



BİTKİLERDE STRES FİZYOLOJİSİ

Prof. Dr. Halit YETİŞİR

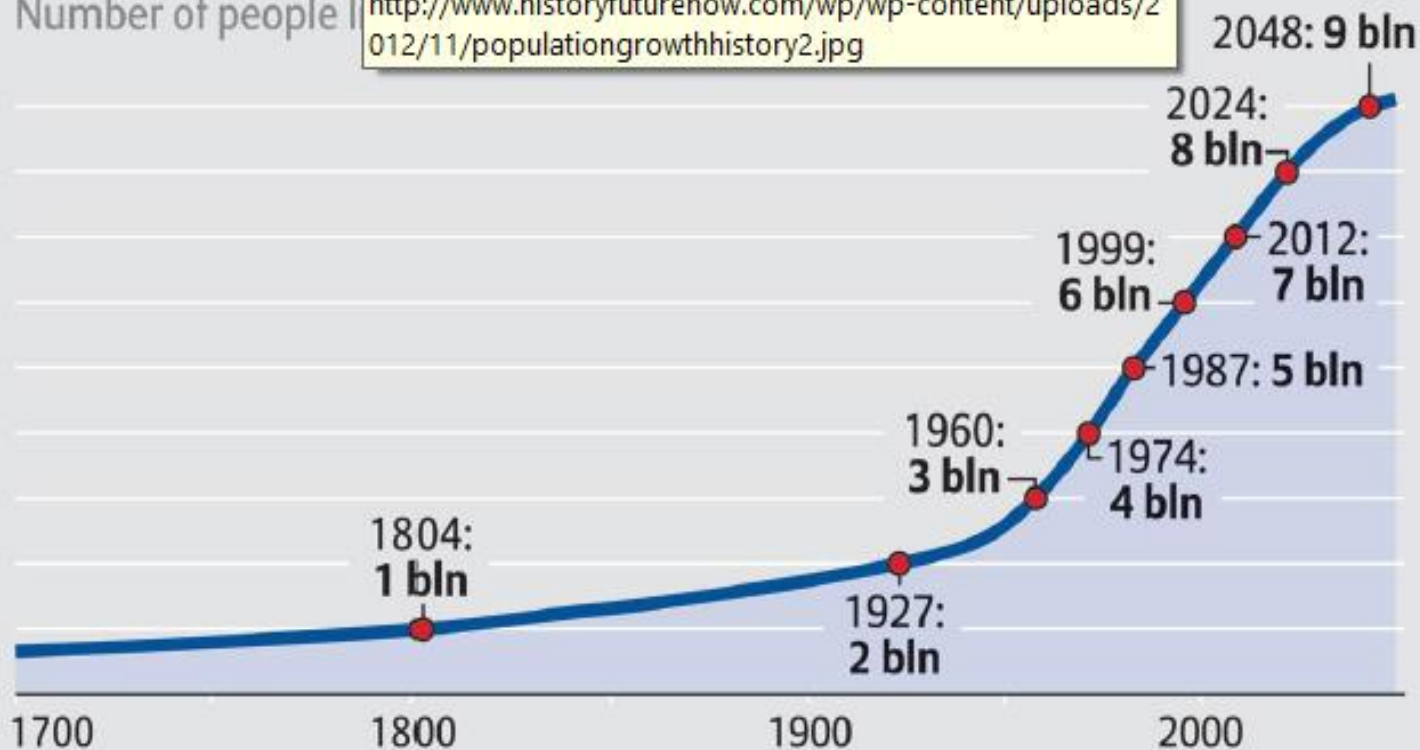
Why are we interested in plant stress?

POPULATION OF THE EARTH

Allianz 

Number of people

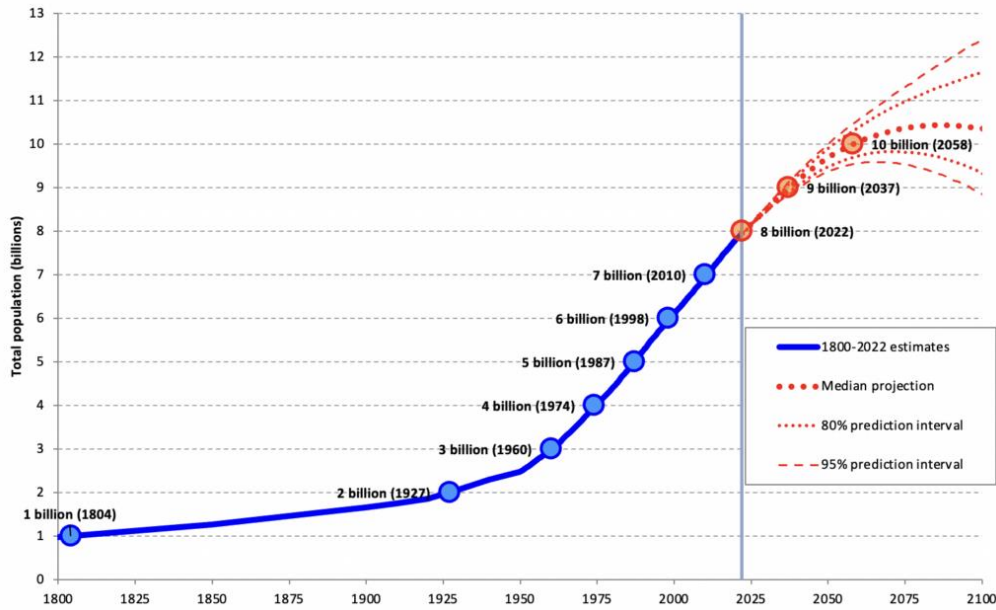
<http://www.historyfuturenow.com/wp/wp-content/uploads/2012/11/populationgrowthhistory2.jpg>



Source: United Nations World Population Prospects, Deutsche Stiftung Weltbevölkerung

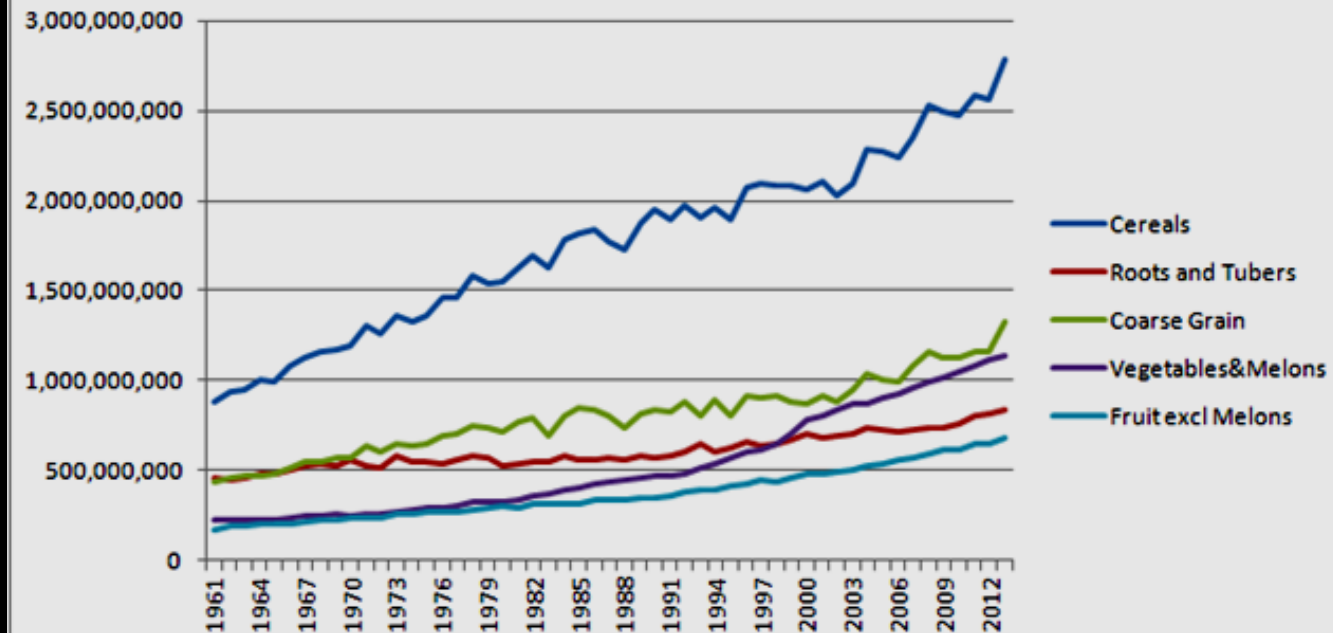
For further information please visit: www.knowledge.allianz.com

World population: estimates, 1800-2022, and medium projection with 80 and 95 per cent prediction intervals, 2022-2100



World Population vs Crop Production

Global Crop Production Top 5 Categories In Tonnes



Why are we interested in plant stress?

“Abiotic stress is the primary cause of crop loss worldwide, reducing average yields for most major crops by more than 50%...”

(Wang et al. Planta 2003)

What is stress ?



Human stress: strong emphasis on psychological / emotional processes with consequences for physical well being



Plant stress is not psychological!

but what exactly is plant stress?



Drought



Storm damage



Acid rain



Insect damage

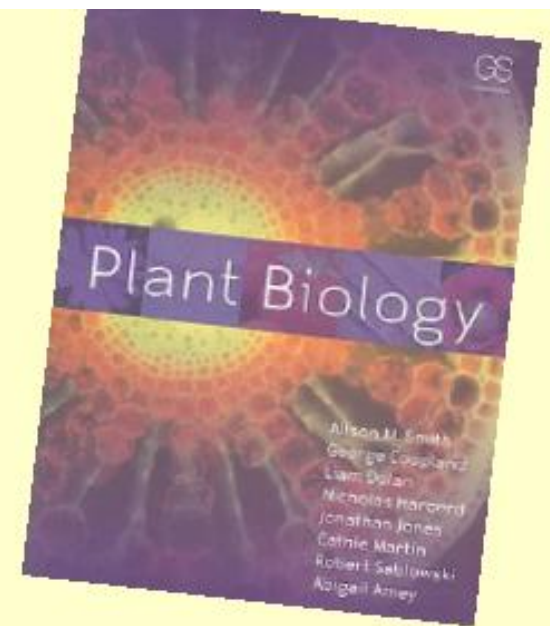


021500 (100) © www.videogloss.com

What is plant stress?

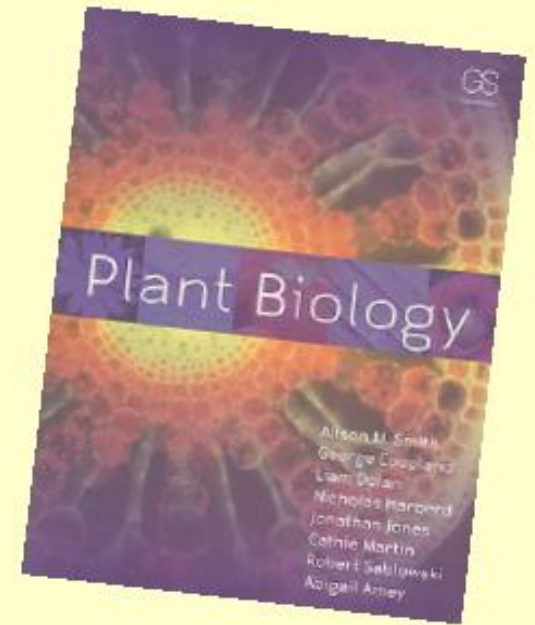
Plant Biology by Smith et al., (2010)

“A stressful environment is any environment that is less than optimal for plant growth”



What is plant stress?

Plant Biology by Smith et al., (2010)



“A stressful environment is any environment that is less than optimal for plant growth”

Problems:

Does an “optimal” environment exist?

If so, are plants always stressed?

Non-optimal conditions *versus* plant stress

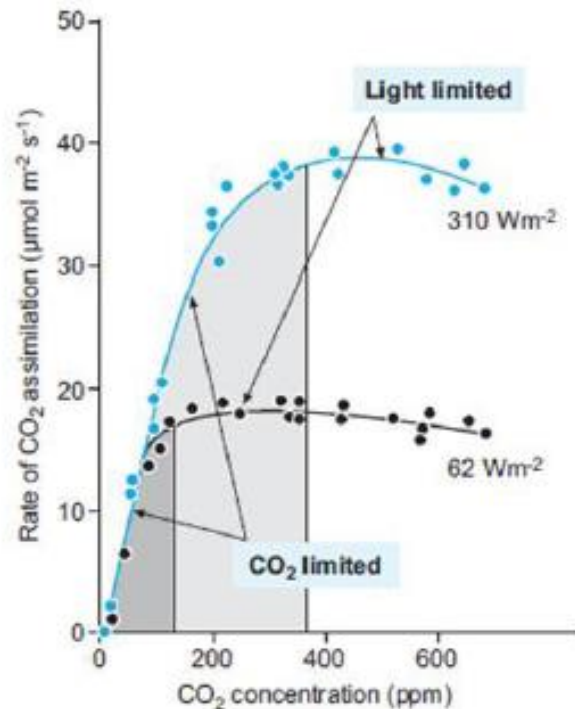


Fig. 1.1.1. Limitation of photosynthesis by CO₂ and light. The rate of photosynthesis of a sorghum leaf (*Sorghum sudanense*) is shown at different light intensities and CO₂ concentrations in air. (After Fitter and Hay 1987)

Blackman; the law of limiting factors



Frederick Frost Blackman FRS (1866 –1947)

There is always a limiting factor

Every change of an environmental factor influences plant growth and development

Is this stress?

What is plant stress?

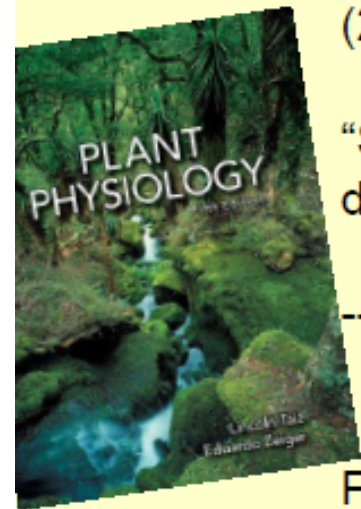


Biochemistry & Molecular Biology of Plants by Buchanan et al. (2000)

“Stresses; external conditions that adversely affect growth, development or productivity”

Plant Physiology by Taiz and Zeiger (2010)

“Stress is a disadvantageous influence exerted on a plant by external abiotic or biotic factor(s), such as infection, or heat, water and anoxia.

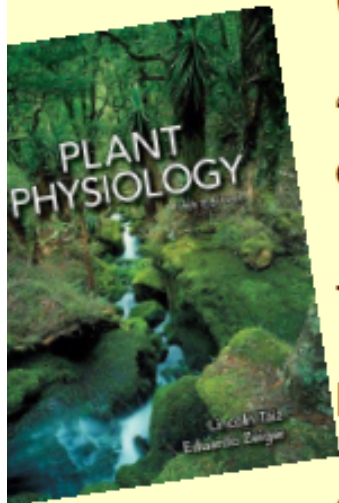


What is plant stress?



Biochemistry & Molecular Biology of Plants by Buchanan et al. (2000)

“Stresses; external conditions that adversely affect growth, development or productivity”



Plant Physiology by Taiz and Zeiger (2010)

“Stress is a disadvantageous influence”

Question:

Is stress the “external condition” or the “plant response”?

Stress and “external conditions”?

Conditions that comprise a stress for one plant species are not necessarily a stress for another species.

Is a temperature of 5-10°C a stress?



Chilling stress maize



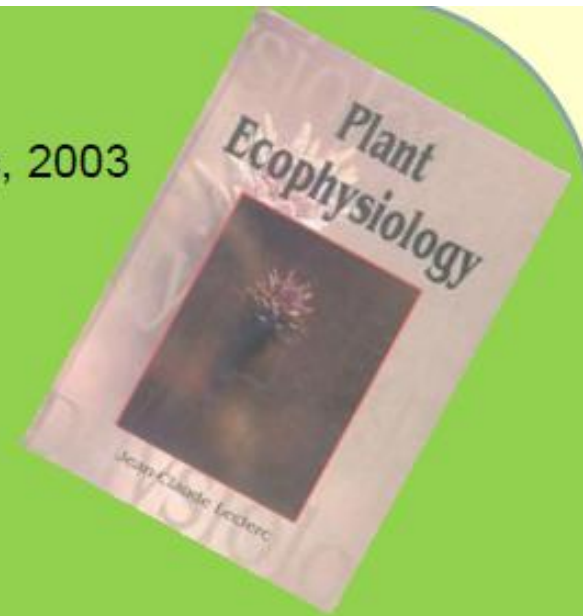
No chilling stress peas



Saguaro cactus

Consequently, stress conditions are very important in terms of biodiversity and plant distribution.

Leclerc, 2003



Terminology

Concept of stress;

“external constraint” or “stress factor” or “stressor”

and its result

“the state of stress” or “stress response” or “stress”

which describes the response of the cell, plant or ecosystem,

What is (plant) stress?

Hans Selye (endocrinologist)

The stress response has two components:

- a set of responses called the "general *adaptation* syndrome"
- a pathological state from destructive, unrelieved stress



1907-1982

The positive, adaptive, stress response triggered by low doses of a stressor is named "**eustress**"

The negative stress response caused by high doses of a stressor is named "**distress**"

Evaluation of plant stress responses

Eustress

- Readjustment metabolism
- Induction repair and protection responses (acclimation)
 - ROS signalling (specific)
 - Changes gene expression
 - Accumulation phytochemicals and antioxidants
 - Morphological and developmental stages



Distress

- Physiological destabilisation
 - Oxidative damage
 - ROS signalling (generic)
 - DNA damage
 - Inactivation photosynthesis
 - Production distress hormones
 - Cell death



In a natural environment, with fluctuating stressors, plants will display mixtures of distress and eustress

Eustress; is that stress?

Farmer



Scientist



Same
field of
wheat

Low rain; root/shoot ratio increased



Yield is lower than hoped for

Non-optimal production!

My crop is stressed

Farming income ↓
World food supply ↓



Crop has optimally adjusted to environ

No macroscopic damage

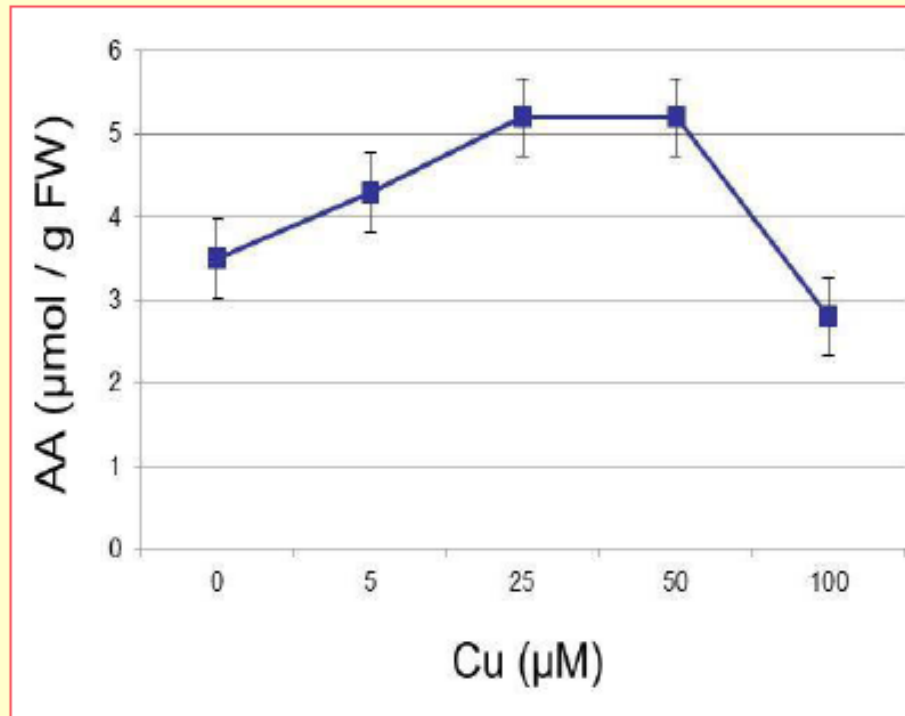
Fv/Fm is normal

This crop is healthy

Dose of a stressor determines
whether plant experiences eustress
or distress

(thus; different responses depending on the stressor dose)

Distinct responses low and high Cu



Cu-induced changes in ascorbate acid in Arabidopsis exposed for 1 day

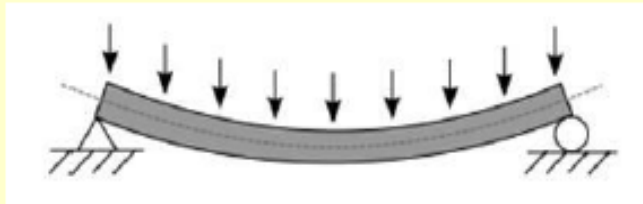
-Low Cu induces increase in AA (Eustress)

-High Cu induces decrease in AA (Distress)

Dose (and time) dependency of metabolic response

Free after Drazkiewich et al., Plant Science 2003

What is stress?

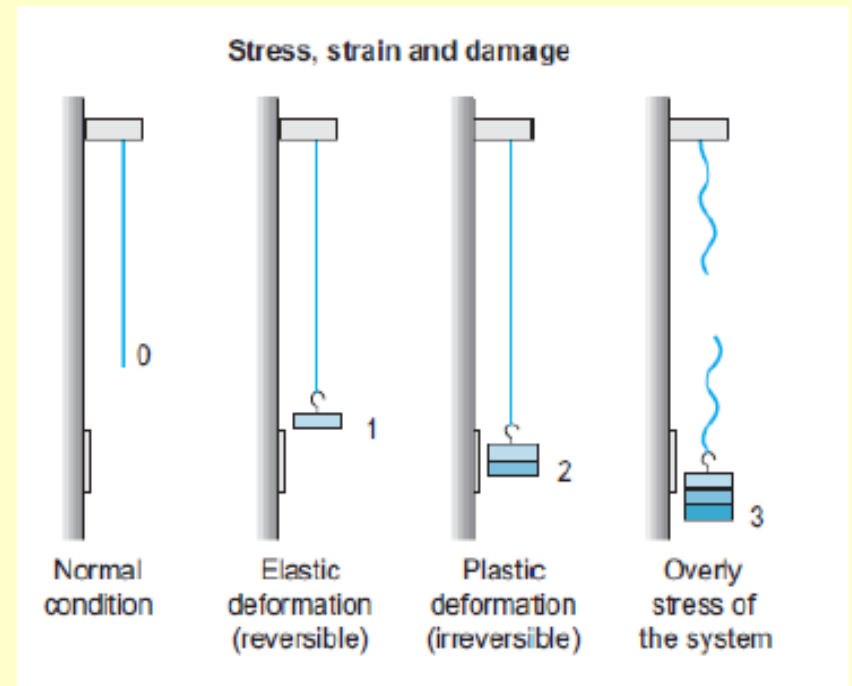


Jacob Levitt (1980)

Stress model based on mechanics

Distinction between:

- A reversible component of stress
- An irreversible / permanent component, concept loosely similar to distress (i.e. think cell death)



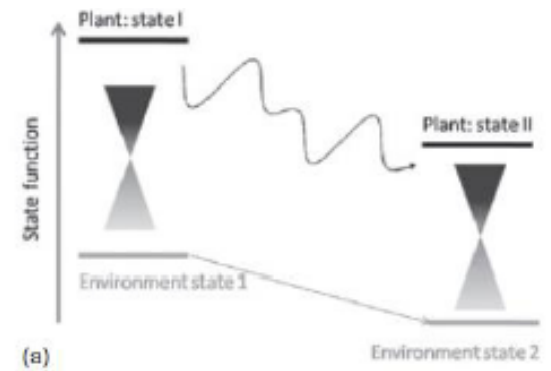
However plants can repair damage, so this concept is not as clear as in mechanics

What is plant stress?

Reto Strasser

Stress model based on existence set of thermodynamically optimal states

- Stress is a deviation from the normal, non-stress condition
- Non-stress; when a plant is at a thermodynamically optimal state
- Stress; when the plant is temporarily in a thermodynamically sub-optimal condition, due to environmental change



What is plant stress?

Terminology



Stress response, or state of stress, or stress, describes the response of the cell, plant or ecosystem, following exposure to a stressor

- **eu-stress / reversible stress** = a mild, acclimative, often specific response to a stressor
- **distress / irreversible stress** = a strong often generic response to a stressor, involving substantial (sub)-cellular damage

STRES KAVRAMI

- Fizik biliminden alınmıştır ve basınç veya gerilim anlamına gelir.
- Bir çevrede devamlı veya arada olan öldürücü olamayan koşullar,
- Stres koşulları kısa süreli (**toprak pH**) veya uzun süreli (**toprakta tuzluluk veya mineral eksikliği**) olabilir.
- Bitkide büyümeyi ve metabolizmayı olumsuz etkileyen herhangi bir durum,
- Dış faktörlerin zorlaması ile oluşan etki,
- Çevre koşullarının normal metabolizmasını olumsuz yönde etkileyecek kadar değişmesidir.
- Stres koşullarında metabolik olaylar ya bir yöne kayar ya da indirgenir.
- Stres koşullarına adapte olmuş bitkiler stres şartlarında stres altında kalmış sayılmaz.
- Stres koşulları ve bitkilerin adaptasyon yeteneği bitki türlerinin dağılışını etkiler.
- **Strese tolerans:** Bitkinin olumsuz çevre koşulları ile başa çıkabilme yeteneğidir.
- **Alışma:** Bitkinin önceden strese maruz kalması toleransı arttırmış ise bitki alışmış olarak kabul edilir.
- **Adaptasyon; pek çok nesil boyunca seçilme** sonucu kazanılan genetiksel olarak belirlenmiş direncin düzeyini belirler.

Stres Faktörleri

Abiyotik

Radyasyon

Eksiklik,
Fazlalık,
UV radyasyon

Su

Kuraklık (Hava, toprak),
Taşkınlar

Bitki besin elementleri

Eksiklik,
Fazlalık,
Dengesizlik,
Tuzluluk,
Ağır metaller,
Asitlik, Alkalinite

Sıcaklık

Isı,
Soğuk,
Don
Düşük sıcaklık

Gazlar

Oksijen eksikliği,
Volkanik gazlar

Mekanik etkiler

Rüzgar,
Toprak kayması,
Gömülme,
Kar örtüsü,
Buz tabakası

Biyotik

Bitkiler

Kalabalık,
Allelopati,
Parazit bitkiler

Mikroorganizmalar

Viruslar
Bakteriler
Funguslar

Hayvanlar/zararlılar

Otlatma
Çiğneme
Emgi ve hastalık taşıma

Antropogenik stres

Kirlenme
Agrokimyasallar
Toprak sıkışması
Yangın
İyonize radyasyon
Elektromanyetik alanlar

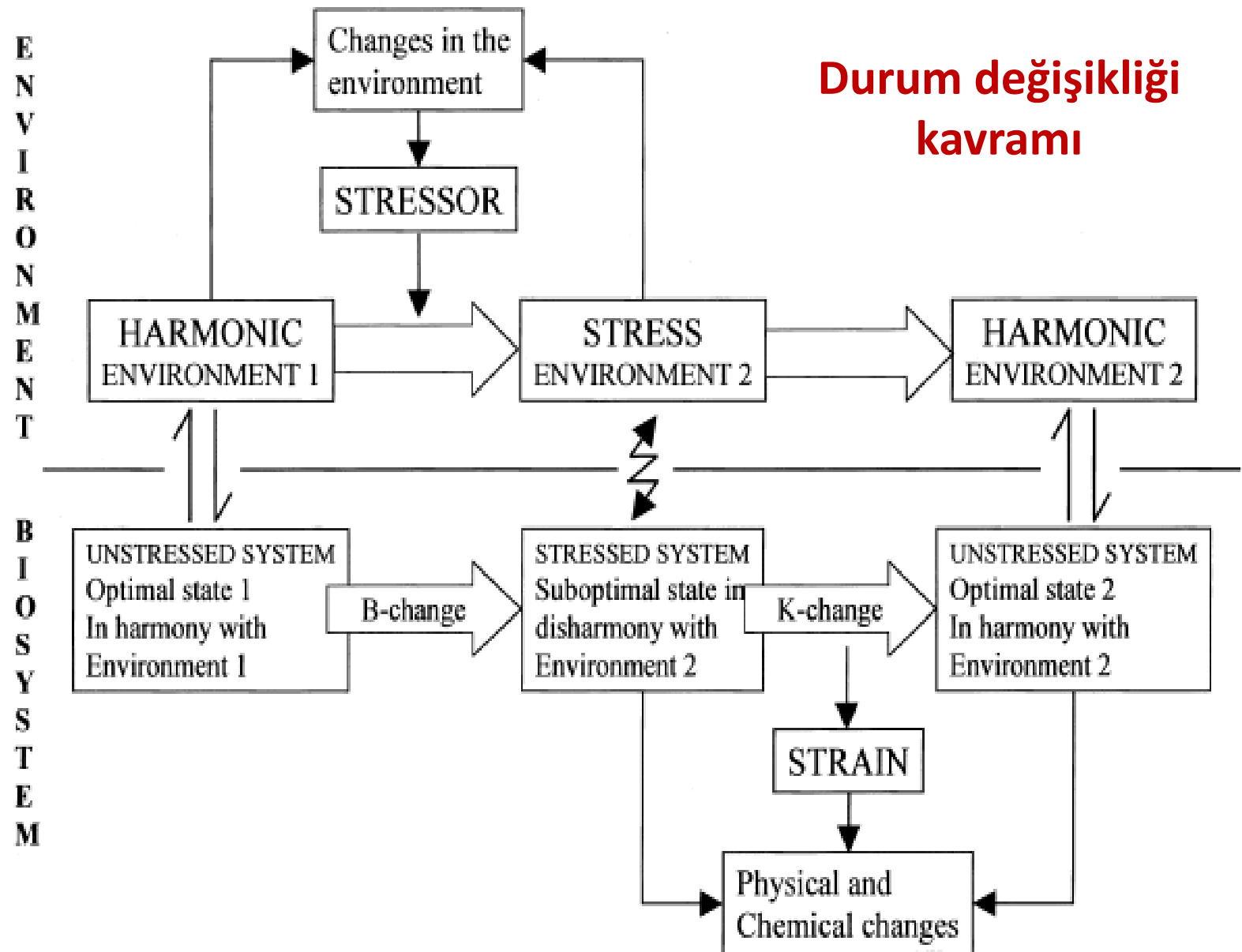
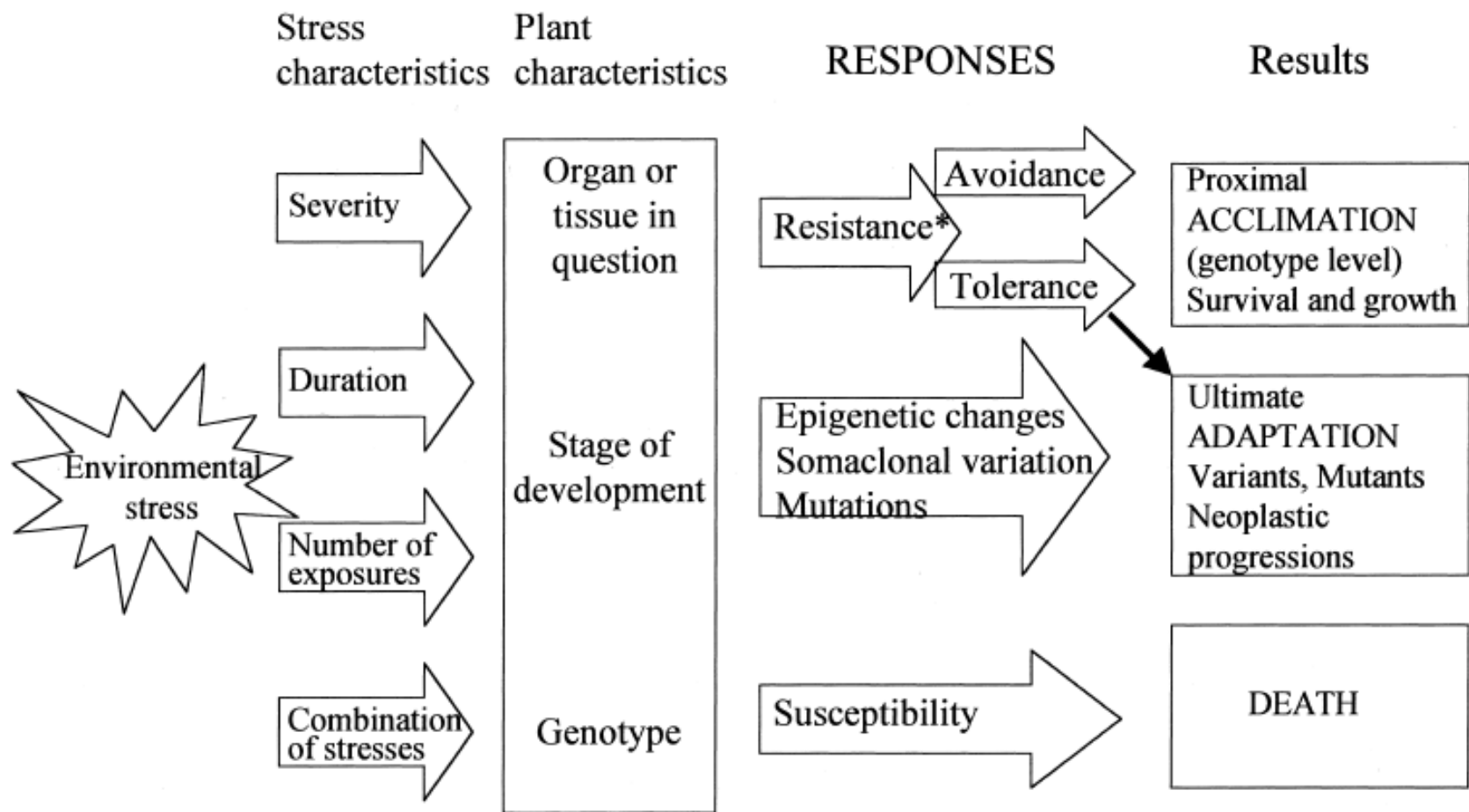


Figure 2. Strain as defined in the Strasser (1988) state-change concept (see Figure 1).



Bitkilerin Strese Tepkileri

Bitkilerin Stres Faktörlerine Karşı Tepkileri

- Bitkiler stres koşullarına üç türlü tepki verirler
 - Kaçma (avoidance)
 - Bitkisel özelliklerini değiştirerek, derin kök oluşturarak, çabucak çoğaltım organlarını yaparak, yapraklarını dökerek...
 - Tolerans (tolerance)
 - Olumsuz koşullarda hayatsal faaliyetlerini sürdürür.
 - Zarar görme/ölme (hemen veya gecikmiş)
- Elastik ve plastik özellikler
 - Elastik: Stres koşulları kalktığında eski durumuna dönen özellikler.
 - Plastik: Stres koşulu kalktıktan sonra da eski haline dönmeyen özellikler.
- Adaptasyon (Adaptation): Nesiller boyunca gerçekleşen bir seleksiyon sonucunda kazanılan kalıtsal düzeydeki stres toleransı.
- Aclimatization (Acclimation): Bitkinin önceden **düşük derecelerde** strese maruz bırakılması ile **stres toleransında** meydana gelen artış.

ADAPTASYON

Adaptasyon, yapısal, davranışsal, veya fizyolojik olabilir.

- ✓ Yapısal adaptasyonlara örnek olarak, deri rengi, vücut şekli, vücut örtüsü, yaprak şekli, yaprak rengi, kök derinliği verilebilir.
- ✓ Davranışsal adaptasyon için fototropizm örnek verilebilir.
- ✓ Fizyolojik adaptasyonlara örnek olarak bir protein üretmek, rizosfere organik asitler salgılamak, özel sekonder metabolitler üretmek gibi biyokimyasal yollar veya sistemler gösterilebilir.

Structural Adaptations

- Adaptations to get sun light and save water
 - Leaves and stems absorb energy from the sun.
 - Cacti save water by closing stomata during day time.



Structural Adaptations

- Adaptations to get water and nutrients
 - Roots soak up water and nutrients from soil.



Structural Adaptations

- Adaptations for reproduction
 - Sweet fruit attracts animals that spread seeds far away.
 - Some seeds are shaped to catch the wind



Structural Adaptations

- Adaptations for defense
 - Spines and thorns protect plants from predators



Behavioral Adaptations

- Adaptations to get sun light
 - Plants lean or grow towards the sun.
 - Roots grow down into soil.
 - Vines climb up trees to catch sunlight.



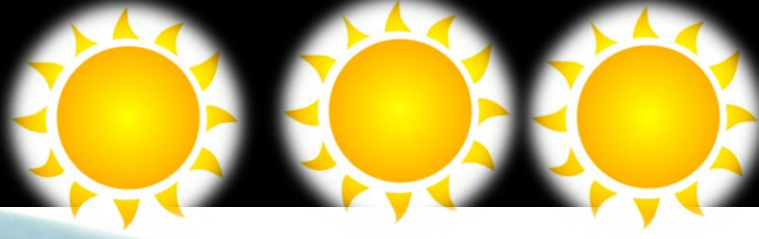
Saat: 15:30 Işığa yönelmiş bitkiler





Saat: 15:30 ters çevrilmiř bitkiler





Saat: 16:05
35 dakika sonra bitkilerin yön deęiřtirmesi



Saat: 17:00

Işığa doğru dönmüş bitkiler







28/10/2016



31/10/2016

Behavioral Adaptations

- Adaptations to save living organism
 - Desert plants can stay dormant for months, only coming to life when it rains.



Behavioral Adaptations

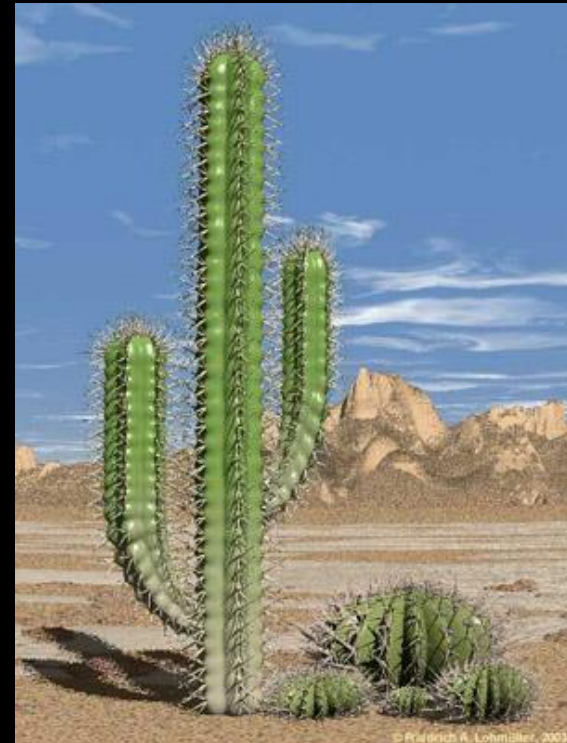
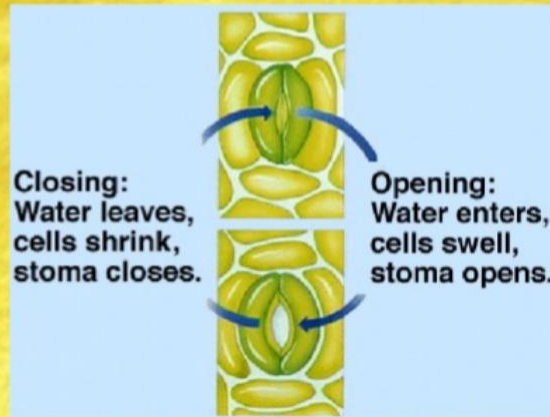
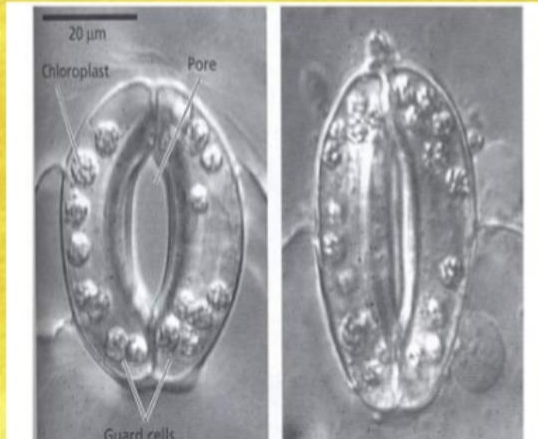
- Adaptations for reproduction
 - Plants drop seeds to grow new offspring.



Behavioral Adaptations

- Adaptations for save water
 - CAM plant open stomata during night

- CAM plants keep stomata closed during the day to minimize water loss
- Only open stomata at night



Physiological Adaptations

- Adaptations for defense
 - Poison Ivy and Poison oak have toxins that give predators a painful itchy rash.



Physiological Adaptations

- **Adaptations to drought (osmoregulation)**
 - The cell's ability to reduce the osmotic potential and keep water inside by accumulating appropriate organic and inorganic substances.

Osmoregulation in Plants

Osmoregulatory adaptations

- Plants such as mangroves develop **structural and physiological adaptations to regulate the osmotic balance of their cell contents** – i.e. To carry out osmoregulation.
- The cacti and other plants living along the hot, dry scrubland of the Palisadoes strip also develop special adaptive features for osmoregulation.



Hücre Çeperinin Parçalanması ve Bitki Savunması

Enzimler çeperin hidrolizine ve parçalanmasına destek olurlar

- Hemiselüloz ve pektin hücre duvarında doğal olarak bulunan bazı enzimler tarafından değişikliğe uğratılabilir veya tamamen bozulabilir.
- **Glukanazlar** ve ilgili enzimler hemiselülozun omurgasını hidrolize edebilirler.
- **Ksilozidazlar** ve ilgili enzimler yan dalları ksiloglukan omurgasından ayırabilirler.
- **Transglukolizazlar** hemiselülozları kesip birbirlerine ekleyebilirler.
- Bu değişimler çeperin fiziksel özelliklerini değiştirebilir.
- **Ekpansinlerin** mRNA'larının domatesin olgunlaşmasında çeper yıkımında görev aldıkları belirlenmiştir.
- Yumuşayan meyvelerde **pektin metil esteraz** enzimi yüksek düzeyde ifade edilir. Pektin, pektinaz ve ilgili enzimlere duyarlı hale gelir.
- **Bu enzimlerin çeperdeki varlığı, çeperin gelişme esnasında önemli değişikliklere uğrayabilme yeteneğini göstermektedir.**

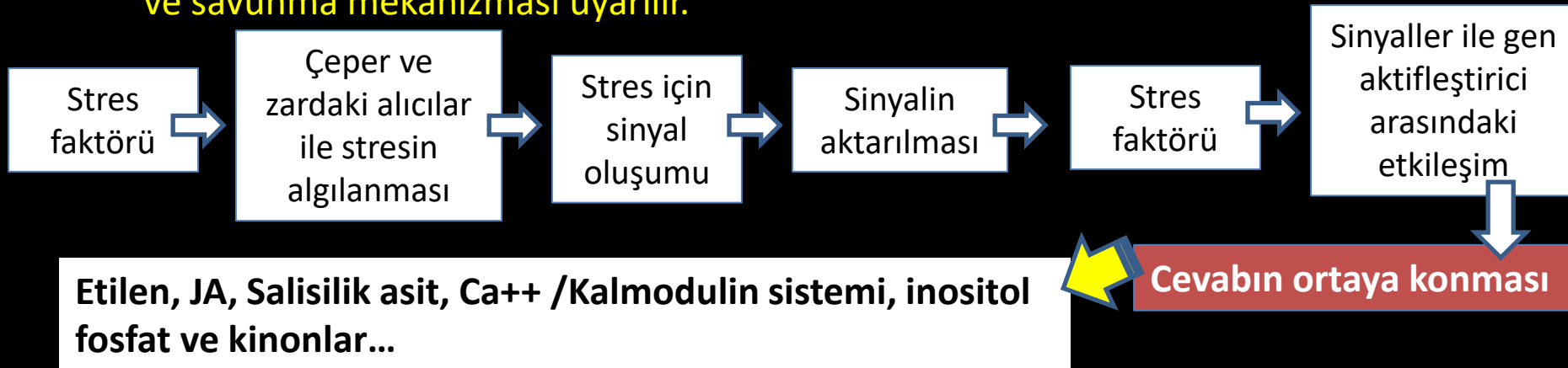
Hücre İçi Tepkiler

- Hücre çeperleri

- Hücre çeperi; pektin ve hemiselülozdan oluşan matrikse gömülü selüloz mikrofibrillerden oluşur.
- Hücre çeperi; orta lamel, primer çeper ve sekonder çeperden oluşur.
- Stres koşullarında lignin ve kalloz artar ve çeper sağlamlaştırır.

- Hücre zarları

- Hücre, vakuol, ER, golgi cihazı, kloroplast, mitokondri zarları.
- Stres koşullarında zar bütünlüğü ve geçirgenliği bozulur.
- İyon ve su dengesizliği ortaya çıkar
- Stres koşullarında, **aktif oksijenler (ROS)** hücre zarındaki doymamış yağ asitlerini oksitleyerek **Jasmonik Asit** gibi mesajcı moleküllerin sentezlenmesine sebep olurlar ve savunma mekanizması uyarılır.



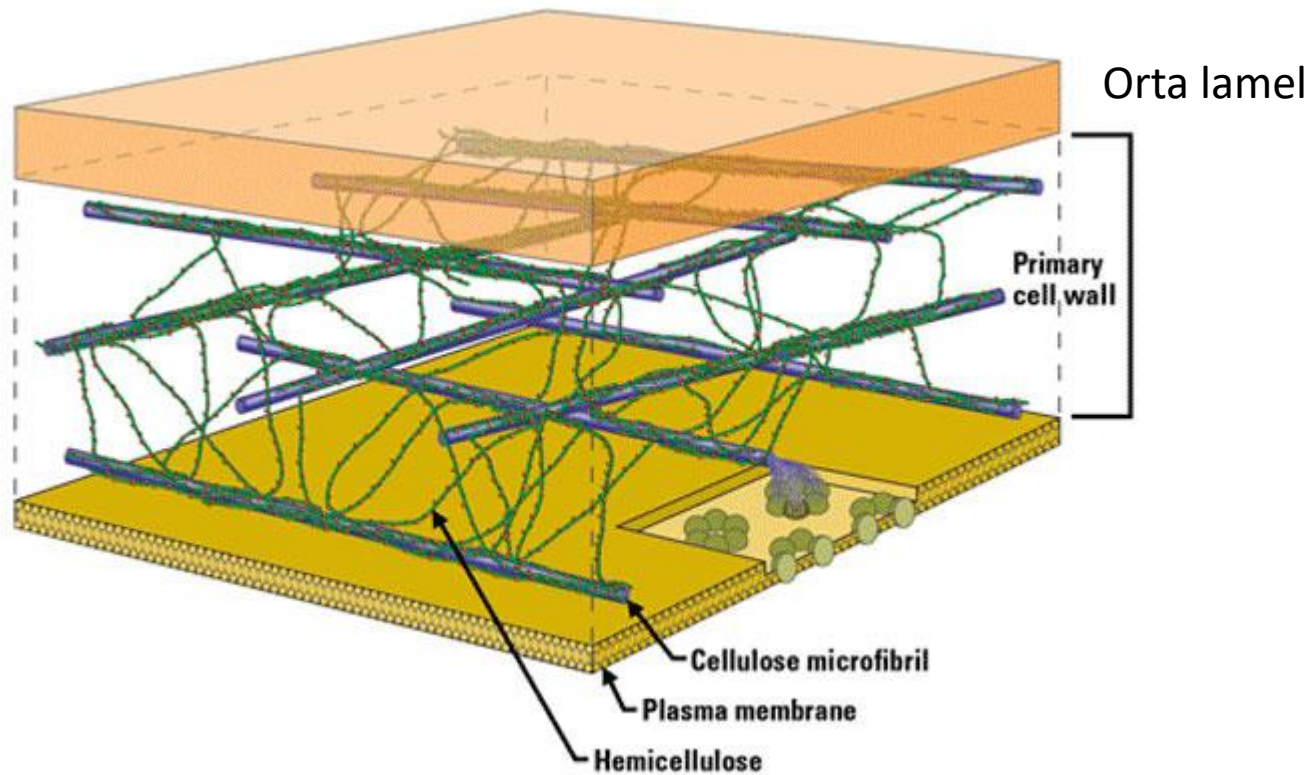
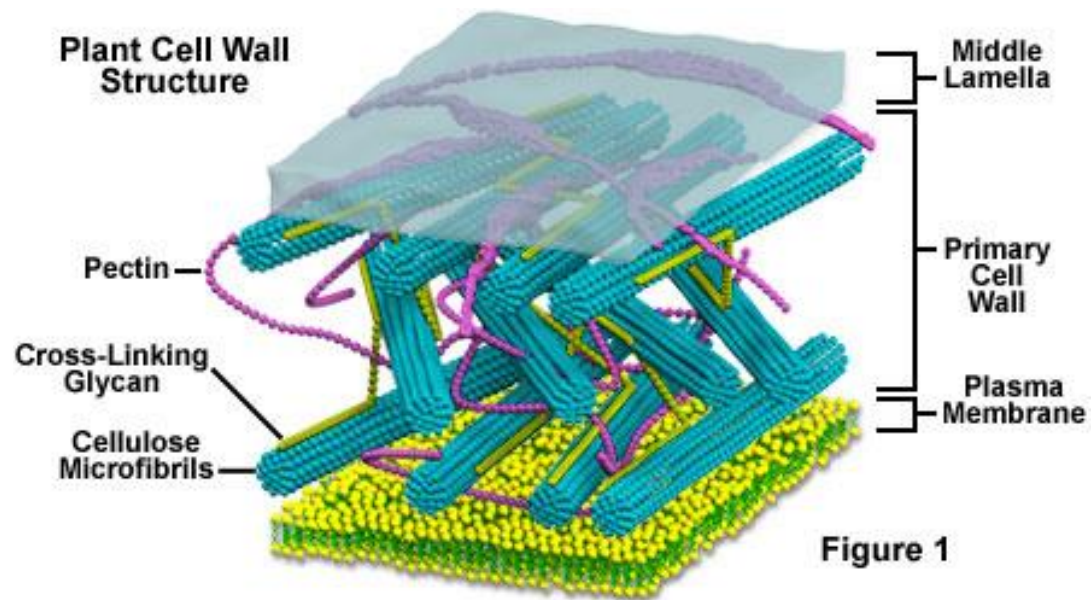
Hücre Çeperinin Parçalanması ve Bitki Savunması

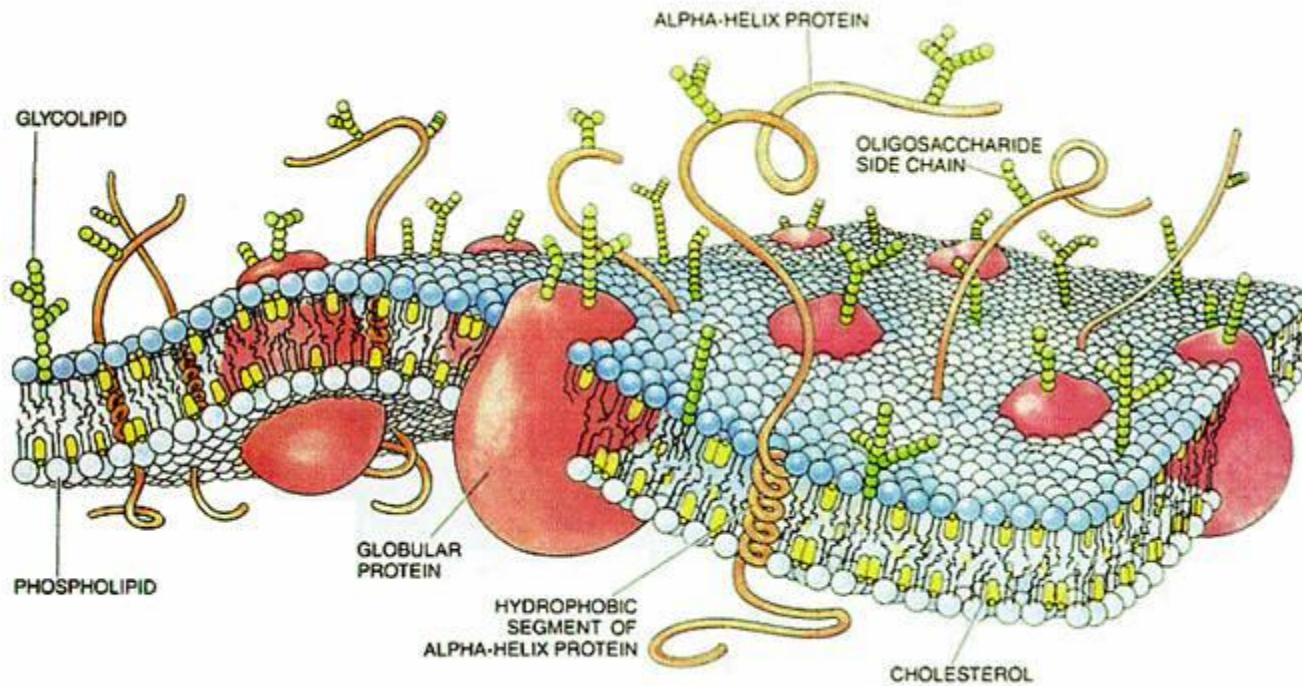
- Oksidatif Patlamalar Patojen Saldırısına Eşlik eder
 - Yaralanma veya bir takım küçük molekül ağırlıklı elisitörlere maruz kalan HÇ'inde yüksek oranda AOT (ROS) üretilir.
 - Bu oksidatif patlama patojenlere karşı bir savunma mekanizması olabilir.
 - AOT doğrudan patojenlere zarar verebilir.
 - HÇ'nin fenolik bileşenlerinin hızlı bir şekilde çapraz bağlanmasına neden olarak sağlamlaştırabilir.
 - Ör: Tütün yaprakları yaralandığında veya elisitörlere maruz bırakıldığında, prolince zengin yapısal çeper proteinlerinin hızlıca çözünmez forma dönüştüğü tespit edilmiştir.

Hücre Çeperinin Parçalanması ve Bitki Savunması

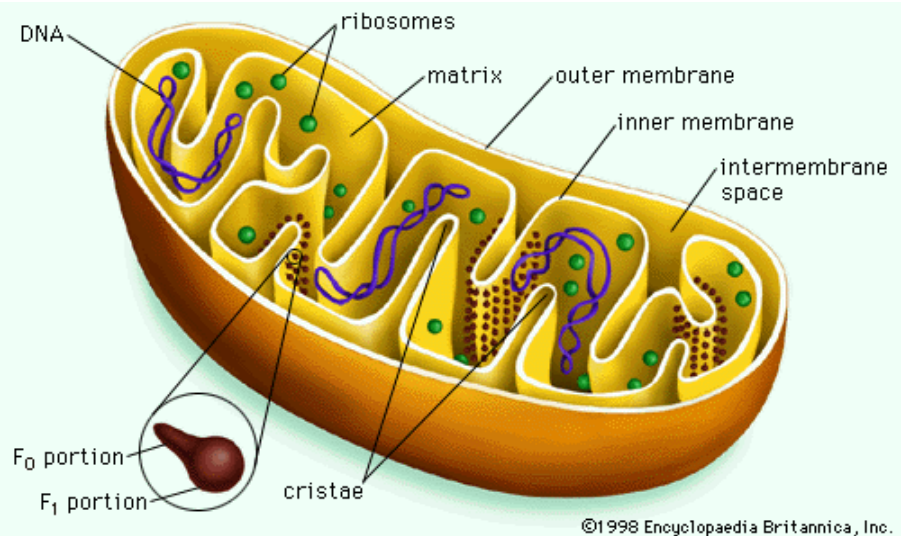
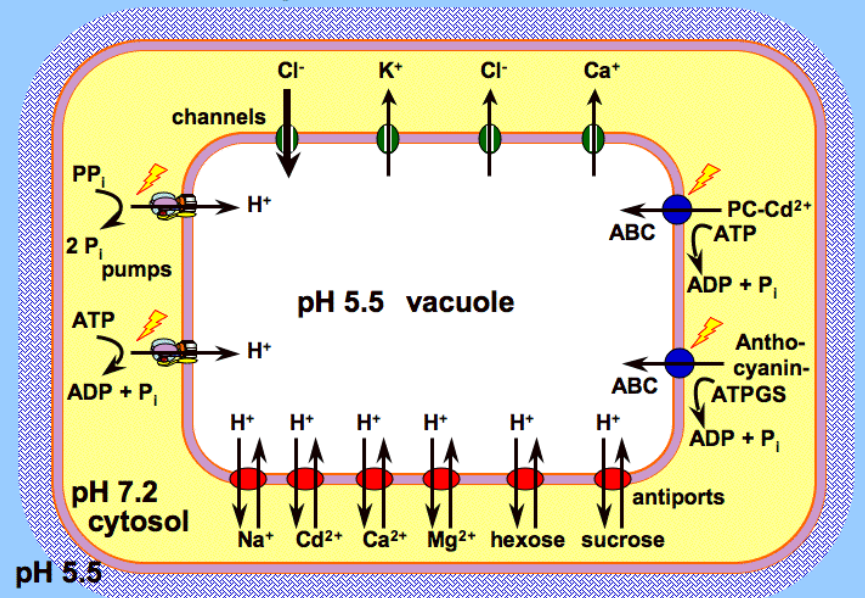
Çeper Parçaları Sinyal Molekülü Görevi Yapabilir

- ✓ Hücre çeperleri parçalandığında 10-15 kalıntı uzunluğunda biyolojik olarak aktif parçalar oluşur (**oligosakkarinler**).
- ✓ Bu parçalar doğal gelişim veya savunma işlemlerinde görev alırlar.
 - ✓ Fitoalaksin sentezinin uyarılması ,Oksidatif patlamalar, Etilen sentezi, Hücre zarının depollarizasyonu , Sitoplazmik Ca miktarındaki değişimler, Kitinaz ve glukonaz gibi patojen ilgili proteinlerin sentezi
- ✓ Phytophthora saldırısında patojenin ürettiği enzim tarafından **oligogalaktronanlar (pekini parçalayarak)** adı verilen parçalar üretilir. Bu parçalar hücrenin çoklu savunma sistemini göstermesini tetikler.
- ✓ Bitki HÇ'i, mantar hücre çeperine (**B-D glukon**)'a saldıran **B-D-glukonaz** enzimi içerir. Bu enzim saldırı anında elisitör gibi davranan glukon oligomerlerini ortaya çıkarır.
- ✓ **Oligosakkarinler** normal bitki büyümesi ve farklılaşmasında da görev alırlar.
 - ✓ Ksiloglukandan kökenlenen bir nanosakkarid 2,4 D hormonun etkisini önlemiştir.
 - ✓ Ksiloglukon kökenli oligosakkarin oksin tetikli ksiloglukon parçalamasını geri beslemeli olarak engellemektedir.





Vacuole Transport Proteins



©1998 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Moleküler Düzeyde Bitkilerin Tepkileri

Bitkiler, stres faktörlerine karşı bazı molekülleri sentezlerler

- Sekonder metabolitler

- Düşük molekül ağırlıklı bileşikler
 - Fitoaleksinler, fenoller, kinonlar, poliaminler, fenilamidler, karotenoidler, terpenoidler, alkaloidler, prolin, jasmonik asit ve absisik asit...
- Yüksek molekül ağırlıklı bileşikler
 - Lignin , suberin ve kitin

- Polisakkaridler

- Polisakkaridlerin başında Kalloz gelir. Kalloz (β -1-3 Glukan) stres koşullarında sentezlenir ve hücre zarı ile hücre duvarı arasında depolanır. Hücre duvarında stres faktörüne karşı bir bariyer oluşturur.
- Kalloz yaralanmalarda yaralanan yeri kapatır (ör: floem).

- Proteinler

- Farklı molekül ağırlıklarına sahip proteinlerdir (yapısal ve enzim) ve normal koşullarda sentezlenmezler. Stres koşullarında sentezlenirler, stres faktörü ortadan kalktığında bu proteinler de ortadan kalkar. (*Heat shock protein*)

Submoleküler Düzeyde Tepkiler

- Stres faktörlerine tepki olarak hücre içinde serbest radikaller oluşturulur
- Serbest radikaller oksijen içeren moleküller aracılığı ile oluşturulur. Süperoksit (O_2^-), hidroksit (OH^-), perhidroksit (HO_2^-), peroksi (ROO), Fenoksi (C_6H_4O), singlet oksijen (1O_2) bu yapılardaki O aktif oksijen (AO) olarak adlandırılır
- AO'lar yüksek oranda reaktif ve kısa ömürlü ve protein, yağ ve polisakkarid gibi moleküller ile çabucak etkileşerek bozulmasına sebep olur.
- Normal koşullarda AO oranı düşüktür
- Stres koşullarında AO hemen yükselir hücre için yıkıcı etkileri vardır.
- Ancak son dönemlerde, antimikrobiyal özelliğinden dolayı ve lignin ve suberin sentezini uyarttığı için koruyucu rolü olduğu da söylenmektedir.

