



BÖLÜM 9

BİTKİLERDE STRESE DAYANIM FİZYOLOJİSİ

STRES NEDİR?

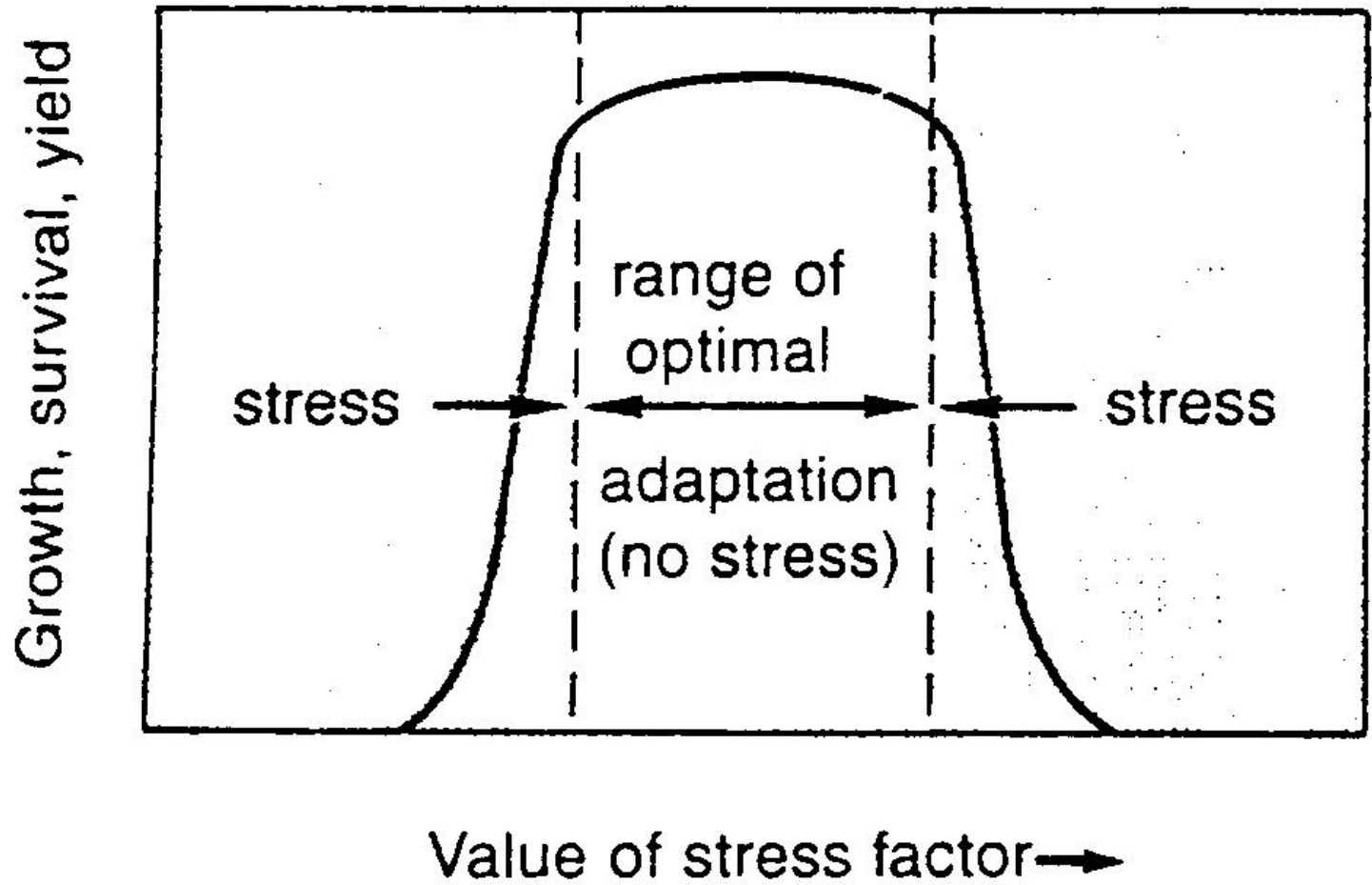
Stres: Genel anlamda metabolizmada veya gelişmede düzensizliğe ya da gerilemeye yol açan dışsal etmenlerin (stres etmenleri) organizma üzerinde meydana getirdiği değişikliklerdir.

Bitkilerin çevreye yüksek düzeyde uyum (adaptasyon) sağladığı süreçte **teorik olarak stresin oluşması beklenmez.**

Buna karşın uyumun yani adaptasyonun sağlanamadığı durumlarda metabolizma giderek **artan** veya **azalan** yüklemelere maruz kaldığından **STRES OLUŞMAYA** başlar.

Yapılan araştırmalarda; bitkilerde stresin değişik koşullarda ortaya çıktığı belirlenmiştir.





Şekil 8.1 Bitkilerde stresin oluşumu.

■ Çevre koşullarında ortaya çıkan değişiklikler (özellikle ani değişimler) nedeniyle stres oluşabilir

■ Yetiştirme ortamında bulunan diğer bitkilerle oluşan rekabet ve bunun yol açtığı baskıya bağlı olarak stres oluşabilir

■ Çevre koşullarına optimum düzeyde uyum sağlamış bir bitki kısıtlı koşullarda yetiştirilmesi durumunda yine stres oluşabilir



Bitkiler tarafından geliştirilen değişik **strese dayanım mekanizmaları** vardır ve bunlar sayesinde bitkiler stres koşullarında yaşamlarını devam ettirmeye ve stres koşullarının etkisini belirli oranda hafifletme yeteneğine sahiptirler.

Genel olarak “**STRESE DAYANIM**” sözcüğü; stresin önlenmesi veya ortadan kaldırılması için yapılması gereken tüm **morfolojik** ve **fizyolojik** prosesleri ifade etmektedir.

Diğer bir ifadeyle; bitkiler stresten kendilerini koruyabilmek için veya stresin etkilerini hafifletebilmek amacıyla **belirli durumlarda morfolojik veya fizyolojik, bazen de her iki mekanizmayı kullanarak strese dayanıklılıklarını artırma yoluna gidebilmektedirler.**

Bitkilerin stres ile ilgili çeşitli dayanım mekanizmaları geliştirdikleri bilinmekle birlikte, bu mekanizmalar arasında temel olarak **3 ÖNEMLİ AYRIM** olduğu ifade edilmektedir.

1. STRES FAKTÖRLERİNE KARŞI TOLERANSLI (ESNEK) OLMA
2. UYGUN KORUNMA MEKANİZMALARIYLA STRESE KARŞI KENDİNİ SAVUNMA
3. OLUŞAN ZARARLANMAYI GİDEREREK STRES ETKİSİNİ ORTADAN KALDIRMA veya TERSİNE ÇEVİRME

Bitkilerin **strese dayanım** göstermesi için **daha fazla ENERJİYE** gereksinim duydukları belirtilmektedir.

Stres bir taraftan bitkilerde çeşitli olumsuzluklara yol açarken, bir taraftan da olağan dışı koşullara karşı bitkinin dayanımını arttırdığı için bir anlamda bazen olumlu yönlerinin de olabileceğini göstermektedir. **ANCAK BUNUN PRATİKTE ÇOK FAZLA ÖNEMİ BULUNMAMAKTADIR.**

Bitkiler **strese dayanım yönünden büyük farklılıklar** göstermektedir.

Çünkü bitkilerin normal çevre koşullarına uyumu ile stres koşullarına uyumları arasındaki sınır birbirine oldukça yakındır.



**BİTKİLER
HANGİ STRES
TÜRLERİNDEN
ETKİLENMEKTEDİRLER??**

■ SU STRESİ

■ TUZ STRESİ

■ SICAKLIK STRESİ

■ IŞIK STRESİ

Abutilon



Acalypha hispida



Achimenes



Achimenes



Achimenes



Achimenes



Acorus gramineus 'Aureovariegatus'



Adiantum cuneatum 'Brilliantelse'



Adiantum cuneatum 'Fragrantissimum'



SU STRESİ VE FİZYOLOJİK SONUÇLARI

Bitkilerde su stresine ilişkin belirtiler şu iki koşulda ortaya çıkmaktadır.

Bunlar;

- Aşırı doygun koşullar
- ve
- Yetersiz su koşullarıdır

Aşırı doygun koşullarda **OKSİJEN YETERSİZLİĞİ** asıl etken olduğu için su stresinin gerçek etkisi pek söz konusu olmamaktadır.

Su stresi kavramı daha çok **SU YETERSİZLİĞİ** ve **SUSUZLUK** (kuraklık) **SÖZ KONUSU OLDUĞUNDA** kullanılmaktadır.

Bitkilerde genetik adaptasyon ile **STRESE DAYANIM GÖSTERME** çok yönlü **MORFOLOJİK** ve **FİZYOLOJİK** uyum mekanizmaları yardımıyla **SU KAYBININ BİTKİDEN ÖNLENMESİYLE** gerçekleştirilmektedir.

C₄ tipi CO₂ özümsemesi yapan bitkilerde su stresine karşı benzer bir uyum mekanizması var olup, **terleme (transpirasyon) kalın kütikül tabakası ve gömülü stomalarla azaltıldığı** için su kullanım etkinliğinin artmasına paralel olarak **SU STRESİNE DAYANIM** oldukça yüksektir.

Bitkilerde su stresine veya susuz koşullara tolerans göstermenin esası; çevrede değişen su kapsamına diğer bir ifadeyle yeni su düzenine **uyum sağlayabilmektedir**.

Susuz koşullara yüksek oranda dayanım gösterebilen bitkiler su kapsamını **% 90**'ın üstünde azaltabilir ve bu aşamada metabolik **dinlenme (dormansi)** durumuna geçerler ve hiçbir zararlanma belirtisi de göstermeyebilirler.

Buna karşın bitkilerde genel olarak bünyedeki suyun

% 30'undan fazlası kaybedildiğinde **ÖLÜM** olayı görülür.

Kurak bölgelerde yetişen doğal bitki türlerinin su stresine karşı gösterdikleri bir diğer önemli savunma mekanizması da şudur.

Bu bitkiler **gelişim periyotlarını** yağış sonrasındaki kısa döneme sığdırarak devamında hemen tohum bağlama yoluna giderler ve **susuz-kurak dönemde** tohumlar canlı kalabildiklerinden sonraki yağış dönemindeki şimlenme ve yeni bir bitki oluşturma da bu şekilde garantiye alınır.

Bitkilerde Su Stresine Dayanım

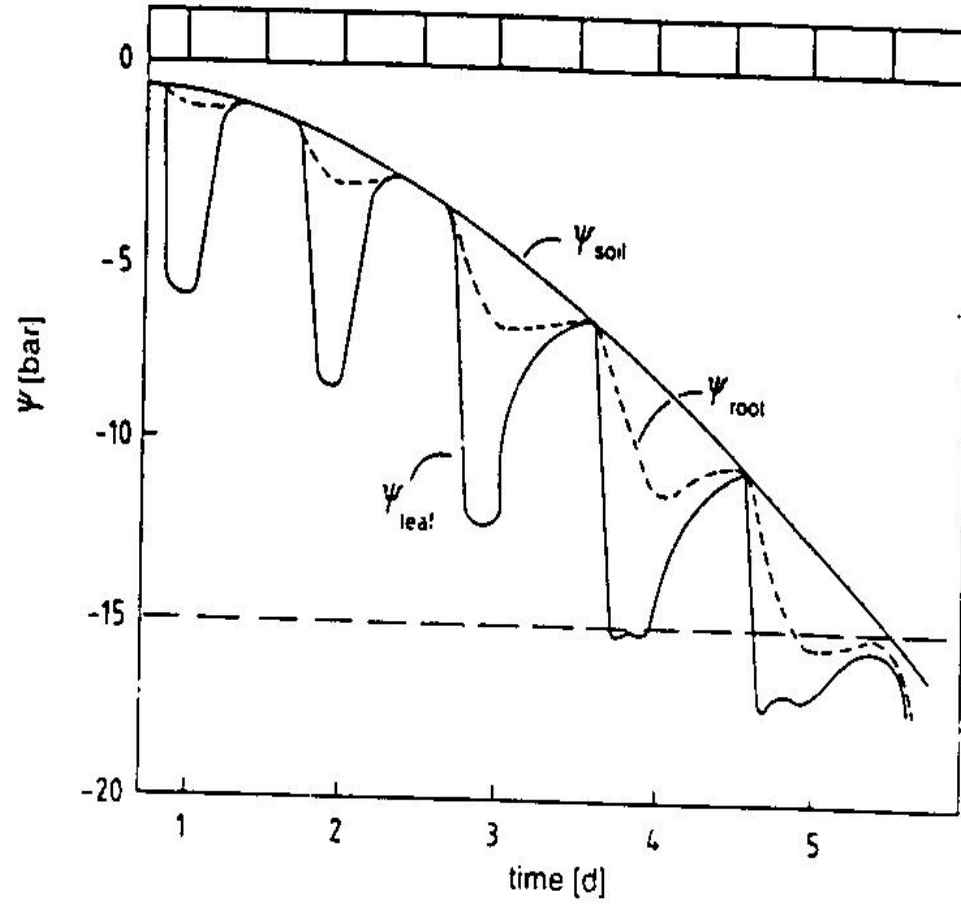
- Bitkiler genelde % 80-90 su içerirler
- Bitkiler kökleriyle aldıkları suyun bir kısmını terleme ile yitirirler
- Bitkilerde **TURGOR** durumunda veya buna yakın düzeylerde su bulunduğunda **stres görülmemektedir**
- Bitkilerde **terlemeyle kaybedilen miktar kadar** yetiştirme ortamından **YETERLİ SU ALINAMADIĞINDA** su stresi oluşur
- Su stresinde bitki kökleriyle gerektiği düzeyde su alamadığından **ÖNCELİKLE YAPRAKLARDA** su potansiyeli hızla ve büyük oranda düşer

-Daha sonra **kökün su kapsamının** başlangıçta yavaş, sonra hızla düştüğü görülür

-Bitkiler mevcut sularının % **15-20'sini** yitirdiklerinde solma belirtileri görülür ve bu aşamada bitki **geçici solma noktasındadır**

-Ortamın su potansiyeli turgoru sağlayamayacak noktada olduğunda **yapraklarda sürekli solgunluk** ortaya çıkar ki bu aşamada bitki sürekli solma noktasında (-15 bar veya -15 atm) bulunuyor demektir

-Su stresine dayanıklı bitkilerde **sürekli solma noktası -15 barın çok daha altındadır**

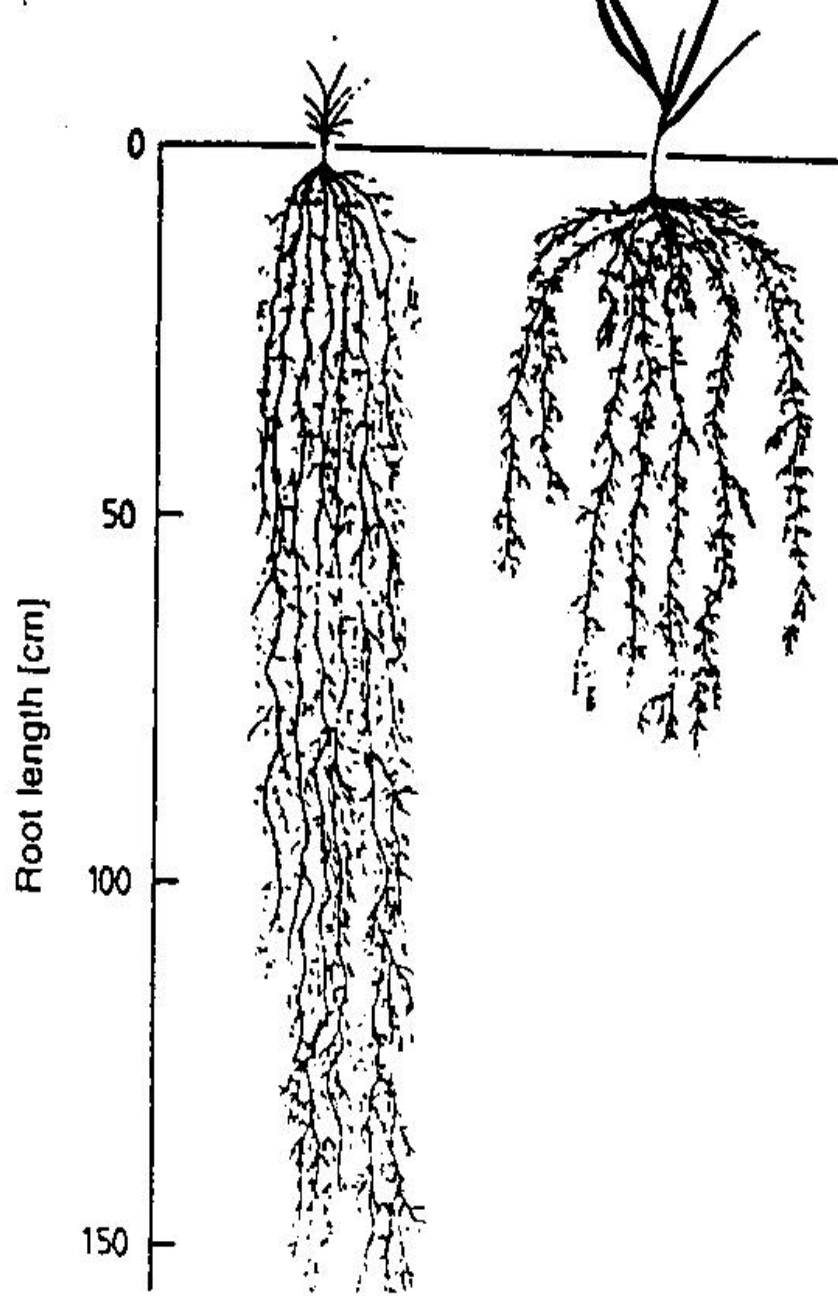


Şekil8.2. Kurumaya bırakılan bir toprakta ve üzerinde yetiştirilen bitkinin değişik kısımlarındaki kapsamının değişimi

Bitkilerde SU STRESİNDE önemli değişiklikler görölmekte ve bu bazen oldukça karmaşık olabilmektedir.

HAFİF BİR SU STRESİNDE;

- Sürgün gelişiminde artış görülebilir
- Terleme azalır ve kökler yeni su kaynaklarına ulaşabilmek için harekete geçer
- Absisik Asit (ABA) düzeyi bitkide artmaya başlar



Şekil 8.3 Su stresinde sürgün ve kökün gelişim durumu

Su stersinin ilginç göstergelerinden birisi özellikle **ABSİSİK ASİTİN** bitkideki miktarının ve **dağılım gösterdiği yerlerin** değişikliğe uğramasıdır.

Bitkilerin **SU STRESİNE** uyum sağlamalarında **ABSİSİK ASİTİN** önemli işlevi olduğu için bu büyüme düzenleyiciye **STRES HORMONU** da denilmektedir.

Yapılan araştırmalara göre; bitkinin gelişme ortamında stres koşulları hakim olmaya başladığında **GENELDE HORMON SENTEZİ GERİLEMESİNE** karşın **ABSİSİK ASİT** miktarı **ARTMAKTADIR.**

Ayrıca Absisik Asitin stres anında **KÖKTEKİ MİKTARININ AZALDIĞI**, **BİTKİDEKİ TOPLAM MİKTARININ** ise **GENELDE ARTIŞ GÖSTERDİĞİ** belirlenmiştir.

Stres anında ABSİSİK ASİT'in bitkide;

-Protein sentezinin engellenmesi

-Özümleme ürünlerinin (asimilatlar) taşınımında değişikliğe yol açma gibi etkiler gösterdiği bildirilmektedir.

Stres anında bitkilerde yaşanan diğer bazı değişiklikler;

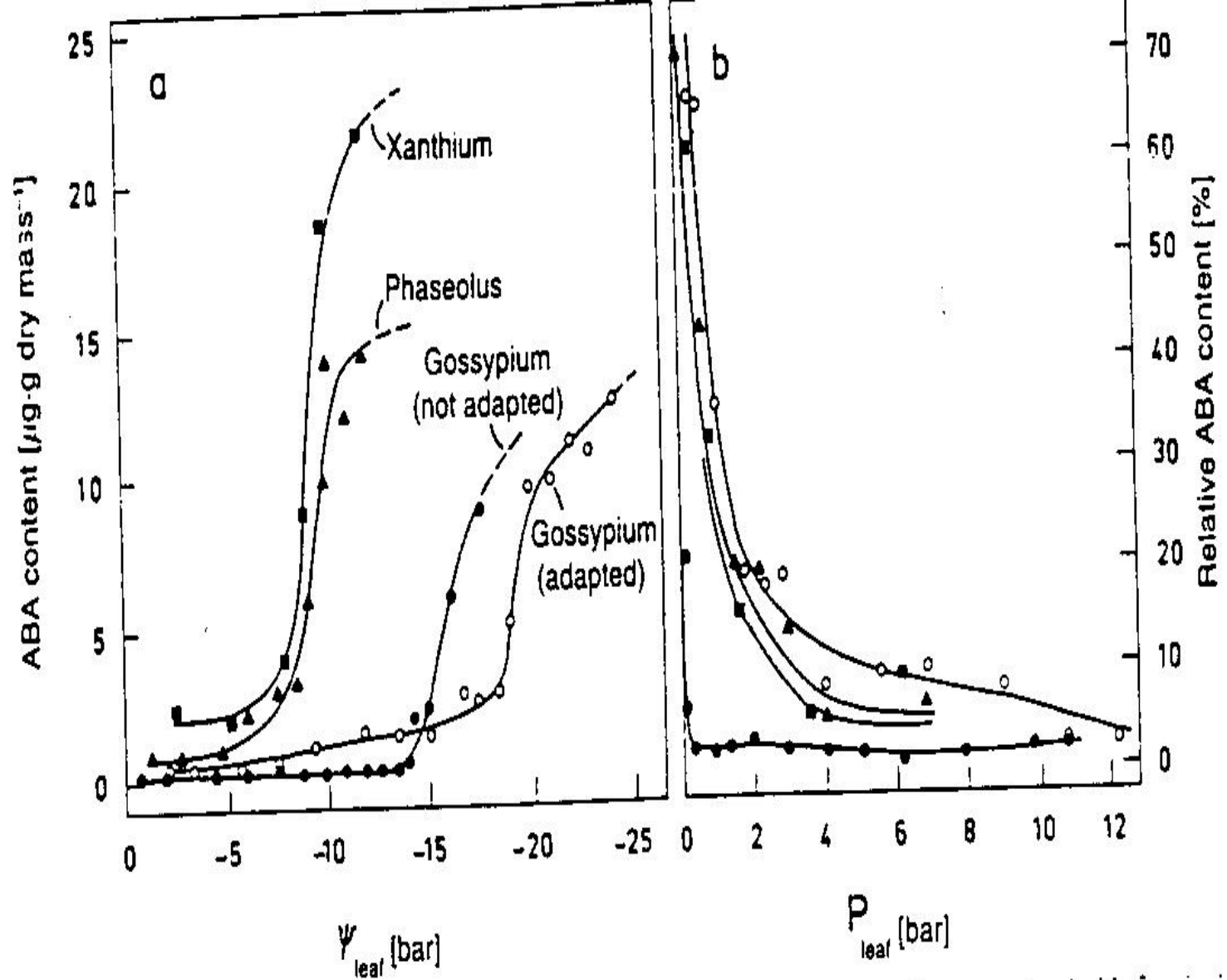
-Stres genlerinin etkinlik kazanması

-Stres proteinleri adı verilen **Dehidrin**'lerin sentezlenmeye başlaması...

SU STRESİNDE bitkilerde **SU KAYBIYLA** ilgili olarak şü görüşler ifade edilmektedir;

Stres anında hücrelerin su potansiyelinin düşmesi, hücrede şiddetli **TURGOR BASINCININ AZALMASINA** yol açmakta ve bununla ilgili olarak hücre öz suyunun **çözünmüş madde konsantrasyonu**, diğer bir deyişle **OSMOTİK KONSANTRASYONU ARTMAKTADIR.**

Turgor basıncının belirli bir düzeyin altına düşmesi doğrudan veya dolaylı yoldan çeşitli stres tepkimelerini başlattığı için **TURGOR BASINCI BİTKİLERDEKİ SU POTANSİYELİNİ GÖSTEREN EN HASSAS FAKTÖR OLARAK KABUL EDİLMEKTEDİR.**

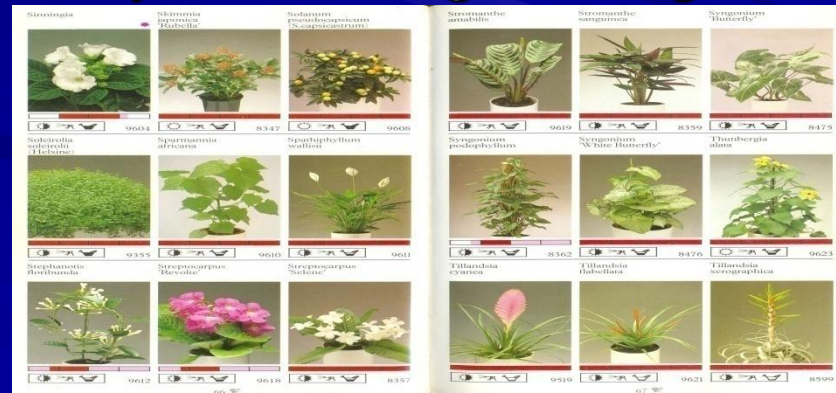


Şekil 8.4 Su stresi koşullarında bitki yaprağının su potansiyeli ve turgor basıncı ile absisik asit kapsamı arasındaki ilişki

Çoğu bitkide strese bağlı olarak turgor basıncının düşmesi, osmotik etki yaratan maddelerin hücre özsuyunda ve sitoplazmada birikmesine, dolayısıyla hücre osmotik basıncında artışa yol açar.

Böyle koşullarda değişen osmotik basınç şekerler, amino asitler ve K, Cl, NO₃ gibi çeşitli bileşikler ve iyonların alınmalarını veya salınmalarını öngören bir OSMOTİK UYUM MEKANİZMASIYLA sağlanır.

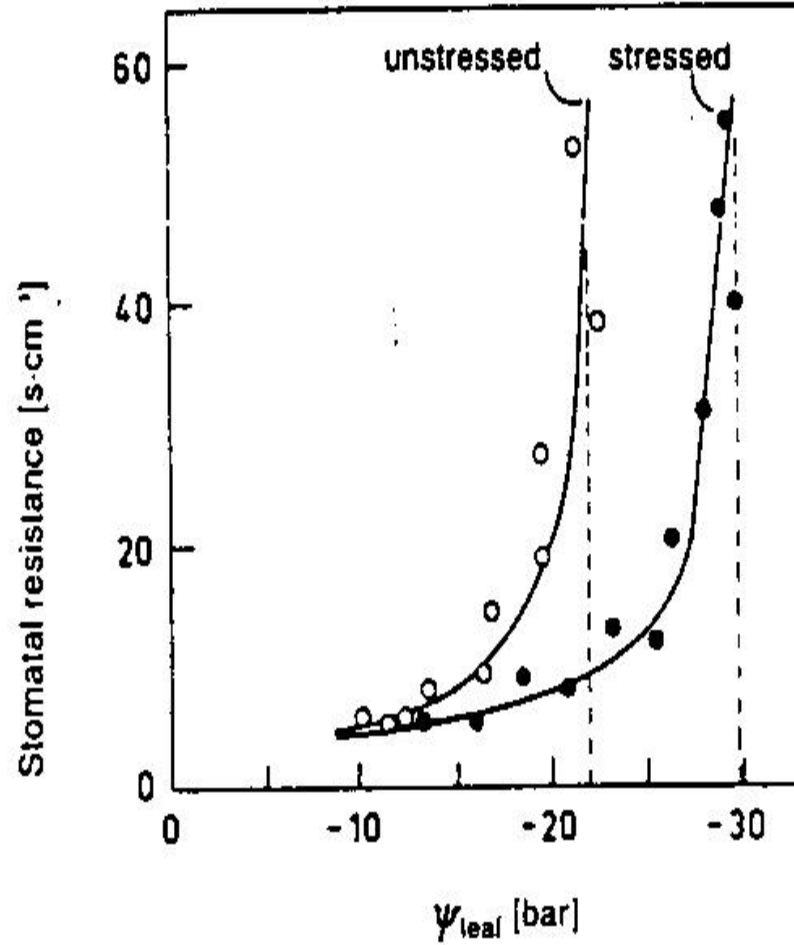
Bu mekanizmanın; gözeneklerin açılması ve hücre büyümesi gibi turgora bağlı olaylarla yakından ilgili olduğu bildirilmektedir.



Su stresinde bitkilerdeki osmotik basıncın artışına bağı olarak aslında amino asit olan **PROLİN**, ya da **GLİSİN**, **BETAİN** gibi azot içeren bileşiklerin birikmesi de söz konusudur. Bu bileşikler hücrenin **daha fazla su kaybetmesini ÖNLEMEDİR.**

Stres anında osmotik uyum ve turgor basıncı ile ilgili bir diğör önemli olay da bazı bitkilerde görülen ve **hücre duvarında gerçekleştirilen ETKİN BÜZÜLME** ile turgor dengesinin sağlanmasıdır.

Bitkilerin su stresine karşı gösterdikleri uyum, yeterli su sağlandığında **ortadan kalkmaktadır**. Ancak bu her zaman görülmeyebilir. Konuya ilişkin yapılan araştırmalar çoğu bitkinin su stersine alıştığı için geliştirdiği strese uyum mekanizmasının günlerce hatta haftalarca koruyabilir. Bu özellikteki bitkilerin yapraklarındaki gözenekler **çok daha düşük** su potansiyellerinde kapanmaya başlamaktadır.



Şekil 8.5 Stres koşullarında gözeneksel dayanımda yaşanan değişim

Su Stresinin Fizyolojik Sonuçları

1. Su stresi bitkilerde hidrostatik basıncın azalmasına yol açar. Buna bağlı olarak **düşük moleküllü elementlerin yoğunluğu artar**. Hücrede gerçekleştirilen kimyasal tepkimeler olumsuz yönde etkilenir ve hücre zarları işlevlerini tam olarak yerine getirtemez.
2. Su stresi hücre büyümesini olduğu kadar hücre bölünmesini de etkiler. Özellikle su stresi nedeniyle turgor basıncının düşmesi **hücre büyümesini azaltır**.
3. Su stresinde **hücre duvarı sentezi geriler**, bitki dokularındaki **protein miktarı azalır**.

4. Aşırı su stresi koşullarında, enzim miktarı doğrudan etkilendiğinden özellikle protein sentezinde etkin görevi olan **nitrat redüktaz** enziminin sayısı önemli oranda azalır.
5. Su stresinde **Absisik Asit (ABA)** bitkilerde hızlı bir şekilde ve fazla miktarlarda birikmektedir. Bu hormon yapraklardaki gözeneklerin kapanmasını etkilemektedir.
6. Su stresinde gözenekler **daha geç açıldığından** ve buna bağlı olarak **CO₂ girişi sınırlandığı için fotosentez oranı düşmekte** ve stres koşullarında bitkide **şekerler** ve aminoasitler (özellikle de **PROLİN**) birikmektedir.

TUZ STRESİ VE FİZYOLOJİK SONUÇLARI

Yetiştirme ortamında TUZ KAPSAMININ YÜKSEK OLMASI bitkilerde TUZ STRESİNE yol açmaktadır.

Bitkilerde tuz stresini yaratan elementlerin başında SODYUM (Na) ve KLOR (Cl) gelmektedir.

Tuz stresi koşullarında KÖK BÖLGESİNDEKİ SU KAPSAMINDA AZALMA GÖRÜLÜR.

Tuz stresi sadece Na ve Cl'dan kaynaklanmaz. Bitkilerin yetiştirme ortamına AŞIRI şekilde uygulanan TUZ FORMUNDAKİ çeşitli gübreler ve bileşikler de (NH_4Cl , MgSO_4 , KCl , K_2SO_4) TUZ STRESİNE yol açabilir.

Tuz stresi bitkilerin **SU ALAMAMASINA**, dolayısıyla **SU STRESİNE** girmesine neden olur.

Bu yüzden **su stresinde ortaya çıkan belirtilerin çoğu** tuz stresinde de görülür.

Ayrıca tuz stresinde tuzun bitki bünyesinde çeşitli yerlerde biriktirilmesinden kaynaklanan **bazı özel reaksiyonlar** ve **bunların yol açtığı belirtiler** oluşur.

Tuz stresinde bitkilerin yetiştikleri ortamdan su alamamalarının en önemli nedeni; köklerin ortamdaki osmotik basıncın yüksek olması nedeniyle bu basıncı yenip suyu alamayışlarıdır. Diğer bir ifadeyle **tuz stresinde su** yetiştirme ortamında **o kadar büyük bir güçle tutulur ki kökler** bu gücü yenip **su alamazlar** ve bu nedenle bitki su stresine girer.

Tuz Stresinin Fizyolojik Sonuçları

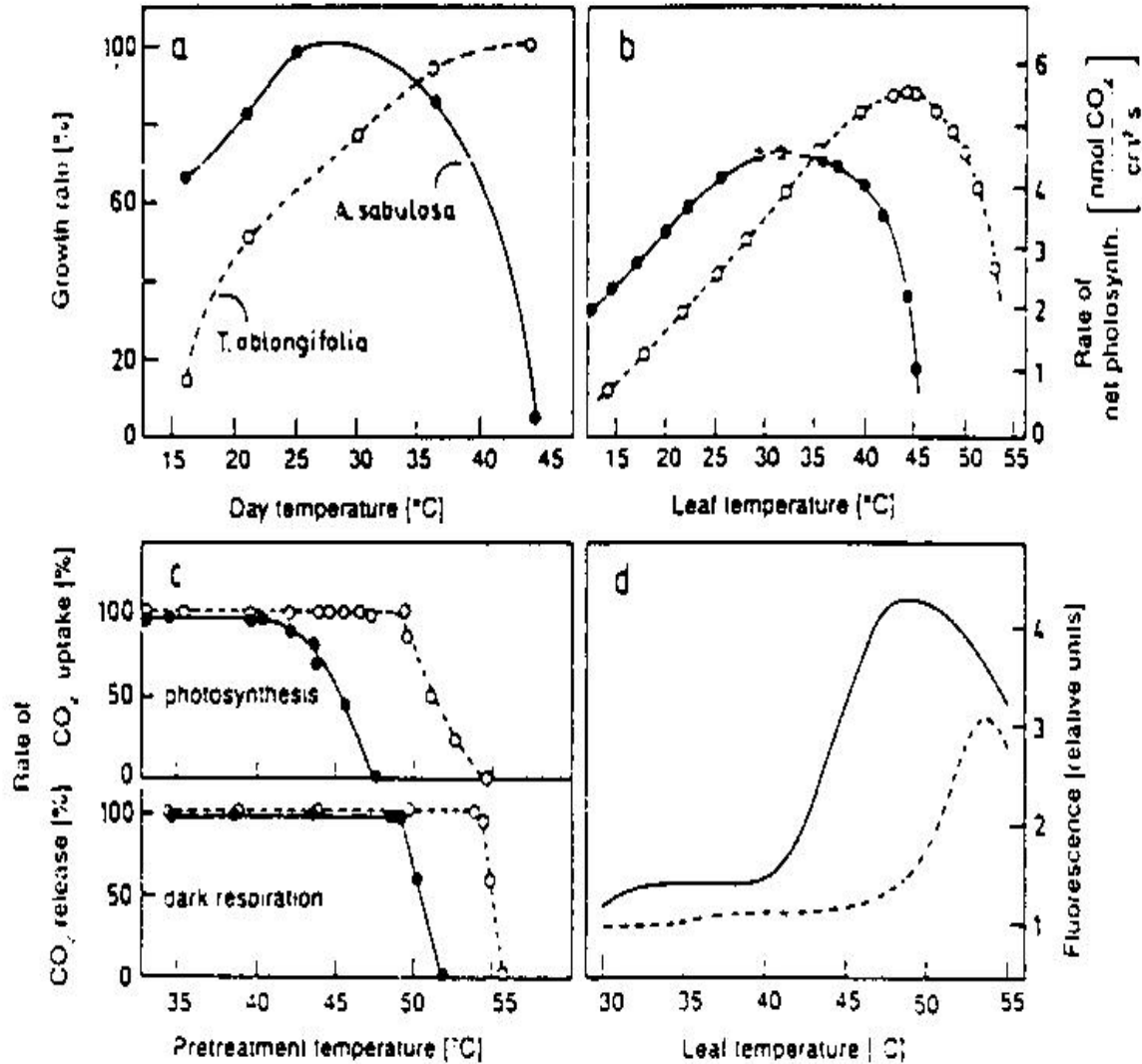
1. Fotosentetik elektron taşınımının olumsuz yönde etkilenmesi nedeniyle fotosentez oranı düşer.
2. Tuz stresinde osmotik basıncın yetişme ortamında yüksek olması yüzünden bitkiler yeterli suyu alamayarak su stresine girerler.
3. Tuz bileşiğinin zararlı etkisini önlemek için bitkiler bu tür bileşikleri Vakuoller gibi belirli kısımlarında biriktirirler veya fazla düzeydeki tuz bileşiğini salgılama yoluyla uzaklaştırırılar.

SICAK STRESİ VE FİZYOLOJİK SONUÇLARI

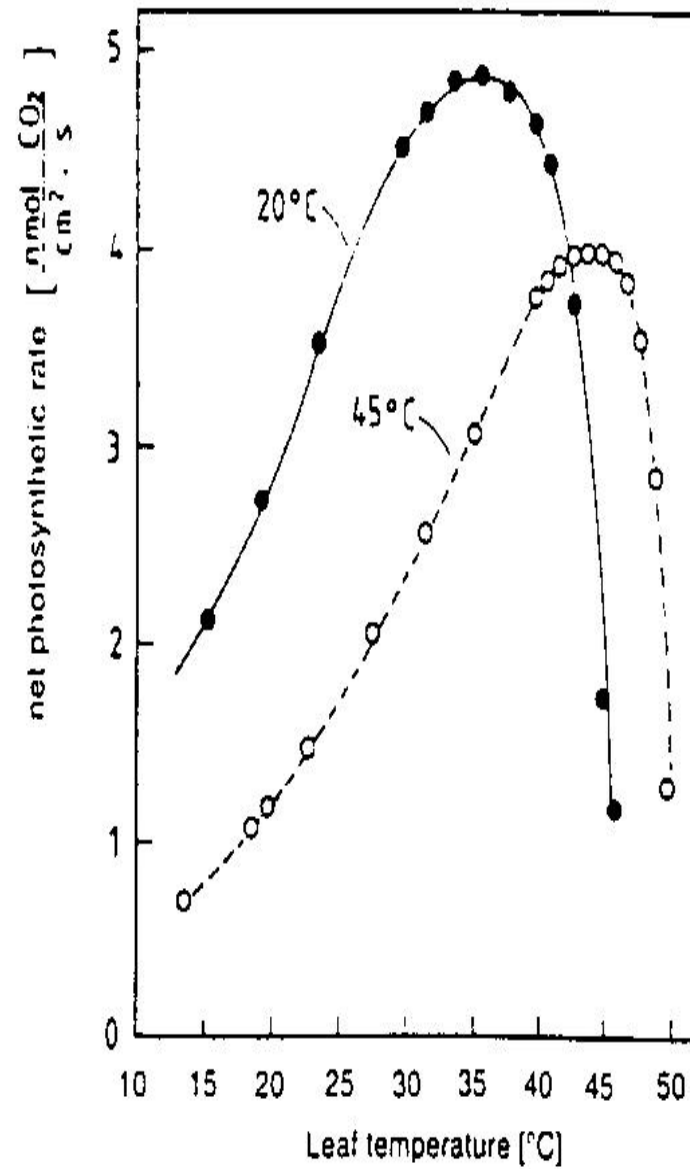
Bitkilerde sıcağa bağılı stres asal olarak çevre sıcaklığından kaynaklanır.

50 °C'ye kadar olan yüksek sıcaklıklara bitkilerin dayanım göstermelerinde fotosentetik elemanların ısı karşısındaki duyarlılıkları önem kazanmaktadır.

Çünkü yüksek sıcaklıklarda özellikle fotosentezde görev yapan enzimlerin geri dönüşümsüz inaktivasyonları gerçekleştiğinden fotosentezde düşme görülmektedir.



Şekil 8.6 Düşük ve yüksek sıcaklığa adapte olmuş bitkilerin sıcaklığa bağlı olarak gelişim parametrelerinde meydana gelen değişimler



Şekil 8.7 Farklı sıcaklıklar uygulanarak yetiştirilen Nerium bitkisinin sıcaklığa adaptasyonuna bağlı olarak fotosentez oranında görülen değişim.

Değişik sıcaklıklara uyum sağlamış bitkilerin biyokimyasal adaptasyon mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte, sıcaklık stresindeki fotosentezde yaşanan düşüşün kloroplastların işlevlerini tam olarak yerine getirememesinden ve fotosentez ile fotosolunum arasındaki büyük farklılıktan (dengesizlikten) kaynaklanabileceği ileri sürülmektedir.

Sıcaklık stresinin bitkilerde meydana getirdiği bir diğer değişiklik proteinlerle ilgilidir. Genelde bitkiler için kritik sıcaklık kabul edilen 30 °C civarında meydana gelecek 8-10 °C'lik ani bir artış, bitkilerde bir grup genin etkinlik kazanmasına ve sıcaklıkla ilgili proteinlerin sentezlenmesine yol açmaktadır.

Bu aşamada oluşan proteinlere “Sıcaklık proteinleri” veya “Sıcaklık Şoku Proteinleri” adı verilmektedir.

Sıcaklık proteinleri oluşumu sırasında dikkat çekici bir durum da, bu esnada diğer protein oluşumlarının durmasıdır.

Bitkilerde **SICAKLIK STESİNDE** yaklaşık olarak **30** kadar protein oluşturulduğu ve bunların değişik tür bitkilerde bile birbirine büyük oranda benzerlik gösterdiği bildirilmektedir.

Bu proteinlerin oluşumu sıcaklığın normal düzeylere dönmesinden sonra durur ancak bitki bünyesinden tamamen yok olmaları birkaç saat ile bir kaç günlük bir sürede olur.

Sıcaklık stresinde oluşan ve 40-50 °C gibi yüksek sıcaklıklarda yapıları bozulmayan bu proteinler bitkilerin sıcaklığa dayanımlarını artırmaktadırlar.

Sıcaklık Stresinin Fizyolojik Sonuçları

1. Sıcaklık stresinde de özellikle fotosentezde görev yapan enzimler etkinliklerini yitirdiklerinden, fotosentezde düşme görülmektedir.
2. Sıcaklık stresinde diğer bazı proteinlerin sentezi durmasına karşın, 30 civarında “Sıcaklık Şoku Proteinleri” oluşmaktadır

SOĞUK STRESİ VE FİZYOLOJİK SONUÇLARI

Soğuk stresi bitkilerde genellikle 0 ile 15 °C dolayındaki sıcaklıklarda görülmektedir.

Soğuk stresi daha çok sıcaklığı seven Tropik ve Yarı Tropik bitkilerde ortaya çıkmaktadır.

Sıcaklığı seven (Tropik ve yarı tropik) bitkiler 15 °C'nin altında SOĞUK STRESİNE girmektedirler.

Bitkilerde yarı öldürücü soğuk stresinde tohumun çimlenmesinin önlenmesi ve çiçeklerin dökülmesi EN TİPİK BELİRTİLER olmaktadır.

Soğğun bitkilerde **biyolojik zarların geçirgenliğini** etkilediği bilinmektedir. Ayrıca soğuk stresi **zarların iyonları pompalama etkinliğini** de olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Diğer taraftan zar lipidleri genellikle 0 ile 15 °C arasında katı fazdan sıvı faza geçişi düzenlemekte ve buna bağlı olarak **zarın enzim aktivitesi** ve **geçirgenliğinde** hızlı değişiklikler olmaktadır.

Soğuk stresinde bitkilerde görülen önemli fizyolojik değişikliklerden birisi de şudur. Stres koşullarında soğğa dayanıklı bitkilerdeki **DOYMAMIŞ YAĞ ASİTLERİ** miktarının soğğa duyarlı bitkilere göre **DAHA DÜŞÜK** olmasıdır.

Soğuğa hassas bitkilerde **SOĞUK STRESİNİN İLK ÖNEMLİ BELİRTİSİ** ortamda yeterince su olsa bile yapraklarda **BELİRGİN BİR SOLGUNLUĞUN** görülmesidir.

Bu durum aşağıda açıklanan olaylardan kaynaklanmaktadır:

■ **Düşük sıcaklıklarda suyun geçtiği kritik zarların geçirgenliğinin azalması**

■ **Düşük sıcaklıklarda suyun yapışkanlığının (viskozitesinin) artması**

■ **Düşük sıcaklıklarda gözeneklerin kapanmasının suya bağlı olarak gecikmesi veya önlenmesi**

Konuya ilişkin yapılan araştırmalarda **ABSİSİK ASİTİN (ABA)** soğuğa dayanımı **olumlu yönde etkilediği** belirlenmiştir.

Sıcaklık stresinin diğer bir biçimi bitkilerde **0 °C**'in altındaki sıcaklıklarda ortaya çıkan **DON STRESİ**'dir.

Bu stres bitki bünyesindeki **suyun donmasıyla** oluşmaktadır ki bu bitkilerde **ÖLÜMCÜL ETKİ** yaratmaktadır.

0 °C'in altındaki sıcaklıklarda bitkinin soğuğa dayanım gösterebilmesi, organizmanın düşük sıcaklıklarda soğuğu **TOLERE EDEBİLME** yeteneğiyle ilgilidir.

Don stresine dayanım değişik bitkilerde ayrımlı olmakta, bazı bitkiler **0 °C**'in biraz altındaki sıcaklıklarda ölerken bazıları **-37 °C** düzeyinde bile yaşamlarını sürdürebilmektedirler.

Bitkilerde sıcaklık 0 °C'ın altına düştüğünde ilk olarak **APOPLASTTAKİ SIVI FAZ DONMAYA BAŞLAR**. Bunun en önemli nedeni apoplasttaki sıvının osmotik konsantrasyonunun genellikle düşük olmasıdır.

Donmaya dirençli bitkilerde apoplasttaki sıvı donsa bile, **BİTKİ SICAKLIĞININ** yükseltilmesi mümkün olduğundan, yani bu tür bitkilerde böyle bir mekanizma olduğundan **DONMAYA KARŞI KORUNMA** sağlanabilir.

Ancak bitki bünyesinde oluşmaya başlayan buzlanma **APOPLASTTAN SİMPLASTA** kadar ilerlemişse artık geri dönülmez noktaya gelinmiştir ve bu aşamada artan buz kristallerinin **MEKANİKSEL ETKİSİNDEN** dolayı hücre zarlarının **PARÇALANMASI** sonucu hücrelerin ve buna bağlı olarak da **BİTKİNİN ÖLÜMÜ** gerçekleşir.

Bitkilerde donmaya karşı dayanım genellikle **SİMPLAST**
İÇİNDE BUZ OLUŞUMUNUN
ÖNLENMESİYLE başarılmaktadır.

Simplast içindeki buz oluşumunun geciktirilmesi veya önlenmesi için önemli bir mekanizma **DONMA ÖNCESİ BÜZÜLME**'dir. Bu sayede simplastta su kapsamı azalmış olur ve buz kristallerinin oluşumu bir ölçüde engellenmiş olur.

Donma öncesi büzülme için bitki bünyesindeki sıcaklık yavaş yavaş (**saatte -1 °C olacak şekilde**) düşürülür. Eğer sıcaklık keskin bir şekilde düşerse (**saatte -10 °C gibi**) simplast içinde su yeterince kaybedilmediğinden hemen buz kristalleri oluşur ve diğer koşullar ne olursa olsun hücreler ve dolayısıyla bitki ölür.

Donmaya karşı dayanım gösteren bitkilerde bununla ilgili bir diğer mekanizma **HÜCRE ÖZ SUYU OSMOTİK POTANSİYELİNİN** artırılmasıdır. Bu yolla apoplasttaki su potansiyeli düşürülür ve protoplazmanın donma noktası belirgin düzeyde düşer.

Donmaya dayanım gösteren bitkilerde belirtilen bu **uyum** ve **korunma** mekanizmalarıyla, çevre sıcaklığı donma noktasının altında olsa bile **SİMPLAST İÇİNDEKİ SU DONMAZ.**

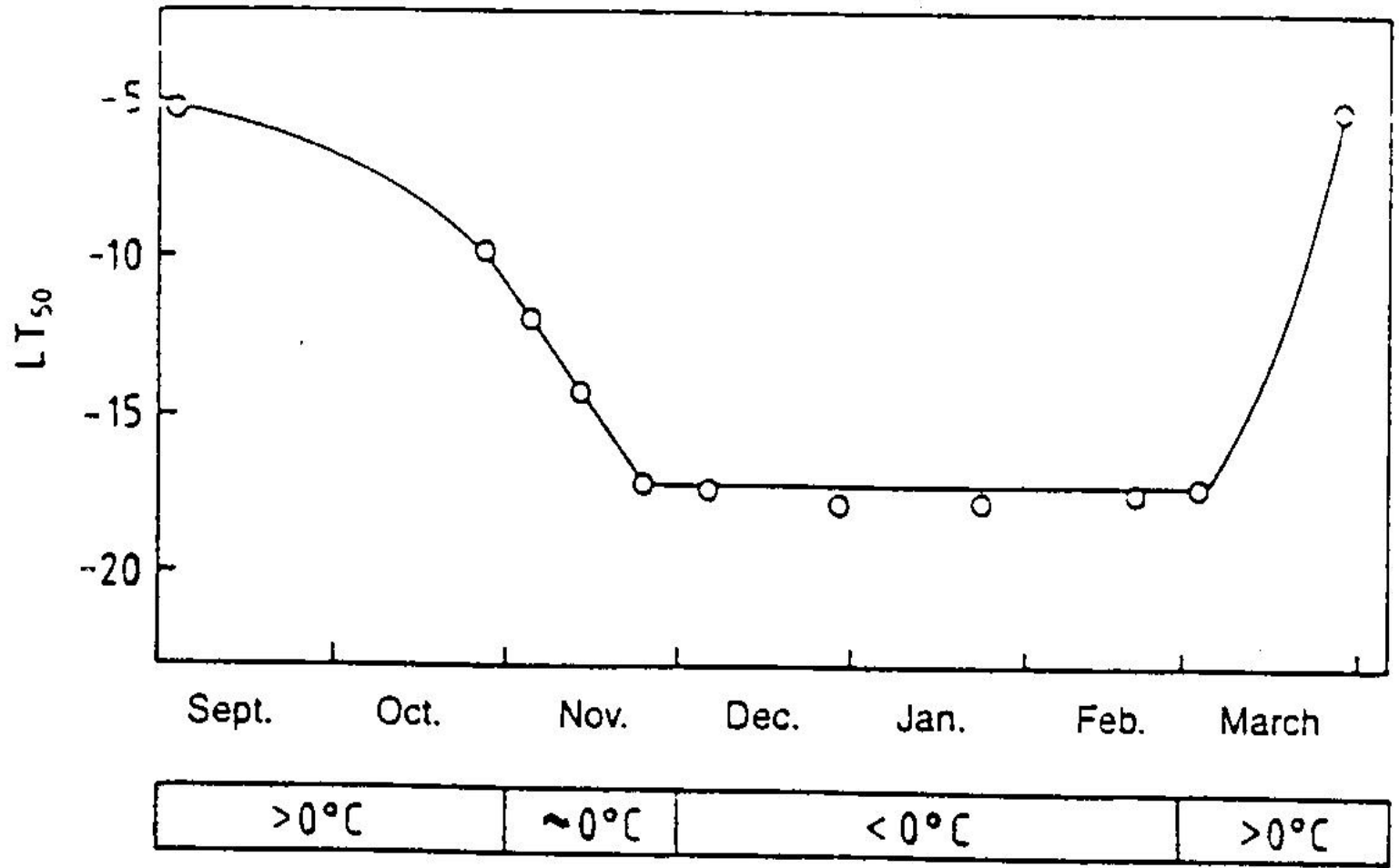
Çoğu bitkide **SİMPLAST İÇİNDEKİ SUYUN DONMA SINIRI -12 İLE -2 °C** arasındadır.

Çok soğuk kutup bölgelerine yakın yerlerdeki **bazı ağaç** ve bitki türleri için bu alt sınır değeri **-47 °C'a** kadar düşebilmektedir.

Donmaya karşı bitkilerde son yıllarda belirlenen başka bir dayanım mekanizması da PROTOPLAZMANIN AMORF BİR YAPIYA DÖNÜŞMESİYLE DON ZARARINDAN korunumdur. Bu sayede **camsı-sert yapıya** dönüşen protoplazma sıvısında buz kristalleri oluşamadığından donma engellenebilmektedir.

Yapılan incelemelerde; protoplazmadaki bu amorf ve camsı-sert yapının yüksek konsantrasyonlu **sukroz** ve **diğer şekerli bileşiklerle** özendirildiği anlaşılmıştır.

Araştırmalarda; özellikle kışın soğuk ve don olayının görülebileceği periyotlarda ağaçların ve bazı bitki gruplarının **DURGUNLUK (dormansi)** durumuna geçerek yine don stresine dayanımlarını bir ölçüde artırdıkları saptanmıştır



Şekil 8.8 Sonbahar ve İlkbahar arasındaki dönemde soğuk ve dona dayanım mekanizmasının gelişimi.

Soğuk ve Don etkisine karşı dayanımda **ABSİSİK ASİTİN** rolü olduğu bilinmekle birlikte, tam olarak bu olayı nasıl etkilediği henüz yeterince anlaşılamamıştır.

Absisik Asitin daha çok simplasttaki **buz oluşumunun önlenmesini** ve **donma öncesi büzülmeyi** teşvik eden olayları olumlu yönde etkileyerek bu etkiyi gerçekleştirdiği tahmin edilmektedir.

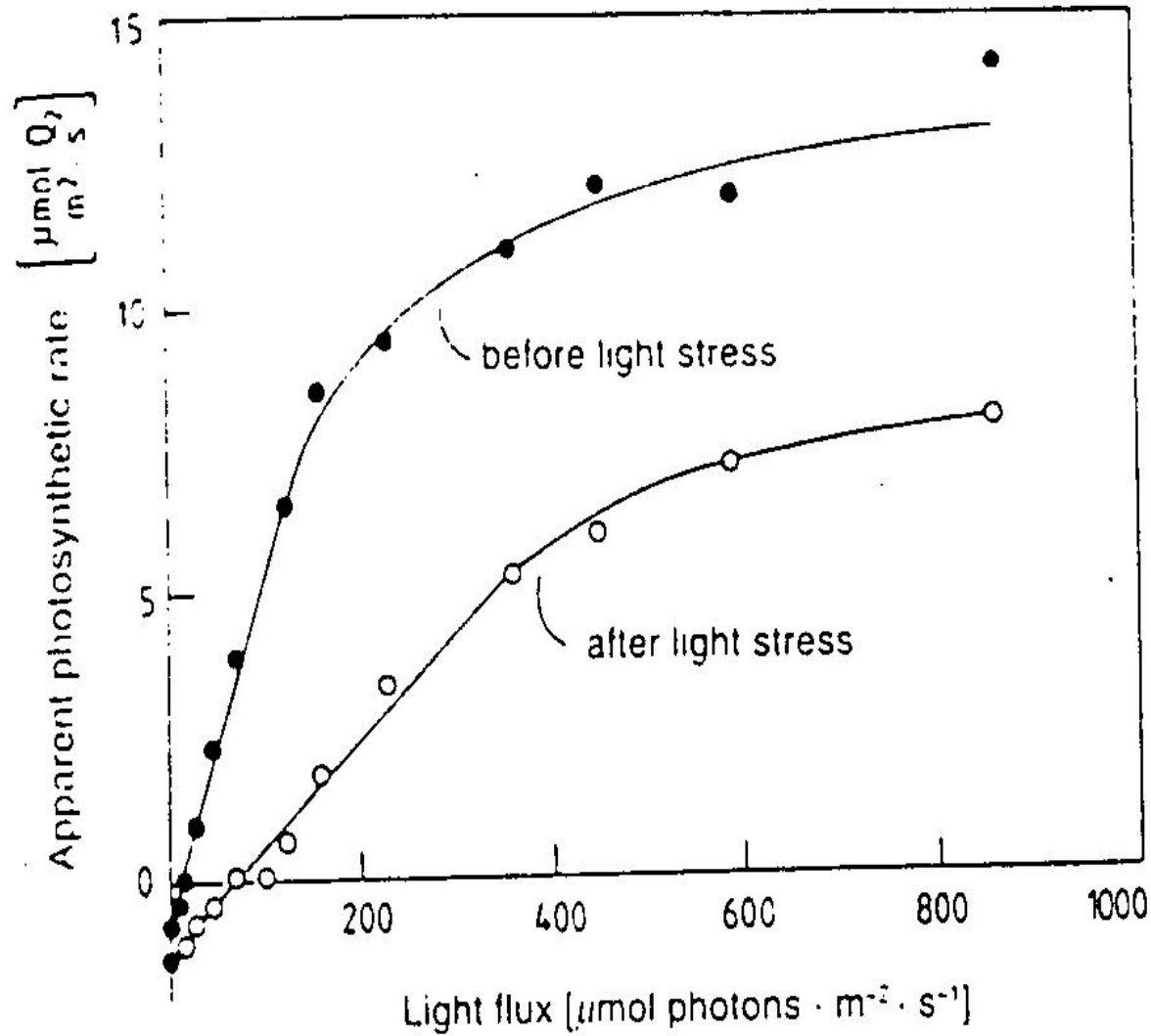


IŞIK STRESİ VE FİZYOLOJİK SONUÇLARI

IŞIK STRESİ bitkilerin normal ışıklandırılmalarının çok üzerinde IŞIK ALDIKLARINDA ortaya çıkmaktadır.

Bitkinin aniden yüksek ışık almaya başlaması durumunda, uyum sağlayamayan bitkilerde FOTOSENTEZDE DÜŞME ve GELİŞİMDE YAVAŞLAMA görülmektedir.

Bitkilerde bu şekilde oluşan strese FOTOİNHİBASYON adı verilmektedir.



Şekil 8.9. Yüksek ışıklandırmanın neden olduğu ışık stresine bağlı olarak fotosentez oranında görülen değişim

Fotoinhibasyon; **ışığı fazla sevmeyen bitkilerin** yanı sıra önce loş bir yerde ışıklanmaya bırakılıp sonra yüksek ışıklanmaya bırakılan **ışığı fazla seven bitkilerde** de görülebilir.

Bu stres çeşidi karşı da bazı bitkilerde zararlanmayı önlemek için **ENZİM PROTEİNLERİNİN** ve **PİGMENTLERİN OLUŞUMUNUN ARTIRILMASI** gibi **AKTİF ONARIM SİSTEMLERİ** gelişmiştir.

Örneğin; yarı gölge seven bitkilerin aşırı ışıklanmaya maruz bırakıldıklarında aktif onarım sistemi sayesinde **KLOROPLASTLARIN YAPRAKLARDAKİ DAĞILIMINI** ve **KONUMUNU DÜZENLEYEREK** ışık stresine karşı dayanım göstermeleri mümkün olabilmektedir.