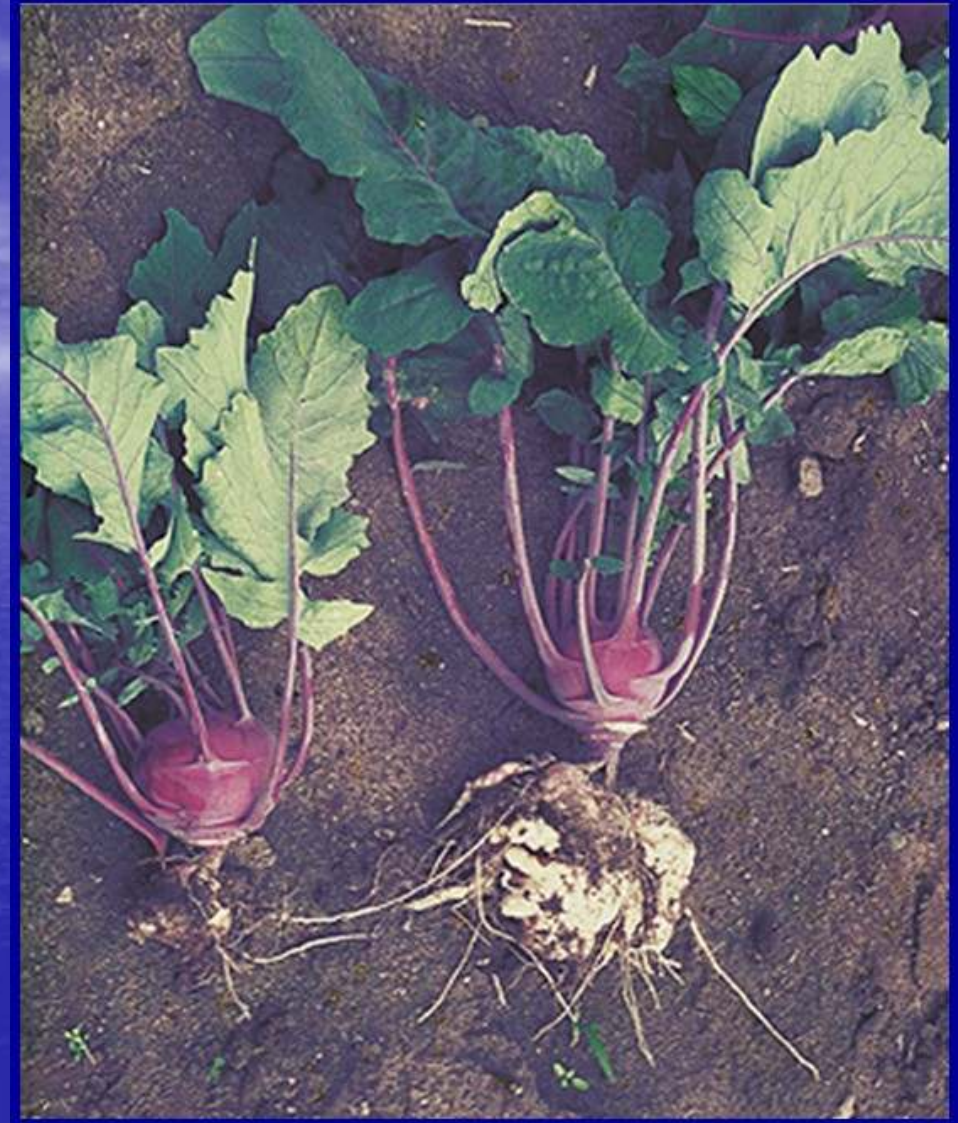
*Fusarium'* un Neden Olduğu Simptomlar



*Verticillum* ' un Neden Olduğu Simptomlar



*Agrobacterium tumefaciens'* un Oluşturduğu  
Simptomlar



*Plasmodiophora brassicae'* nin Oluşturduğu  
Simptomlar



### 3. Transpirasyon Üzerine Patojenlerin Etkisi

İnfekteli bitkilerde transpirasyon oranı fazladır. Bunun nedenleri;

- Yaprak kutikulasında meydana gelen zararlanma,
- Yaprak hücrelerinin geçirgenliğinin artması,
- Stomaların iyi çalışmamasıdır.

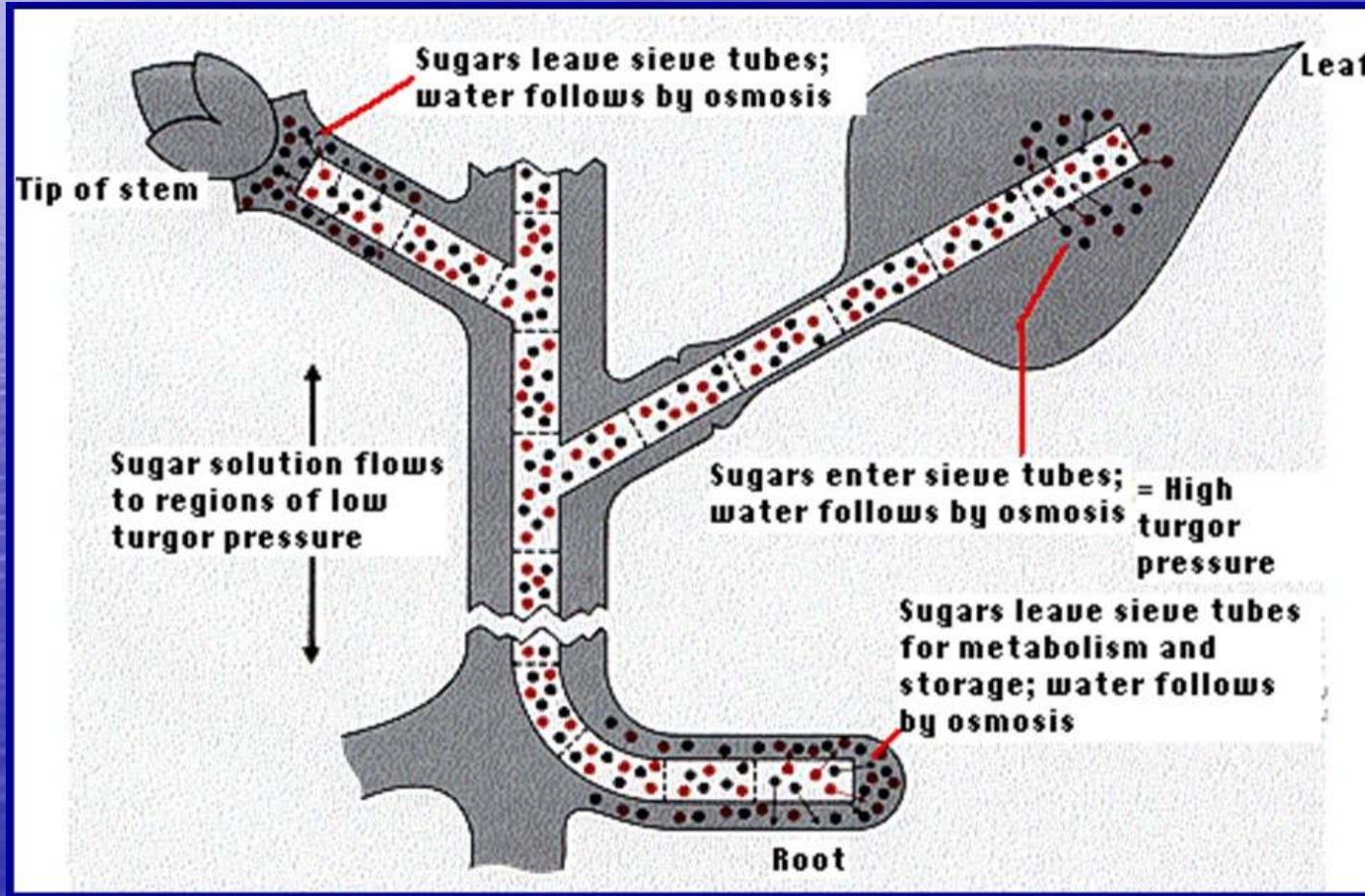
Pas, külleme ve uyuz gibi bazı hastalıklar yaprak kutikulası ve epidermisini büyük oranda zararlandırır. Sonuç su kaybının infekteli bölgelerde kontrol edilememesidir. Eğer suyun absorpsiyonu ve taşınması bir şekilde kontrolden çıkarsa yapraklarda sararmalar oluşur.

## 4. Organik Besin Maddelerinin Taşınması Üzerine Patojenlerin Etkisi

Organik besin maddeleri fotosentez ile yapraklarda üretilir ve plasmodesmata yoluyla floemde taşınır. Yukarıdan aşağıya doğru floem hücrelerinde taşınır ve depo organlarına kadar iletilir ve buralarda depo edilir.

Patojenler yaprak hücrelerinden floeme ulaşarak bitkileri hastalandırır. Pas ve külleme gibi obligat fungal patojenler infekteledikleri alanlarda organik ve inorganik maddelerin birikimine neden olurlar. Bu patojenlerle infekteli bölgelerde fotosentez azalır, solunum artar.

Bazı virüs hastalıklarında ise özellikle bazı sarılık ve kıvrıcıklık virüslerinde yapraklardaki nişasta birikimi floem dejenerasyonunu bir sonucudur. Yapraklardaki renk değişimleri de bölgesel nişasta üretimi ve birikiminin bir sonucudur.



## 5. Bitki Solunumu Üzerine Patojenlerin Etkisi

Solunum bitki hücrelerinde karbonhidrat ve yağ asitlerinin enzimatik olarak okside edildiği ve bu esnada enerjinin ortaya çıktığı temel biyokimyasal olaylardan birisidir. İki aşamada gerçekleşir;

1. Glikozun piruvata dönüştürülmesi (Glikolizis),
2. Piruvatın parçalanması ve su ile karbondioksit ortaya çıkmasıdır. Krebs döngüsü olarak bilinir, sadece oksijenin varlığında mitokondride gerçekleşir.



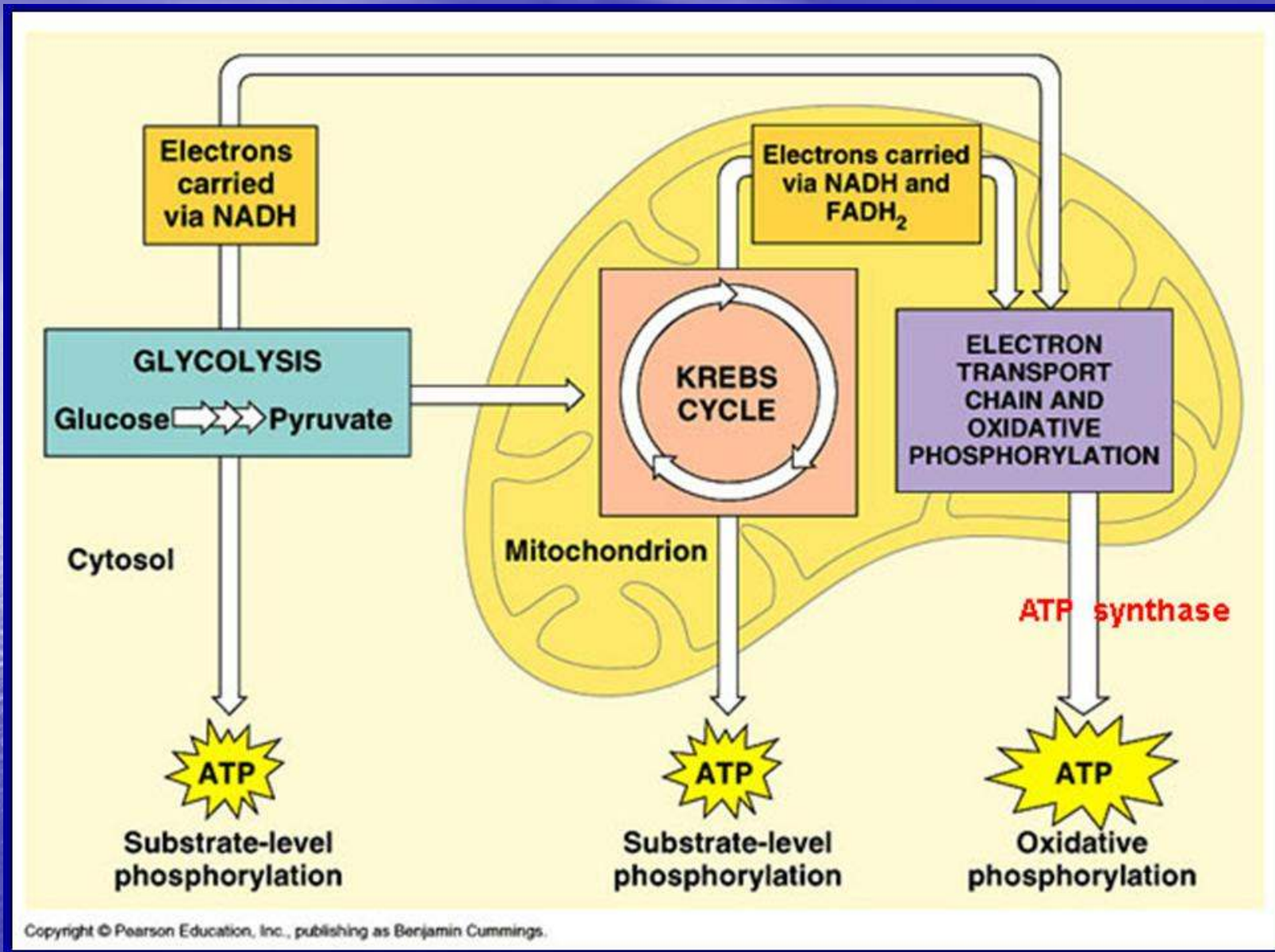
Reaksiyon sonucu toplam 678.000 kalorilik enerji açığa çıkar.

Açığa çıkan enerjinin bir bölümü kaybolur, hemen hemen yarısı yüksek enerjili ve tekrar kullanılabilen ATP'ye (20-30) dönüşür. Hücre enerjiye gereksinim duyduğunda ATP, "Oksidatif fosforilasyon" adını verdiğimiz kimyasal yolla ADP ve fosfata dönüşerek açığa çıkan enerjiyi kullanır.

Bir şekilde hücrede enerji gereksinimini karşılayacak ATP yeterince oluşmamışsa, ADP ve solunum miktarı da buna bağlı olarak azalacaktır.

Solunumda kazanılan enerji hücrede;

- Bileşiklerin akümüasyonu,
- Bileşiklerin taşınması,
- Protein sentezi,
- Hücrenin büyüme ve bölünmesi,
- Savunma mekanizmaları
- Ve diğer aktiviteler için kullanılır.



## Bitkilerde Solunum

# Hastalıklı Bitkilerde Solunum

Bir bitki bir patojen ile enfektelendiğinde genel olarak solunum artar. Bunun anlamı enfekteli dokular sağlıklı dokulara oranla depo karbonhidratlarını daha fazla kullanırlar. Solunumun artışı enfeksiyondan hemen sonra ortaya çıkar. Bir süre sonrada gözle görülebilir simptomlara dönüşür. Yine bu artış patojenin sporulasyonu ve çoğalması boyunca devam eder. Sonra tekrar normal seviye ye döner. Hatta sağlıklı bitkilerden daha az solunum yapar.

Hastalığa dayanıklı bir çeşide bir patojen saldırdığında onlarda da solunum hızla artar. Çünkü savunma mekanizmalarını sağlıklı çalıştırabilmeleri için daha fazla enerjiye gereksinim duyarlar. Ancak daha sonra maksimuma ulaşip tekrar normale döner.

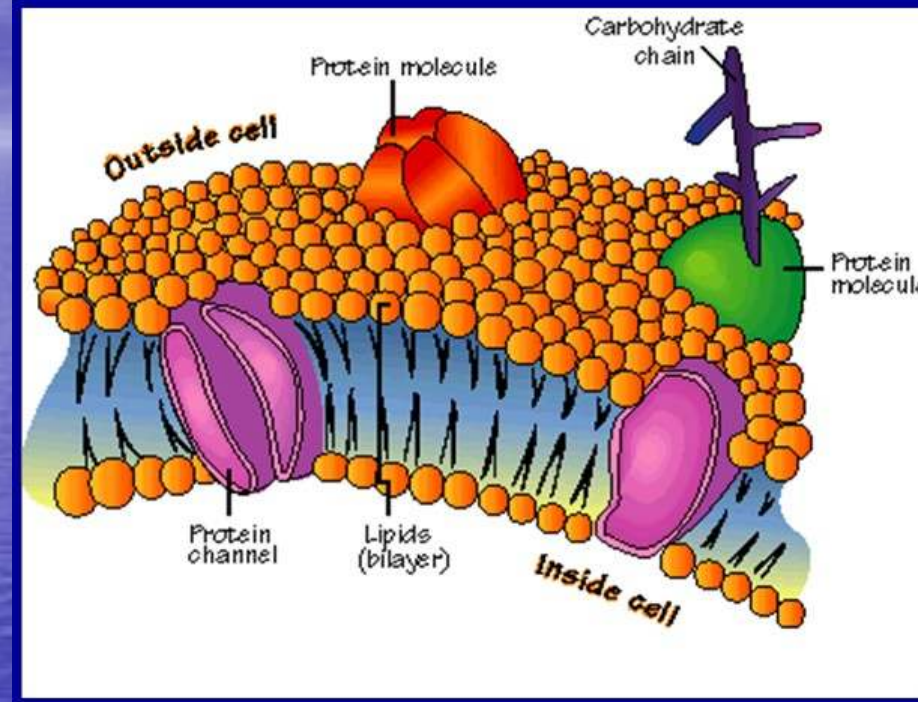
Duyarlı çeşitlerde ise savunma mekanizması olmadığı için solunum yavaş yavaş yükselir ve bu yüksek oran daha uzun süre devam eder.

Hassas çeşitlerde infeksiyondan sonra solunumdaki bu değişikliğe paralel olarak metabolizmada da bazı değişiklikler ortaya çıkar;

- Solunumda görev yapan enzimlerin konsantrasyon ve aktiviteleri artar,
- Fenolik bileşiklerin (bunlar savunma mekanizmaları açısından önemlidir) birikimi ve oksidasyonu artar,
- Hastalıklı bitkiler daha fazla enerjiye gereksinim duyduklarından ve bunu oksijenli solunumla karşılayamadıklarından fermentasyon yapma miktarları da artar,
- Hastalıklı bitkilerde metabolizma faaliyetleri de artar. Hastalıklı bölgeye daha fazla protoplasmik akış olur, materyaller sentezlenir, taşınır ve biriktirilir. Bütün bunlar için gereken enerji ATP dolayısı ile solunumdan sağlanır.



## 6. Hücre Membranlarının Geçirgenliği Üzerine Patojenlerin Etkisi



Hücre membranı iki kat lipid molekölü ve içerisinde gömölü protein moleküllerinden oluşur. Membranların görevi selektif ve geçirgen yapılarıyla hücre dışarısından gerekli maddelerin hücre içersine alımını sağlamak ve hücre içersinde gerekli maddelerin dışarı çıkışını engellemektir.

Membranlardaki lipid katman pek çok biyolojik molekülün geçişine izin vermez. Ancak küçük ve suda çözünebilen bazı iyonlar, şekerler ve amino asitler membrandaki özel protein geçitlerden pompalanarak hücreye girer. Bitki hücrelerinde hücre duvarı nedeniyle yalnızca küçük moleküller hücre membranına ulaşabilir. Hayvan hücrelerinde yada yapay olarak oluşturulmuş bitki protoplastlarında, büyük moleküller hücre membranına kadar ulaşabilir. Bu moleküller endositoz yardımıyla hücre içerisine alınabilir.

Hücre membranına kimyasal veya fizyolojik faktörler dışarıdan bir etkide bulunursa membran aktivitesi etkilenecek, böylelikle yararlı maddeler dışarı çıkabilirken zararlılar içeriye girebilecektir.

Hücre membranı geçirgenliğini etkileyen faktörler;

- Patojenler,
- Toksinler,
- Patojen enzimleri,
- Bazı toksik kimyasallar (çevre kirleticiler gibi) olabilir.

Bunların yapacağı hücre membranlarındaki en önemli değişiklik;

Elektrolit kaybı yani küçük-suda çözünebilen iyonların ve moleküllerin hücreden akışıdır.

Bir patojen bir bitkiyi infektelediğinde eğer konukçu-patojen uyumu varsa bitki çok kısa sürede elektrolit kaybı nedeniyle belirtiler geliştirebilir. Eğer bitki dayanıklı ise bitkiye hiçbir şey olmaz.

Eğer patojen direk hücre membranlarını etkileyen bir patojen ise patojenin hedefi tam kanıtlanmamış olmamakla birlikte;

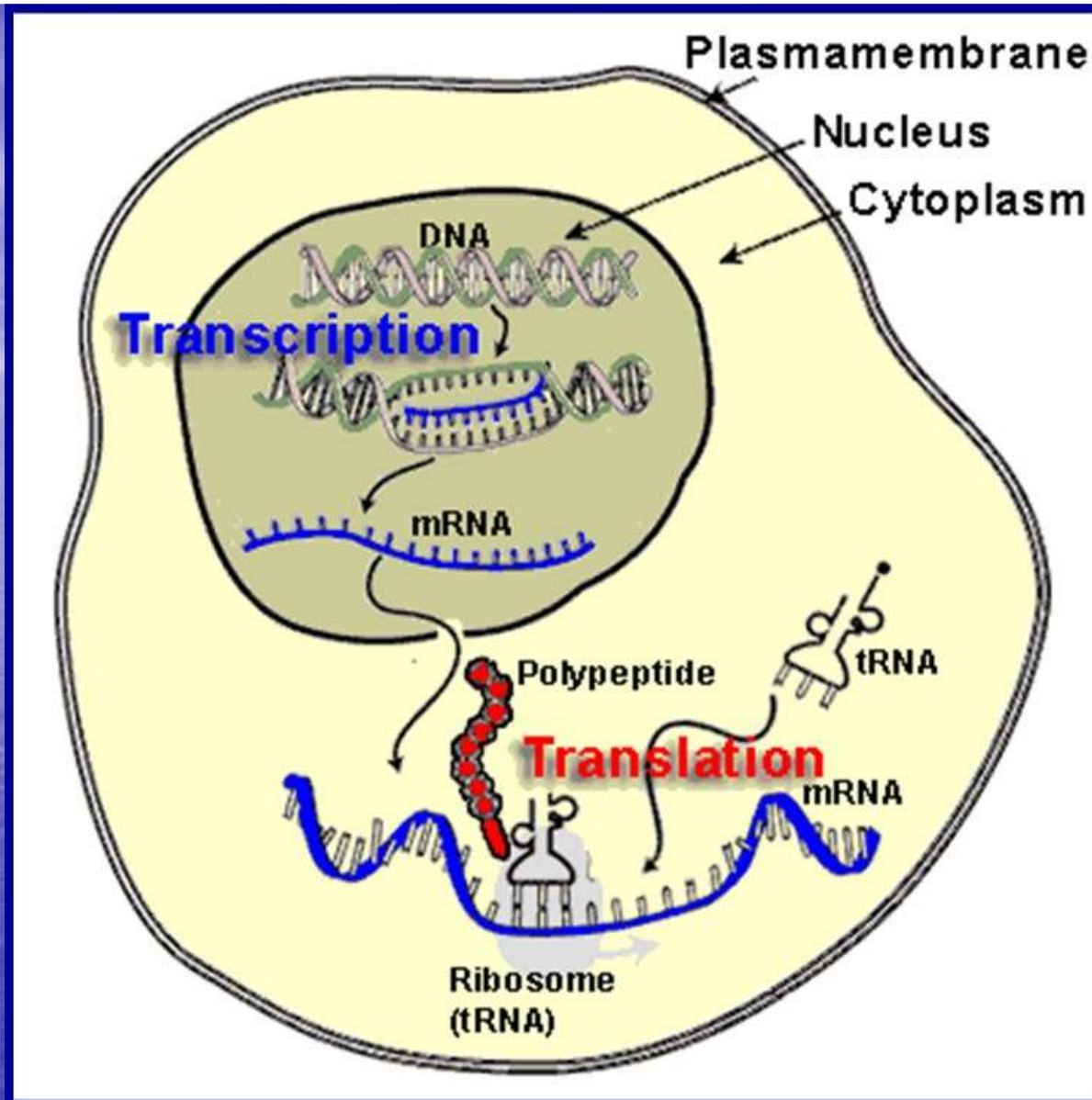
- Toksin ve enzimleri ile bitki hücrelerinin geçirgenliğini kırmak,
- Elektrolit kaybını sağlamak,
- Hücre içerisindeki diğer organellerin fonksiyonlarını bozmaktır.

Tüm bunlar hücrede bir patojen tarafından yapılmışsa bazı membran enzimleri (ki H ve K iyonlarının hücre içerisine pompalanmasında görev yapan ATPaz bunların başında gelir) etkilenir.

## 7. Transkripsiyon ve Translasyon Üzerine Patojenlerin Etkisi

Transkripsiyon ve Translokasyon protein sentezi esnasında gerçekleşen 2 olay olup sentezin ilk adımlarını oluşturur. Hücre DNA sinin mRNA ' ya transkripsiyonu ve mRNA'nın da protein üretmek üzere translasyonu her normal hücrede gerçekleşen temel olaylardan birisidir.

Her iki olayın zamanı ya da miktarı tamamen her hücrenin gereksinimi doğrultusunda olur. Herhangi bir çevresel etmen ya da bir patojen bu olayları etkilediğinde genlerde istenmeyen değişiklikler olabilir. Buda hücrenin strüktür ve yapısının bozulmasına neden olur.



Protein Sentezi

## Transkripsiyon

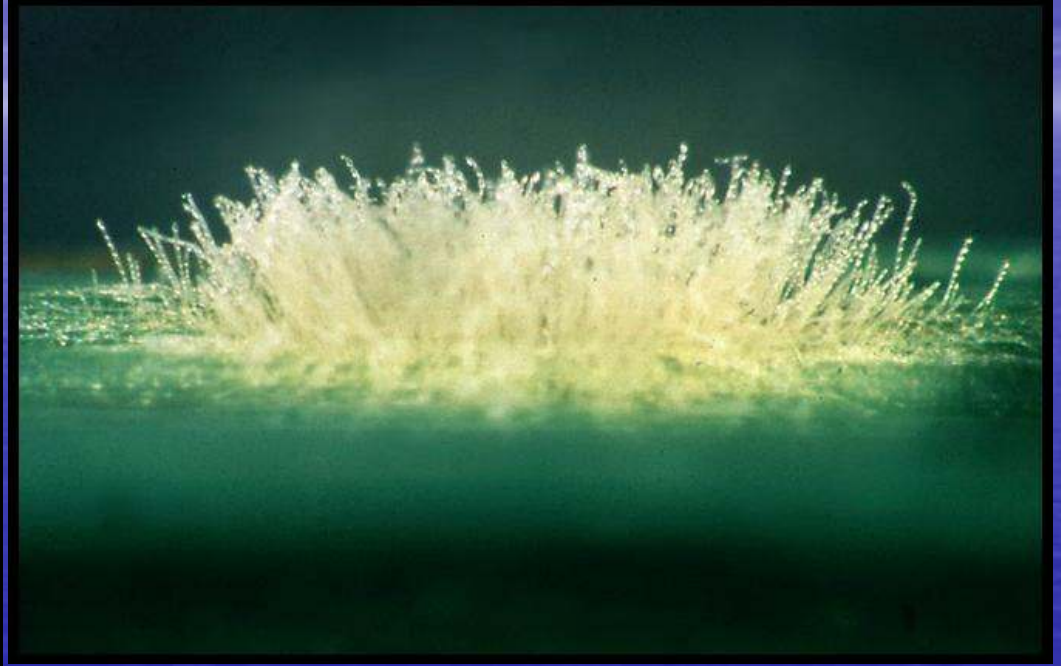
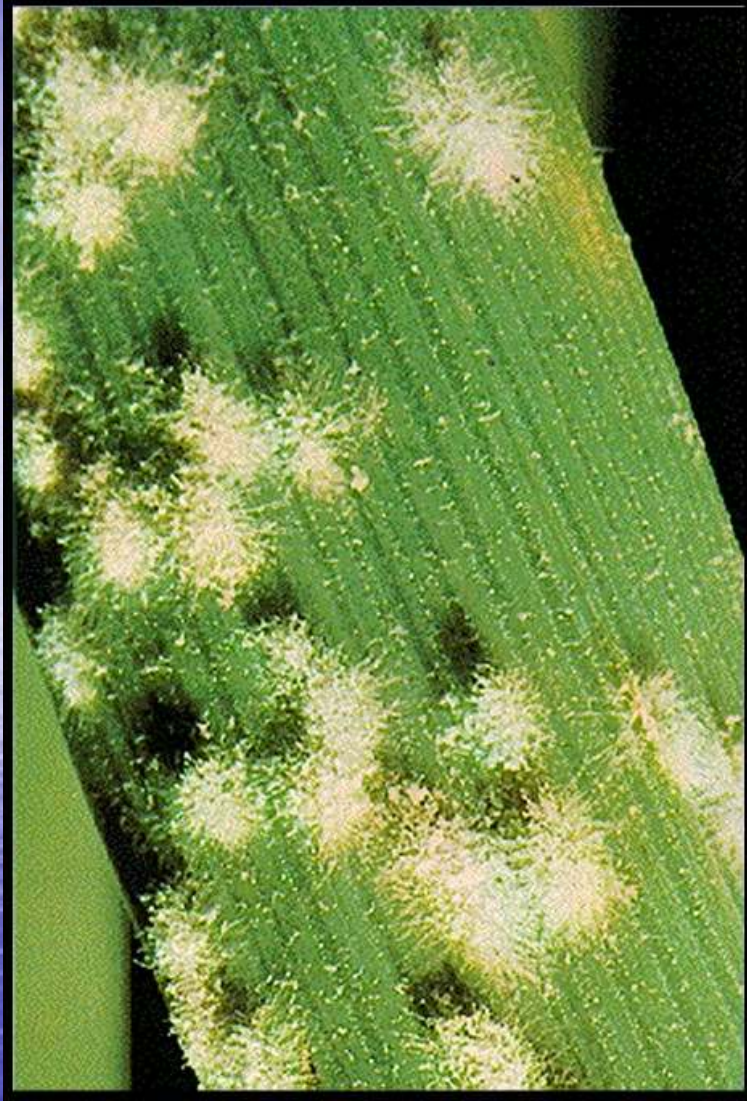
Pek çok patojen, özellikle virüsler ve obligat fungal parazitler (küleme ve pas etmeni funguslar gibi) infekteli hücrelerde protein sentezinde transkripsiyonu etkilerler. Bazı durumlarda patojenler hücre DNA sındaki kromotinin;

- kompozisyonunu,
- yapısını,
- fonksiyonunu deęiřtirebilir.

Bazı hastalıklarda, özellikle virüsler tarafından neden olunanlarda, patojen kendi enzimini yada konukçu enzimini (RNA polimeraz) kullanarak RNA yı oluşturur. Konukçu hücre nükleotitlerini kendi RNA sını yapmada kullanır.

Bazı hastalıklarda ise RNA'yı bozan Ribonükleaz enziminin aktivitesi artar. Özellikle infekteli ve dayanıklı olan bitkiler Sağlıklı olanlara göre daha fazla RNA içermektedir.

Genel olarak bilinen şey yüksek RNA oranı demek yüksek transkripsiyon oranı demektir.



Külleme Fungusunun Neden Olduğu Simptomlar





Pas Fungusunun Neden Olduğu Simptomlar

## Translasyon

İnfekteli bitki dokularında genel olarak enzim aktivitesi artar. Bu enzimler genellikle solunumda görev yapan enzimler yada bazı fenolik bileşiklerin oksidasyonunda kullanılan enzimlerdir. Bir bölümü ise bitkilerin kendilerini koruma için yaptıkları bazı biyokimyasal olaylarda görev yapan enzimlerdir.

İnfekteli dokularda protein sentezinin artması, inokulasyondan ilk bir kaç dakikadan itibaren 2-20 saate kadar ki zaman sürecinde en yüksek düzeye ulaşır. Eğer dayanıklı dokular infeksiyondan hemen önce yada infeksiyon sırasında bir protein sentez inhibitörü ile muamele edilirse dokuların dayanıklılığı azalır. Buda bize göstermektedir ki;

Bir patojen ile infekteli bir bitkide protein sentezi artmakta, bu da beraberinde enzim artışını ve diğer proteinlerinde artışını getirmektedir.

[www.bahcebitkileri.org](http://www.bahcebitkileri.org)