

ZTO 235 BİTKİ FİZYOLOJİSİ

Doç.Dr. Özge ŞAHİN

**Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme Bölümü**

06110 Ankara

osahin@ankara.edu.tr

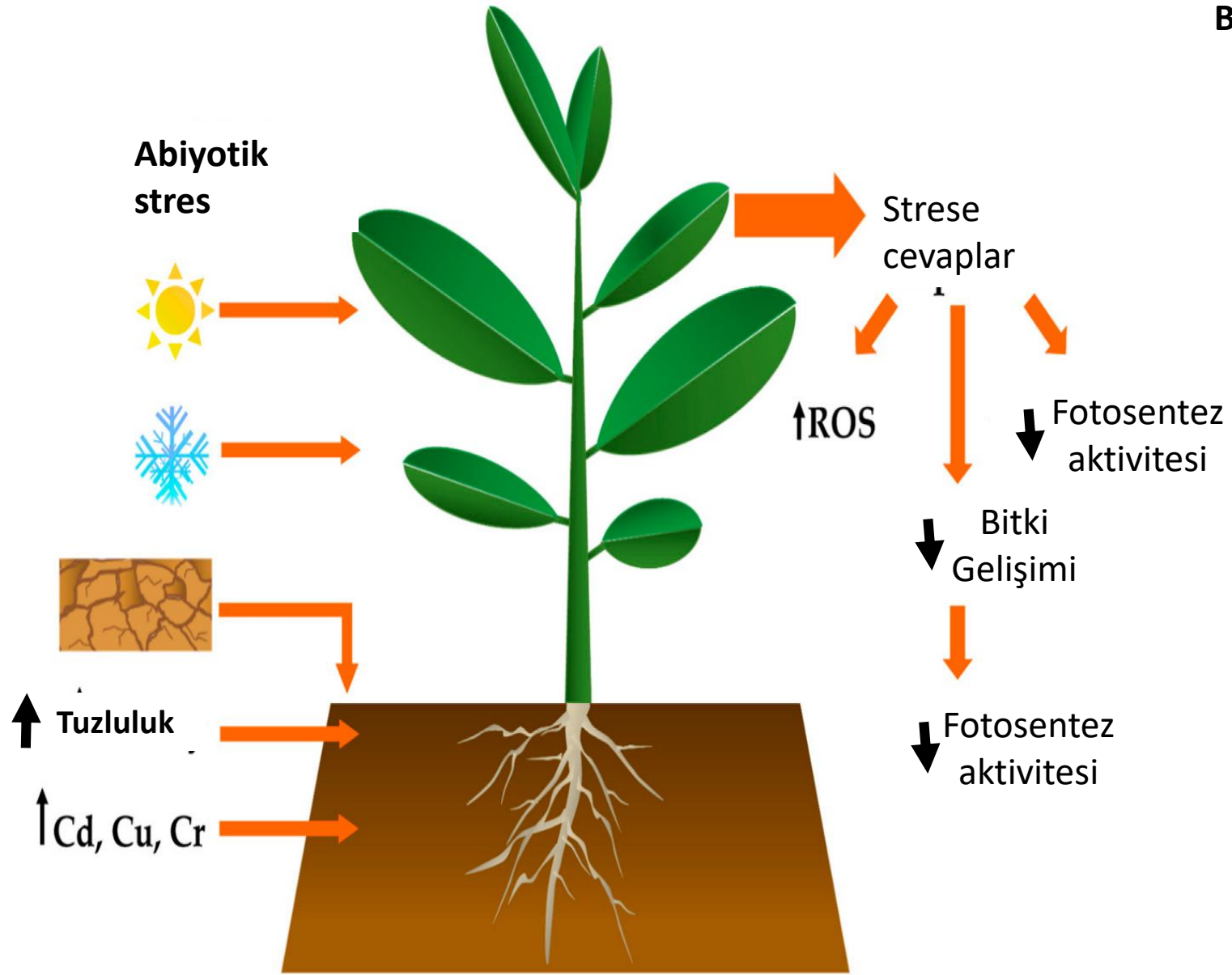
Stres, canlı organizmaların yaşamlarında uygun olmayan herhangi bir çevre etmeni için benimsenmiştir.

Bitkilerde “biyotik ve abiyotik stres etmenlerinin etkisi altında ortaya çıkan değişimler” olarak tanımlanmaktadır.

Stres bitkilerde, önemli fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açmak suretiyle büyümeyi ve gelişmeyi olumsuz etkilemekte ve üründe nitelik ve verim azalmasına ve hatta bitki ölümlerine neden olabilmektedir.

ÇEVRESEL STRES ETMENLERİ

ABİYOTİK ETMENLER (FİZİKOKİMYASAL)		BİYOTİK ETMENLER
FİZİKSEL ETMENLER	KİMYASAL ETMENLER	
Su •Kuraklık •Taşkın	Hava kirliliği	Yabani bitkiler
Sıcaklık •Soğuk –Üşüme –Don •Sıcak	Bitki besin elementleri	Böcekler
Radyasyon •UV •Görünür ışın	Pestisitler	Mikroorganizmalar
Mekanik etkiler •Rüzgar •Kar •Buz örtüsü	Toksinler	Hayvanlar
	Tuzlar	Hastalıklar
	Toprak pH'sı	



Biyotik stres



Bitkilerin strese olduklarını anlamak her zaman olası değildir. Çevredeki çoğu stres etmeni belirgin bir tanı vermeden bitkilerde zarar oluşturabilir.

Stres etmenlerinin oluşturduğu zarar bitkinin çevreye genetik adaptasyon derecesine bağlı olarak değişir.

Bazı bitkiler, bu çevresel stres etmenlere karşı koyabilmek ya da dayanıklılıklarını arttırabilmek için bünyelerinde çeşitli metabolik değişimlere yol açarak zararı en az düzeye indirmeye çalışırlar.

Strese dayanıklılık mekanizması bitkilerde iki şekilde olmaktadır:

Stres
önleyici
(stresten
kaçınma)

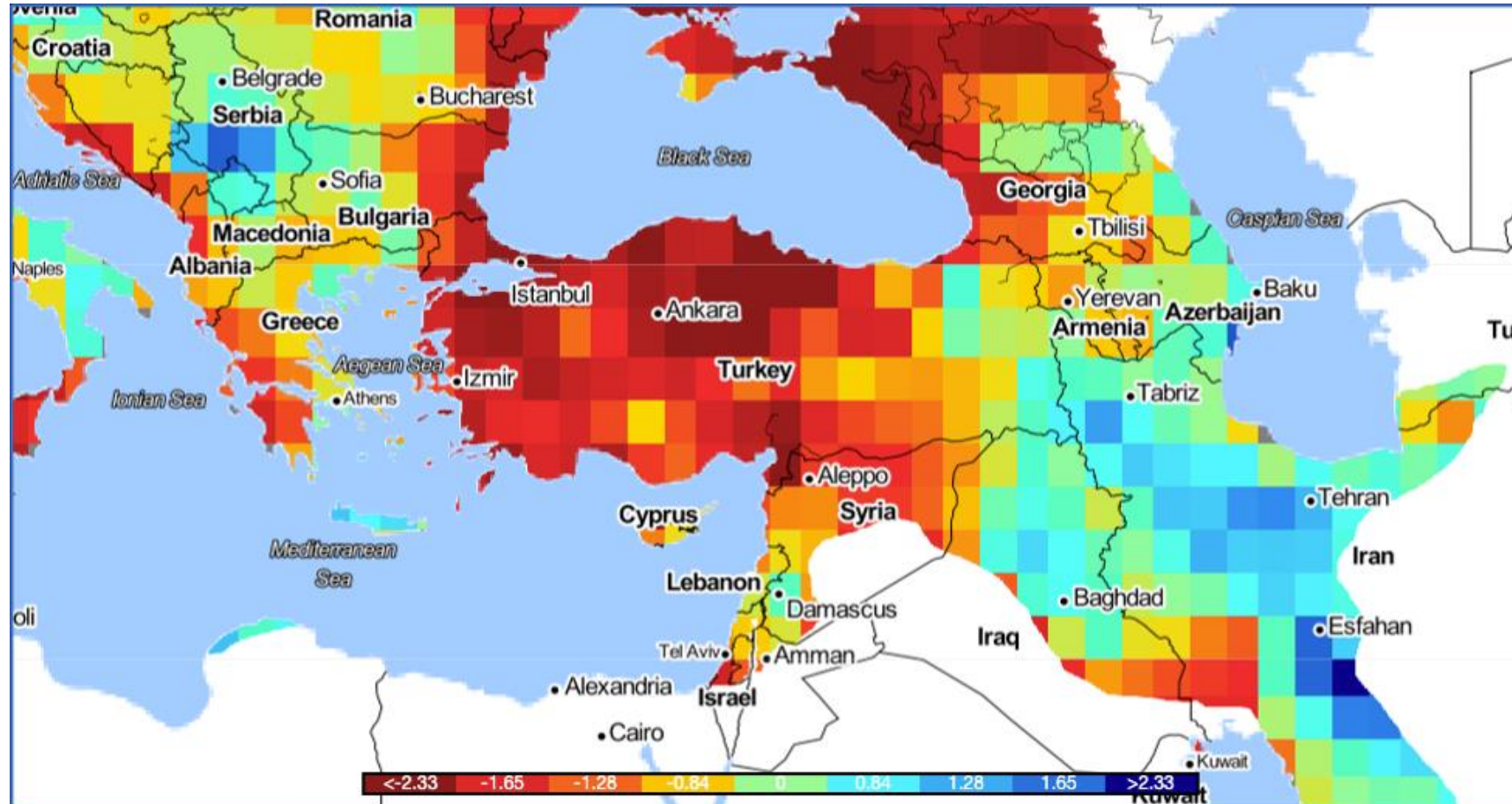
Bitki kimyasal ya da metabolik etmenlerle veya stresten canlı hücreleri ayıran bir fiziksel etmenle, stresi ya kısmen ya da tamamen dışarda tutma yeteneğine sahiptir. Bu sayede stres sonucu meydana gelebilecek etkiden kaçınabilir.

Stres
toleransı

Bitki zarar geçirmeksizin stres tarafından sebep olunan etkiyi önlemek, azaltmak veya yenilemek yeteneğindedir. Bu sayede bitki strese karşı toleranslı olabilir veya ondan kaçınabilir.

KURAKLIK STRESİ

The Guardian : [Precipitation records](#) for Turkey in 2020 show much drier than average conditions throughout most of the country



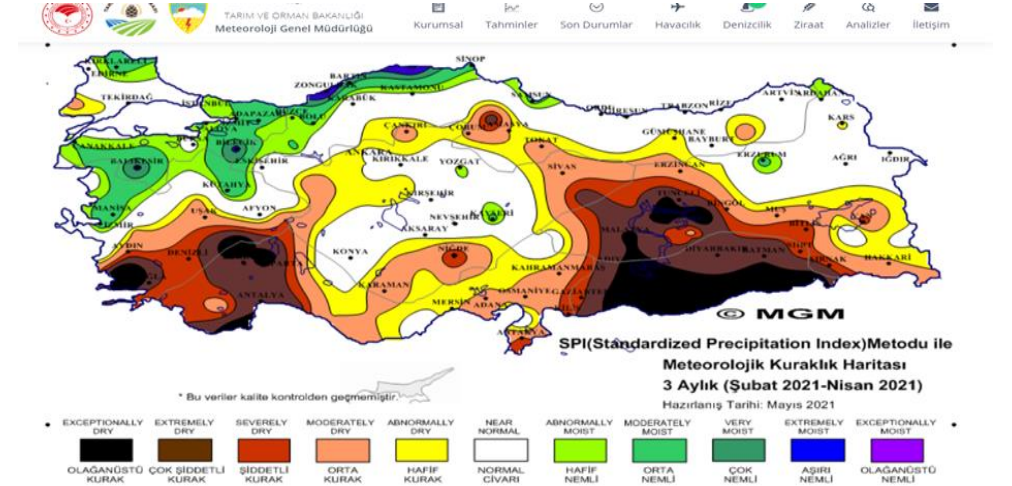
Fotoğraf :
aterpeacesecurity.or
g/info/blog-02-02-
2021-turkeys-
drought

Tarımın temelini oluşturan bitkiler bu ihtiyaçların karşılanmasında doğrudan ve dolaylı olarak etkiye sahiptir.

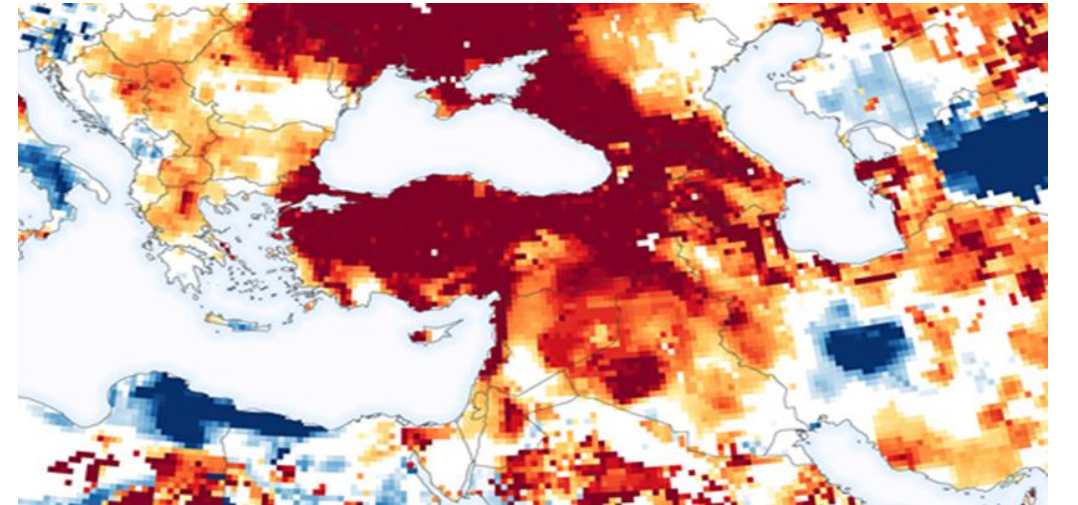
Artan nüfusa bağlı olarak bilinçsizce tüketilen doğal kaynaklar küresel iklim değişikliklerine sebep olmaktadır.

Bu değişiklikler bitkilerde; kuraklık, yetersiz beslenme, tuzluluk, düşük ve yüksek sıcaklık, radyasyon gibi verimi sınırlandıran stres faktörlerine sebep olmaktadır.

Bu stres faktörlerinin başında Dünya topraklarının yaklaşık% 43'ünü, Ülkemiz topraklarının ise yaklaşık % 26'sını etkileyen kuraklık gelmektedir.



<https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx>

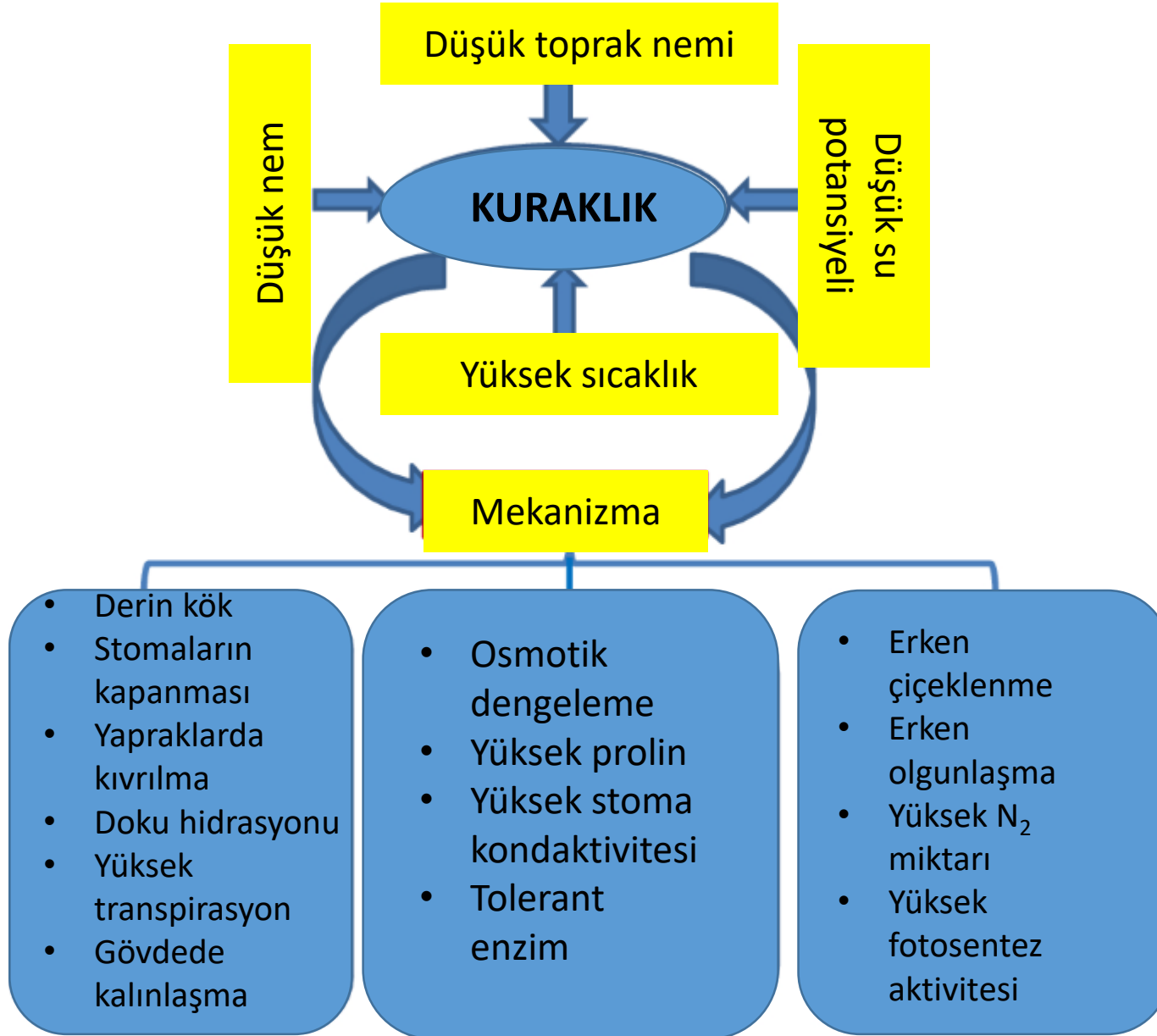


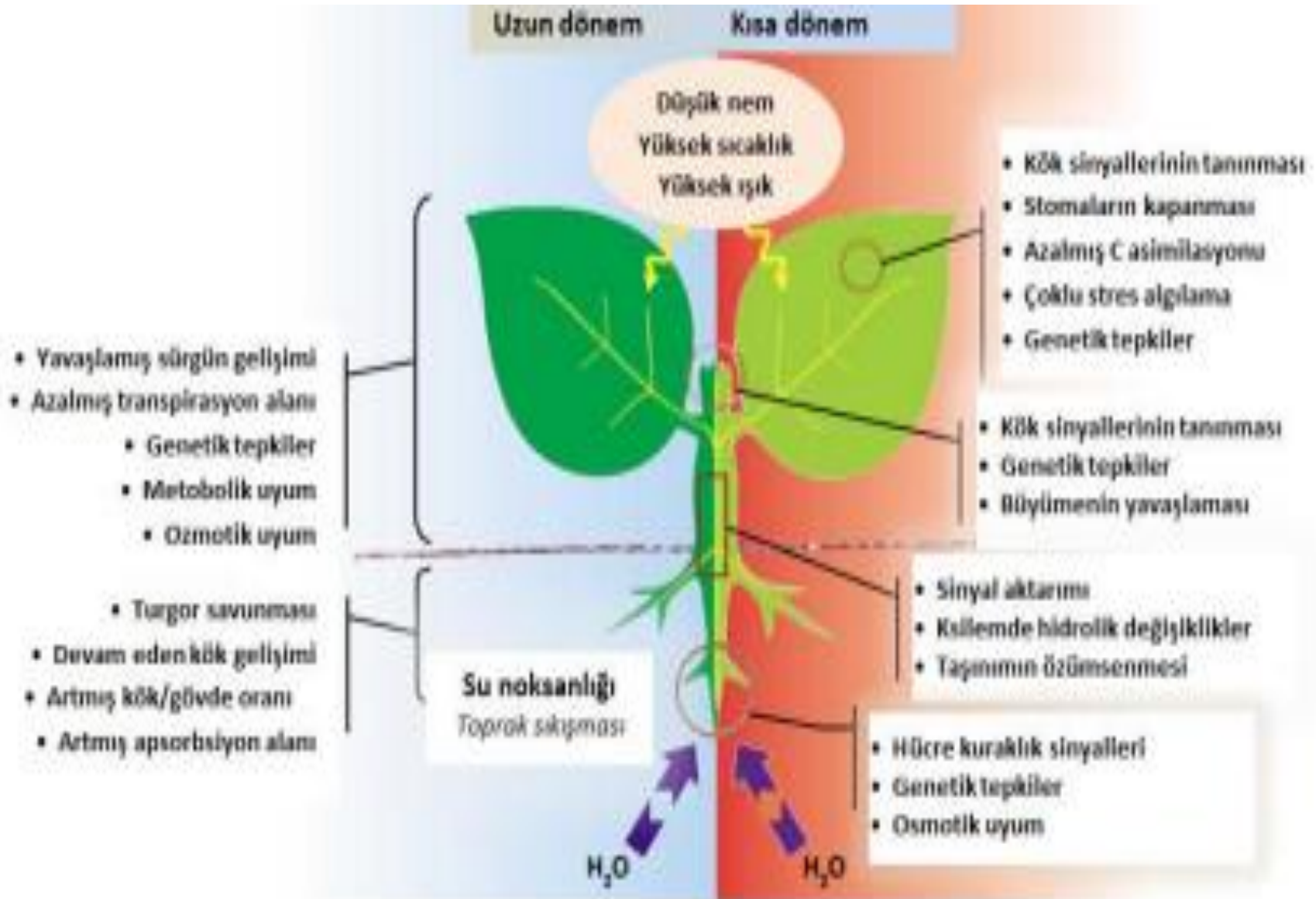
<https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps>

Kuraklık stresi, bitkilerde belli sürede buhar halinde yitirilen (transpirasyonla) su miktarının çevreden alınan su miktarından fazla olması durumunda oluşur.

Yüksek bitkilerde kökler aracılığı ile topraktan alınan su osmotik kurallarla bitkinin tepe organlarına taşınır. Transpirasyonla yitirilen su miktarının alınan su miktarından fazla olması durumunda iletim boruları içerisinde oluşan negatif basınç nedeniyle bitki organları arasında su alabilmek için rekabet başlar.

Bir başka deyişle bitkinin değişik organlarının su potansiyelleri arasındaki denge bozulur.





Bitkilerin uzun ve kısa dönem kuraklığa tepkileri (Chavesz vd. 2003; Örs ve Ekinci 2015)

Bitkide su potansiyeli turgor potansiyeli ve osmotik potansiyelin toplamıdır. Osmotik potansiyel, molekül ya da iyonlar şeklinde suda çözünmüş madde miktarına göre değişir. Turgor potansiyeli ise, hücrede bağımsız şekilde bulunan su moleküllerinin membran yüzeylerine ve hücre duvarına çarpmaları sonucu oluşur.

Hücrede turgor basıncının daima pozitif olması gerekir. Turgor basıncı düştüğü zaman bitkide solma olgusu ortaya çıkar. Bu nedenle, turgor potansiyeli su stresi ya da kuraklık stresi oluşan bitkilerdeki su potansiyelinin temel ögesidir.

Morfolojik ve fizyolojik değişimlerle su kapsamaları farklı koşullara adapte olan ve yaşamlarını sürdüren bitkiler değişik isimler altında sınıflandırılmıştır.

- **Hidrofitler;** suyun bol olduğu ve her zaman bulunduğu yörelerde yetişen bitkilerdir.
- **Mezofitler;** yarıyışlı su miktarı ortadüzeyde olan koşullarda yetişen bitkilerdir.
- **Kserofitler;** yılın büyük bölümünde suyun az olduğu, kurak ve çöl koşullarında yetişen bitkileridir.

Su stresi bitkilerde büyüme üzerine olduğu gibi ürünün nitelik ve verimi üzerine de olumsuz etki yapar.

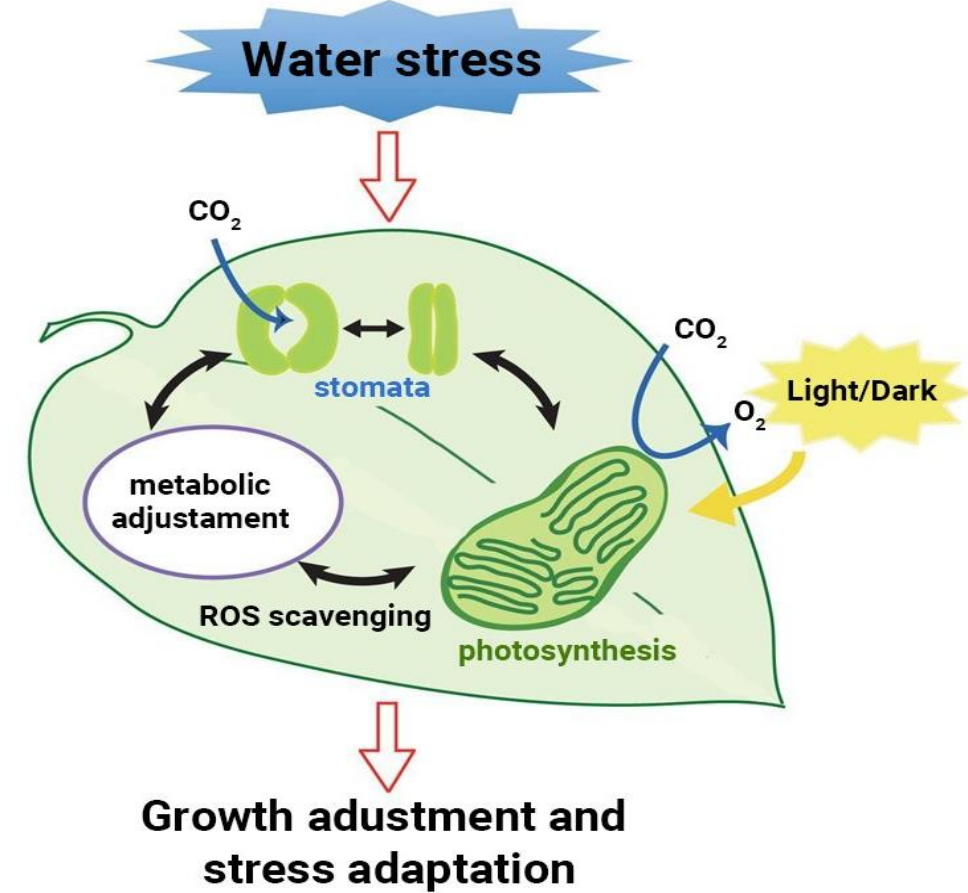
Stres durumunda turgor basıncının düşmesi hücre büyümesini olumsuz şekilde etkileyerek hücrelerin küçük kalmasına yol açar.

Hücre büyümesindeki azalma hücre duvarı sentezinde de azalmaya yol açar.

Protein ve klorofil sentezi olumsuz şekilde etkilenirken tohumlar çimlenme yeteneklerinin yitirir, fotosentez ve solunum da olumsuz etkilenir.

Hücre büyümesinin olumsuz şekilde etkilenmesi bitkilerde yaprakların küçülmesine ve dolayısıyla fotosentez ürünlerinin azalmasına neden olur.

Su stresini algılayan bitkilerde ilk olarak ortaya çıkan adaptasyon mekanizması su kaybını engellemek amacıyla stomaların daralması veya kapanmasıdır (Osakabe vd., 2014). Bitki fotosentez oranı, açık stomalardan bitki yaprak dokusu içerisine alınan gaz formundaki karbondioksit miktarı ile ilişkilidir. Stomaların açık olması aynı zamanda bitkinin terleme ile su kaybetmesine de yol açmaktadır. Bu nedenle, kurak koşulların oluşması durumunda bitkiler, terleme ile su kaybını en aza indirmek amacıyla stomalarını hızlı bir şekilde kapatırlar. Buna bağlı olarak karbondioksit alınımları da azaldığı için bitki fotosentez oranında bir düşüş gerçekleşir (Chavez vd., 2003).



Fotosentez, stomaların açılıp-kapanması, yaprak genişlemesi gibi önemli fizyolojik ve morfolojik olayların, yaprakta azalan turgor potansiyeli ile ilişkili olduğu ve stresin artmasıyla yaprak dokusunun oransal su kapsamının azaldığı ortaya koyulmuştur

Küsmen



Cantez-87



Sulu

Kuru

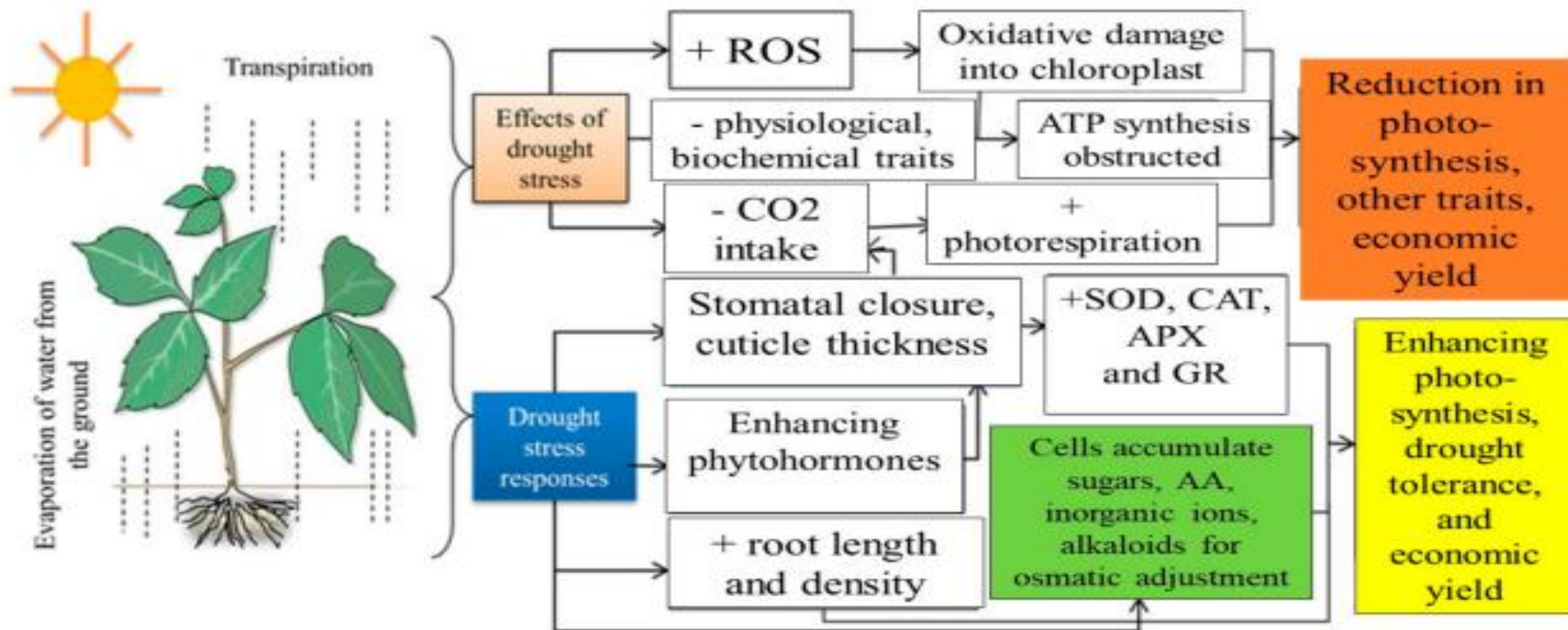
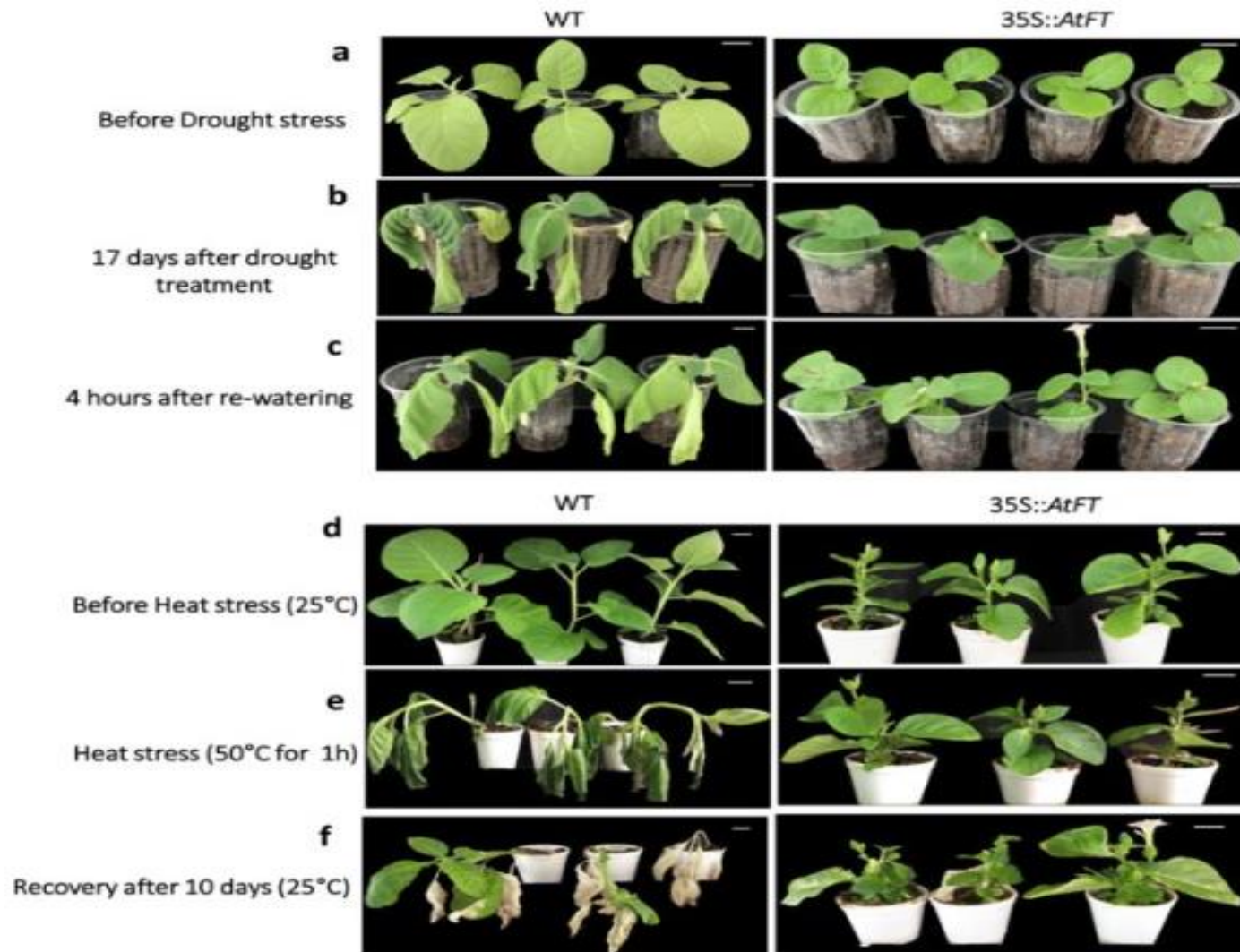


Figure 2. Adverse effects and adaptations of plants to drought stress, modified from Ullah et al. [63]—means reduce; + means increase.



Figure

Caption

Drought and heat tolerance assays with 35S::AtFT and WT tobacco plants. Phenotype of transgenic and WT tobacco a under normal greenhouse conditions, b on the 17th day without watering, and c recovery after 4 h of re-watering on the 17th day. Phenotype of transgenic and WT tobacco d before heat stress at 25 °C (greenhouse condition), e after 1 h ... [Read more](#)

Content available from [Plant Molecular Biology Reporter](#)

This content is subject to copyright. [Terms and conditions](#) apply.

TUZ STRESİ

Yağışlı bölgelerde tuzlar yıkanarak yer altı suyuna karışır ve sonra da akarsularla denizlere taşınır. Bu nedenle tuzlulaşma pratik olarak yağışlı bölgelerde oluşmaz. Toprakları deniz suyunun etkisinde kalmış nehir deltaları ve denize yakın alçak araziler bunların dışındadır. Kurak ve yarı kurak bölgeleride yağış azlığı nedeniyle tuzların yıkanması yok denecek kadar az olmaktadır. Evaporasyon nedeniyle su kaybının yüksek olduğu bu bölgelerde toprakta ve toprak yüzeyinde tuz birikimi meydana gelir.



No Salt

Salt 15

Salt 20

Camelina sativa DH55 grown in the absence or presence of salt (NaCl; 15 and 20 dSm⁻¹). Photographs show plants 28 days after sowing with salt being applied 20 days after sowing. Nature, 2018 Heydarian et al.

Tuzluluk dünya topraklarının önemli sorunlarından biridir.

Tarımsal ya da peyzaj sulama uygulamalarının yanlış yapılması, özellikle doğal drenaj koşullarının kötü olduğu kurak ve yarı kurak yerlerde tuzluluk sorununun ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

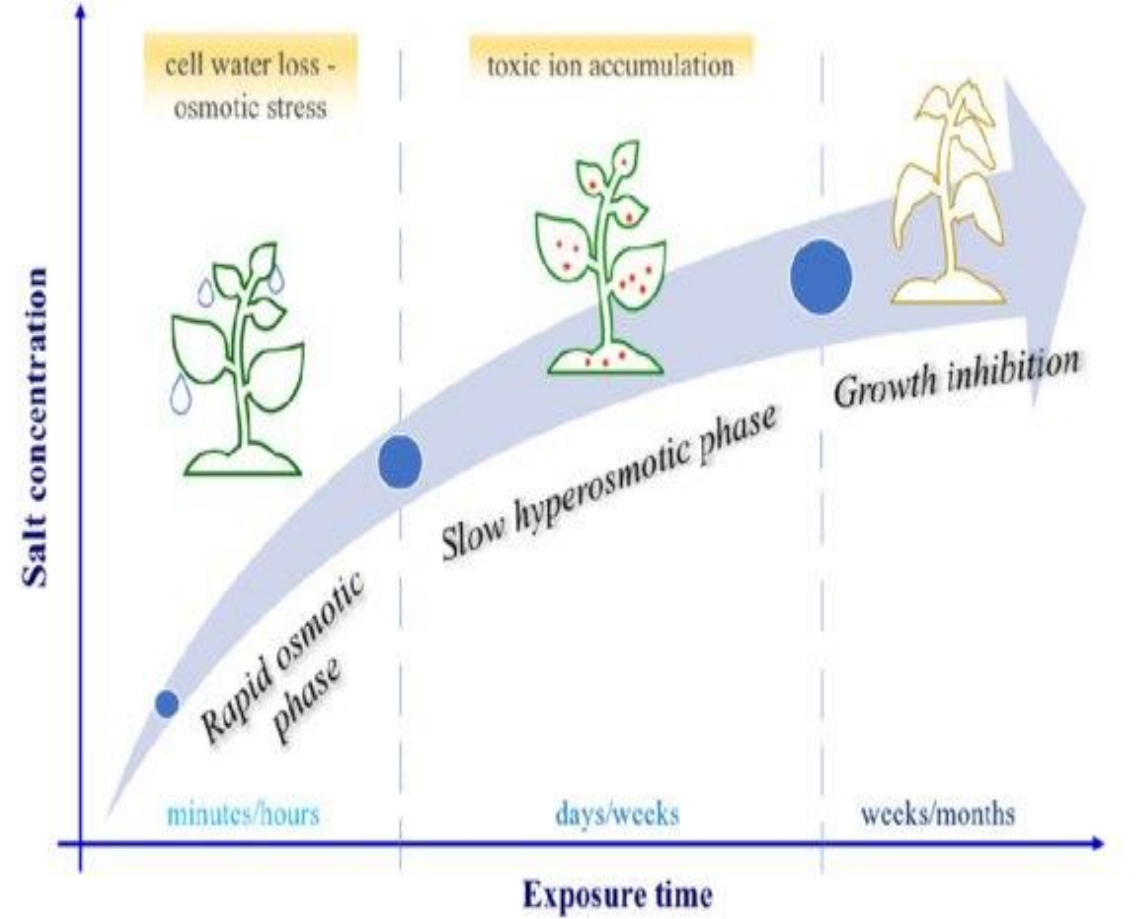
Sulamanın olduğu her yerde toprağa tuz iletimi de söz konusudur. Sulamada kullanılan yerüstü ve yer altı sularının tamamı da bünyelerinde erimiş olarak tuzları bulundururlar.

Topraktaki su buharlaşma ve bitki kullanımıyla tüketildiğinde geride bu tuzlar kalarak birikmektedir.

Toprakta biriken tuzlar, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini bozmakta ve bitki gelişimini de olumsuz yönde etkilemektedir. Yetiştirilen bitkinin veriminde görülecek azalmalar, toprak çözeltisinin konsantrasyonuna bağlı olduğu kadar, bitkinin tuza dayanımı ile de ilgilidir (Ekmekçi vd. 2005)

Tuzluluk toprak ortamında **bitkinin** suyu kolaylıkla almasını engelleyen durumlardan birisidir. Kök bölgesi çözelti ortamında tuz konsantrasyonunun artması ile **bitkinin** bu suyu alabilmek için harcamak zorunda kaldığı enerji miktarı da artar ve sonuçta **tuzluluk** arttıkça **bitkinin** su kullanımı azalır.

Toprak çözeltilisinde çözünmüş madde miktarının ve tuzların artması ozmotik basıncın artmasına neden olur. Bu durum bitkilerin sudan yararlanmasını engeller. Tuz doğrudan toksik etki göstererek bitkilerde stres etkisi oluşturur. Belirtileri kloroz ve nekroz şeklinde gözlenmektedir. Tuzluluğa neden olan iyonlar çoğunlukla Na, Cl, SO_4 , ve HCO_3 tır. Na ve Ca diğer iyonların alınımını güçleştirir.



Bitkiler tuzluluk açısından iki gruba ayrılır.

Halofitler: Tuzluluğa dayanıklı

Glikofitler: Tuzluluğa dayanıklı olmayan mısır, soğan, limon, portakal, marul ve fasulye tuza oldukça yüksek oranda hassas bitkilerdir.

Pamuk, üzüm, buğday, ayçiçeği ve arpa orta dereceli Şeker pancarı ve hurma ise tuzluluğa karşı yüksek oranda direnç gösteren bitkilerdir.

Çizelge 2. Tarla Bitkilerinin Tuz Toleransı (FAO, 1976; Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992)

Bitki Çeşidi	Eşik Değer		Verimdeki Azalma (%)					
	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	10		25		50	
			EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)
Arpa	8.0	5.3	10.0	6.7	13.0	8.7	18.0	12.0
Fastülye	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4
Mısır	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9
Pirinç	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8
Pamuk	7.7	5.1	9.6	6.4	13.0	8.4	17.0	12.0
Sorgum	4.0	2.7	5.1	3.4	7.2	4.8	11.0	7.2
Şeker P.	7.0	4.7	8.7	5.8	11.0	7.5	15.0	10.0

Çizelge 3. Sebzelerin Tuz Toleransı (FAO, 1976; Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992)

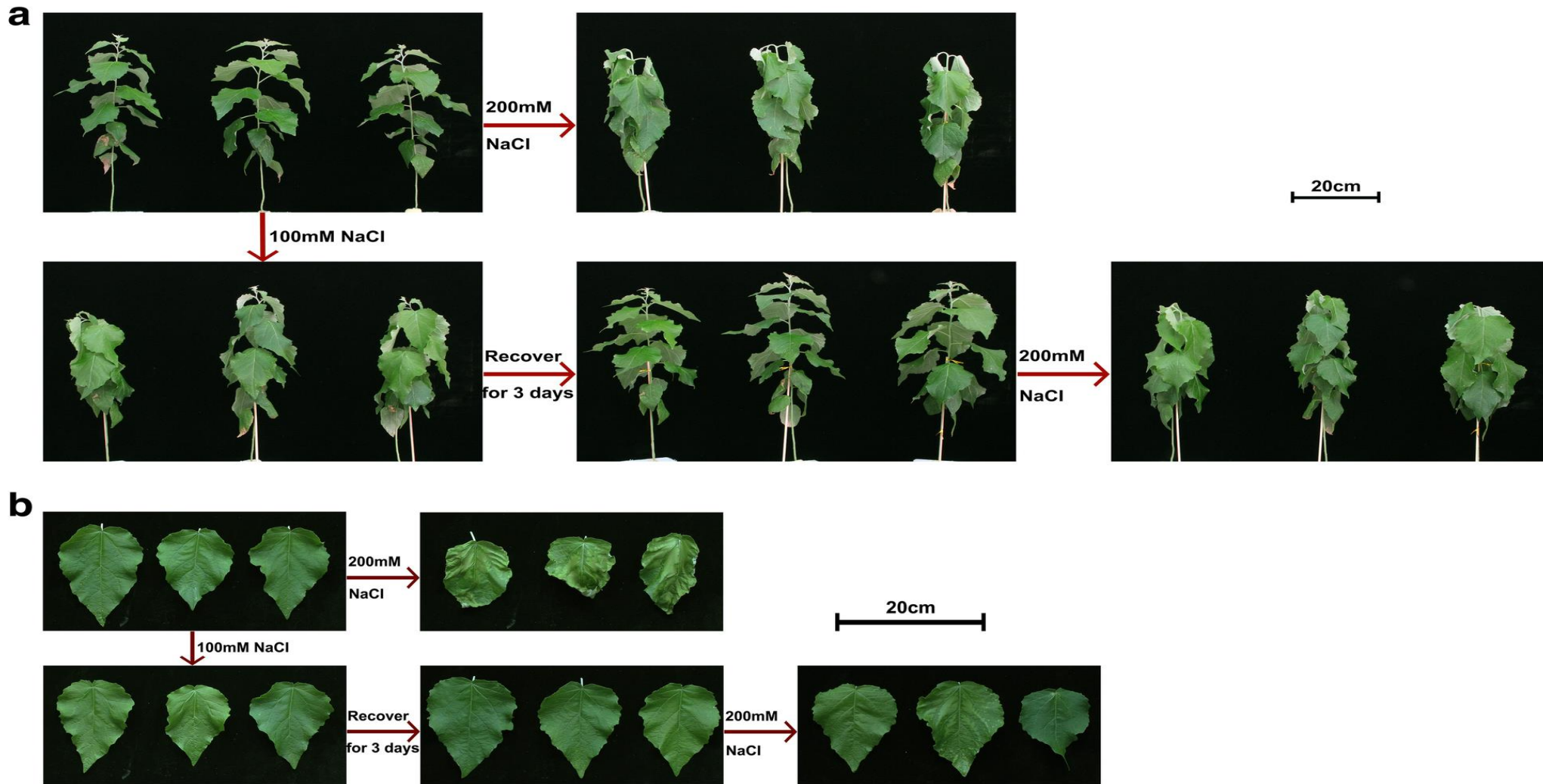
Bitki Çeşidi	Eşik Değer		Verimdeki Azalma (%)					
	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	10		25		50	
			EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)
Brokkoli	2.8	1.9	3.9	2.6	5.5	3.7	8.2	5.5
Pancar	4.0	2.7	5.1	3.4	6.8	4.5	9.6	6.4
Ispanak	2.0	1.3	3.3	2.2	5.3	3.5	8.6	5.7
Domates	2.5	1.7	3.5	2.3	5.0	3.4	7.6	5.0
Lahana	1.8	1.2	2.8	1.9	4.4	2.9	7.0	4.6
Soğan	1.2	0.8	1.8	1.2	2.8	1.8	4.3	2.9
Biber	1.5	1.0	2.2	1.5	3.3	2.2	5.1	3.4
Havuç	1.0	0.7	1.7	1.1	2.8	1.9	4.6	3.1
Marul	1.3	0.9	2.1	1.4	3.2	2.1	5.2	3.4

Çizelge 4. Yumuşak ve Sert Kabuklu Meyvelerin Tuz Toleransı (FAO, 1976; Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992)

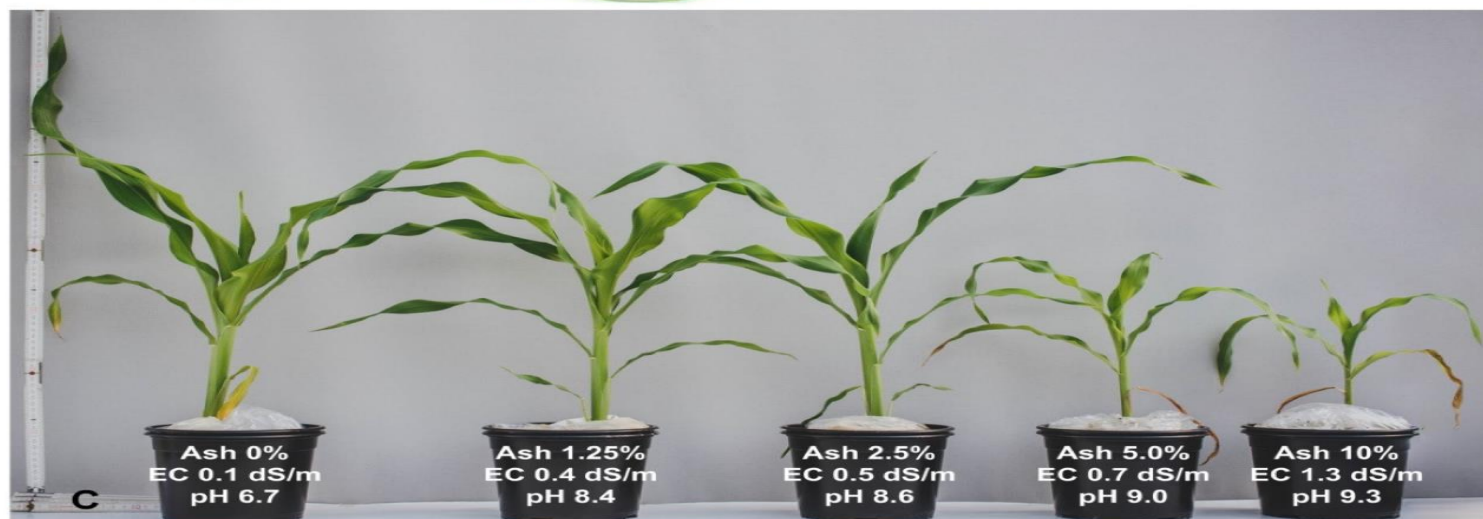
Bitki Çeşidi	Eşik Değer		Verimdeki Azalma (%)					
	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	10		25		50	
			EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)
Elma	1.7	1.0	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	3.2
Badem	1.5	1.0	2.0	1.4	2.8	1.9	4.1	2.7
Kaysı	1.6	1.1	2.0	1.3	2.6	1.8	3.7	2.5
Boğurtlen	1.5	1.0	2.0	1.3	2.6	1.8	3.8	2.5
Nektarin	1.6		2.0		2.6		3.7	
Şeftali	1.7	1.1	2.2	1.4	2.9	1.9	4.1	2.7

Çizelge 5. Çiçeklerin Tuz Toleransı (FAO, 1976; Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992)

Hassas	Orta hassas	Dayanıklı
EC _e < 2.0 dS/m	EC _e = 2.0-3.0 dS/m	EC _e = 3.0-4.0 dS/m
Sardunya Zambak Gardenya	Karanfil Krizantem	Gül

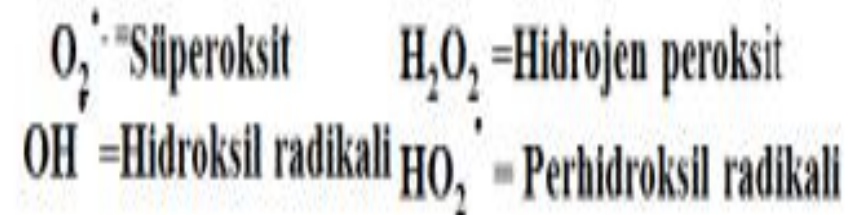
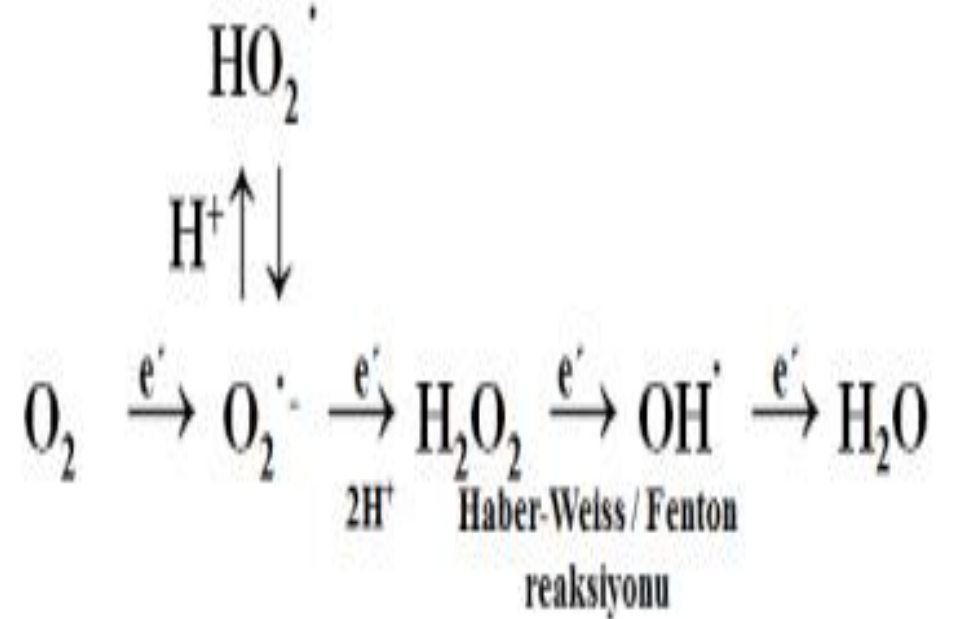


Plant phenotypic responses during repeated NaCl treatments in *Populus*. **a** Whole plants responses to salt stress. Photos were taken 1 h after each NaCl treatment. Scale bar, 20 cm. **b** Leaf phenotype during salt stress. Photos were taken 24 h after each NaCl treatment. Scale bar, 20 cm, Liu et al.2019, BMC Plant Biology.



OKSİDATİF STRES

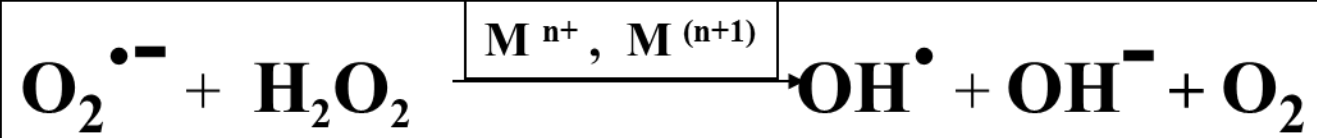
Bitkiler ve tüm aerobik canlılar için atmosferik oksijen (O_2) düzeyi oldukça önemlidir. O_2 normal koşullar altında bitki büyümesi ve gelişmesi için gerekli iken, konsantrasyonu gereğinden fazla arttığı zaman, ölüm ile sonuçlanabilecek hücresel hasarlar oluşmasına neden olabilir. Bunun nedeni, moleküler oksijenin hücrede sürekli indirgenerek çeşitli reaktif oksijen türlerini oluşturmasıdır. Hücresel metabolizmalarda ROS'ları sürekli üretilmektedir ve bitki hücreleri normal koşullar altında bu ROS'ların miktarını antioksidanlar ve çeşitli korunma sistemleri ile düşük düzeyde tutmaktadır. Ancak, çevresel stres faktörlerinin (tuzluluk, kuraklık, yüksek veya düşük sıcaklık, UV, ozon gibi) etkisi altında antioksidan sistemlerin aktiviteleri azalır ve bu koşullar ROS'ların sentezlenmesini tetikleyerek birikimine neden olur (Çulha ve Çakırlar 2011).



Bitkilerin kurak koşullara maruz kaldıklarında göstermiş oldukları en önemli mekanizmalarından biri aktif oksijen türlerini aşırı üretmeleridir.(Öktem)

- Superoksit $O_2^{\bullet -}$
- Hidrojen Peroksit H_2O_2

Haber-Weiss reaction (metal (M) ion dependent)



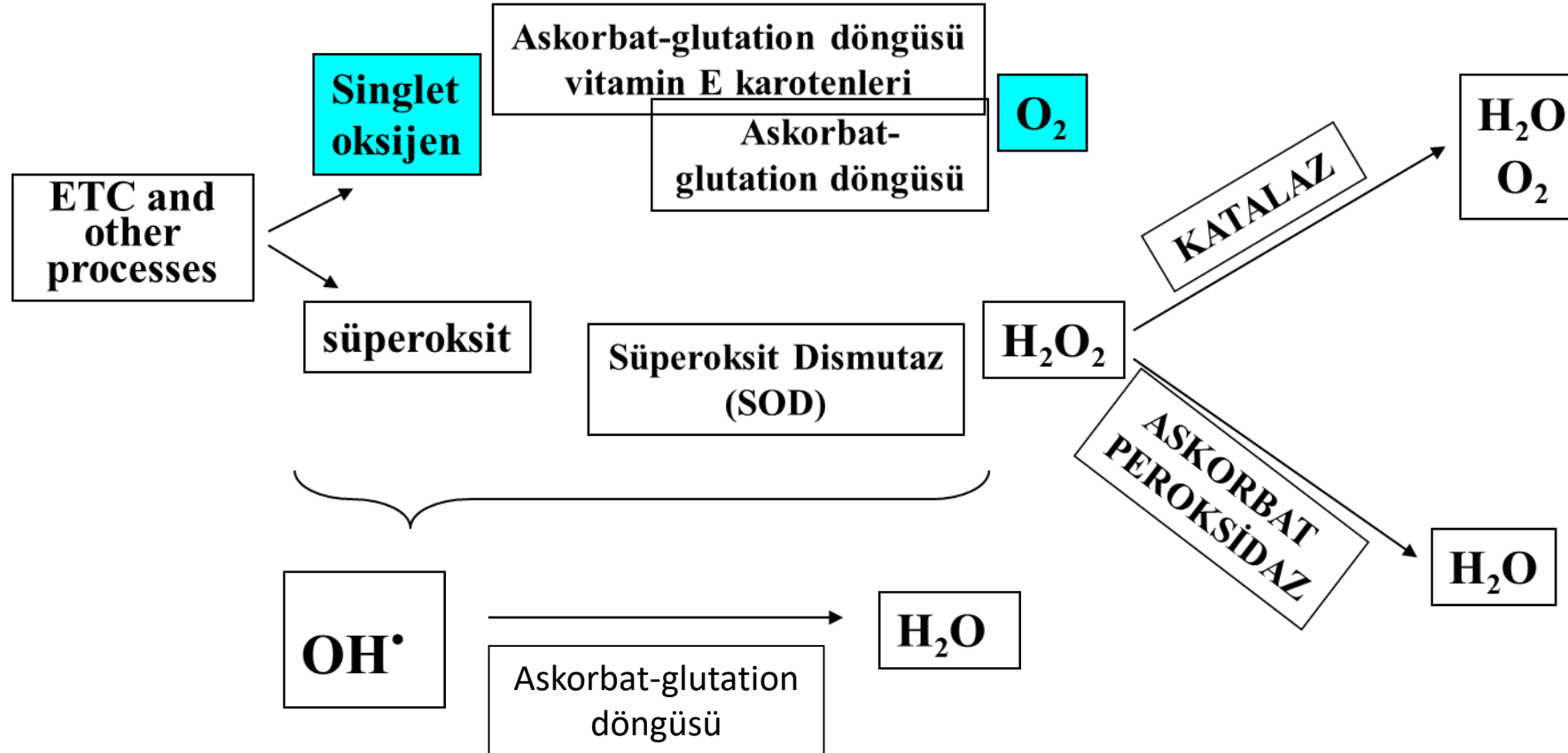
- Hidroksil Radikalleri $OH^{\bullet}$

ROS belli redoks tepkimeleri sırasında oluşabildiği gibi oksijenin tamamlanmamış indirgenmesi sırasında, mitokondride suyun yükseltgenmesinde veya kloroplastlarda elektron aktarımı anında oluşabilmektedir.

ROS türleri:

- Singlet oksijen ($^1\text{O}_2$)
- Hidrojen peroksit (H_2O_2)
- Süperoksit anyon ($\text{O}_2^{\bullet-}$)
- Hidroksil radikali ($\text{HO}^{\bullet}$)
- Perhidroksil radikali ($\text{O}_2\text{H}^{\bullet}$)
- Ozon (O_3)
- Moleküler oksijen (O_2)

Buna karşın diğer bir mekanizma ; kurak koşul altında meydana gelen reaktif oksijen türlerinin zararsız hale dönüştürülmesinde görevli enzim mekanizmalarının aktive olmasıdır.



Oksidatif stres, bitki hücrelerinde zararlanmaya ya da ölümlere yol açan **Reaktif Oksijen Türlerinin (ROS)** oluşması ile ortaya çıkar. Hem abiyotik (kuraklık, soğuk, sıcak, ağır metal, hava kirliliği, ozon, UV radyasyon, ayrıca oksidant oluşturan herbisitlerin kullanımı) koşullarda, hem de biyotik etmenlerde (patojen enfeksiyonu), oksidatif stres oluşumunda etkin rol oynar.

Oksidatif stres yaratan nedenlerin başında ozon konsantrasyonunun yüksek olması gelir. Yeryüzünü UV ışınlarının zararlı etkilerinden korumasına karşın yüksek reaktif oksidant içermesi nedeniyle canlıları zarar verir. Bitkilerde fotosentezi olumsuz etkiler ve yaprağa zarar verir, toprak altı ve üstü organların büyümelerini önler, senesensi hızlandırır ve ürünün niteliği ve niceliği üzerine olumsuz etki yapar.

Singlet Oksijen UV radyasyonu ve yoğun ışık sonucu fotoinhibisyonun artması ve kloroplastlarda fotosistem II'de e- aktarım tepkimeleri sonucu oluşur.

Süperoksit Anyon mitokondride e- aktarım tepkimeleri, kloroplastlarda mehler tepkimesi, glioksisomal fotorespirasyon, peroksisom aktivitesi, plazma membranı, paraquat oksidasyonu, azot fiksasyonu, patojenlere karşı korunma, apoplastik yörelerde O_3 ve OH^- 'in tepkimesi sonucu oluşur.

Hidrojen Peroksit, fotorepirasyon, β -oksidasyonu, patojenlere karşı korunma, protonlar tarafından O_2^{*-} 'nin parçalanması sonucu oluşur.

Hidroksil Radikal, apoplastik yörede protonların bulunduğu yerde O_3 'ün parçalanması ve patojenlere karşı korunma sırasında oluşur.

Perhidroksil Radikalleri, apoplastik yörede O_3 ve OH^- tepkimesiyle oluşan radikallardir.

Bu reaktif oksijen türleri ve özellikle de hidroksil radikaller lipitlere, nükleik asitlere ve proteinlere büyük zarar verirler. Bu nedenle bitkiler hücrelerinde sahip oldukları antioksidant koruma sistemleri ile karşı koymaya çalışırlar.

Antioksidant koruma sistemi oksidant olan ya da olmayan enzimlerden meydana gelir.

Bitkilerdeki temel antioksidantlar şöyle sıralanabilir:

- Askorbat (vitamin C)
- İndirgenmiş glutation (GSH)
- α - tokoferol (vit E)
- Karotenoidler

Benzer görevler poliaminler ve flavonoidler tarafından da gerçekleştirilir.

Oksidatif stresteki bitkiler antioksidant metabolitlerin sentezini hızlandırmaları yanında anyonik peroksidaz, askorbat peroksidaz, katalaz, glutathione, glutathione redüktaz, poliaminler ve süperoksit dismutaz gibi antioksidant enzimlerin aktivitelerini de arttırırlar. Bitkiler bu yolla reaktif oksijen türlerinin zararlarına karşı dayanıklılık kazanırlar.

Bitkilerde oksidatif strese karşı antioksidantların ve antioksidant enzimlerin miktarlarının ve aktivitelerinin artmasına neden olan stres koşulları şu şekilde sınıflandırılabilir:

Antioksidantlar ve antioksidant enzimleri	Stres koşulları
Aniyonik peroksidaz	Soğuk, CO ₂ fazlalığı
Askorbat peroksidaz	Kuraklık, CO ₂ fazlalığı, yüksek ışık intensitesi, ozon, paraquat
Katalaz	Soğuk
Glutation	Soğuk, kuraklık, sıcak, CO ₂ fazlalığı, ozon, SO ₂
Glutation redüktaz	Soğuk, kuraklık, CO ₂ fazlalığı, ozon, paraquat
Poliaminler	K, P, Ca, Mg, Fe, Mn, S, ve B noksanlıkları, kuraklık, sıcak, ozon
Süperoksit dismutaz	Soğuk, CO ₂ fazlalığı, yüksek ışık intensitesi, ozon, paraquat, SO ₂ , O ₂ fazlalığı

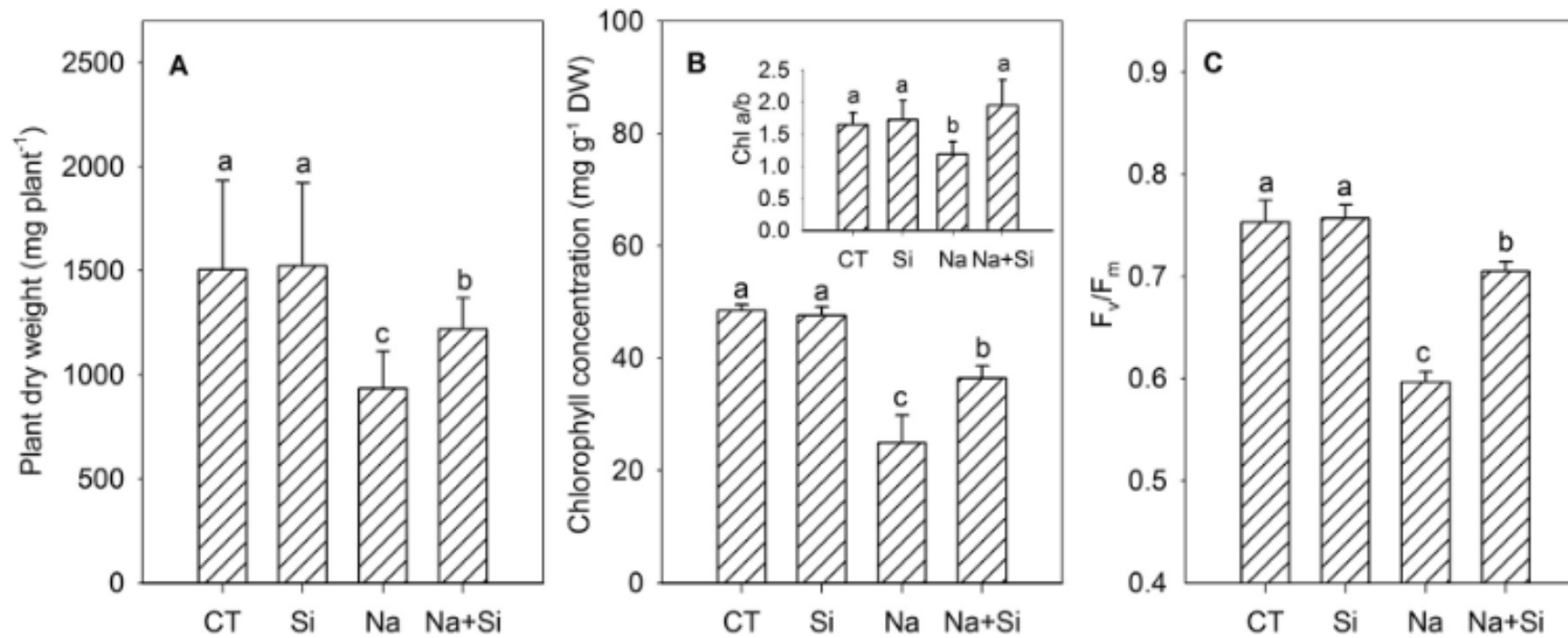


Fig. 1. Effect of silicon on the plant dry weight, leaf chlorophyll concentration and maximal quantum yield of the PSII photochemistry (F_v/F_m) of cucumber seedlings under salt stress. The dry weight (A) and leaf chlorophyll concentration (B) of cucumber seedlings were measured after 15 d of exposure to salt stress. F_v/F_m (C) was measured after 10 d of salt stress. CT, control; Si, 0.3 mM silicon; Na, 75 mM NaCl treatment; Na + Si, NaCl treatment plus silicon (75 mM NaCl + 0.3 mM Si). Values are means + SD of eleven, three and five replicates for the dry weight, chlorophyll concentration and F_v/F_m , respectively. Different letters above the bars indicate a significant difference at $P < 0.05$. Chl, chlorophyll.

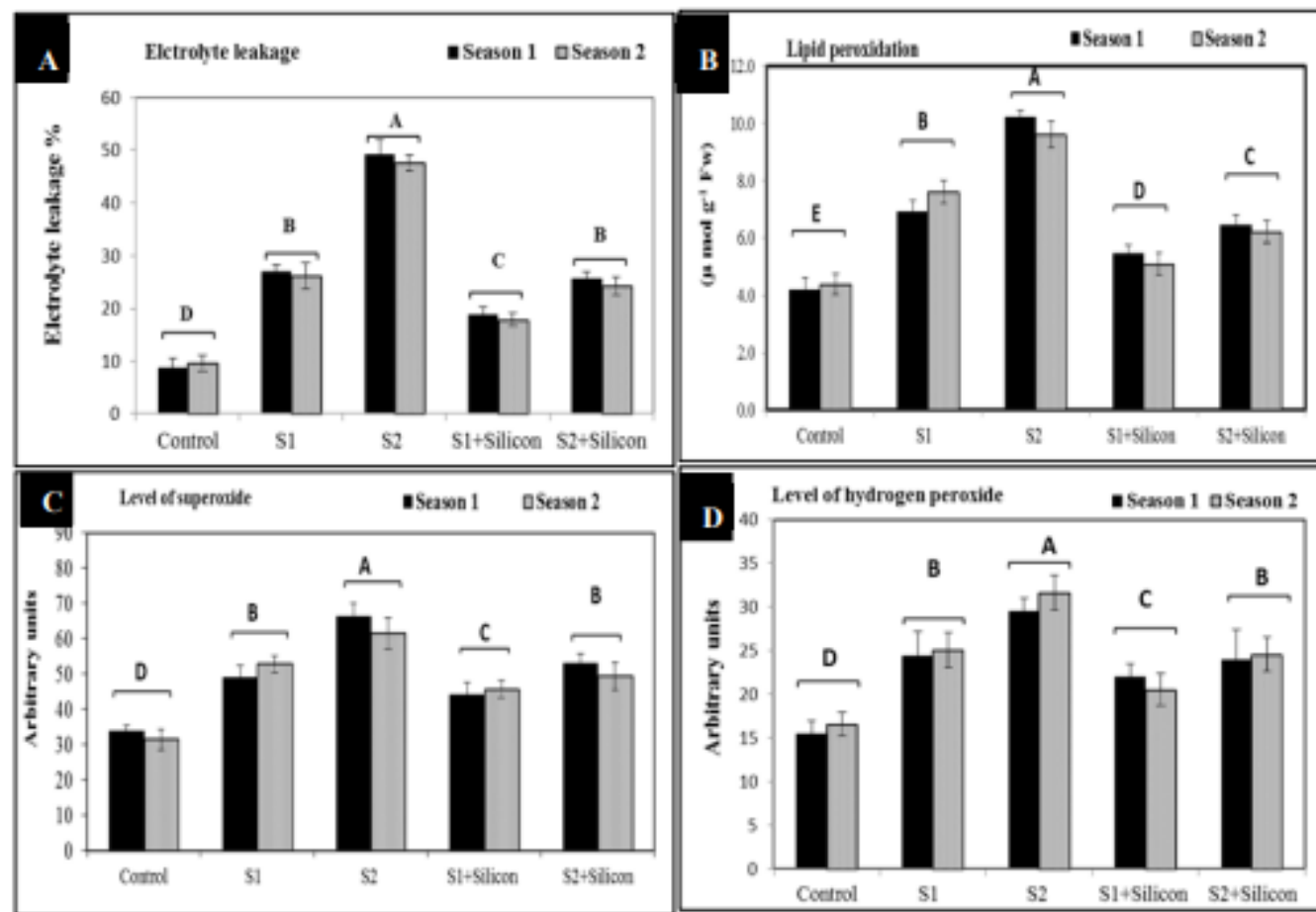


Figure 2. Effects of silicon on electrolyte leakage (EL %) (A), lipid peroxidation (MDA) (B), levels of superoxide (C) and hydrogen peroxide (D) in salt-stressed sweet pepper plants in the 2018 and 2019 seasons. S1: Salinity at 1500 ppm, S2: Salinity at 3000 ppm.

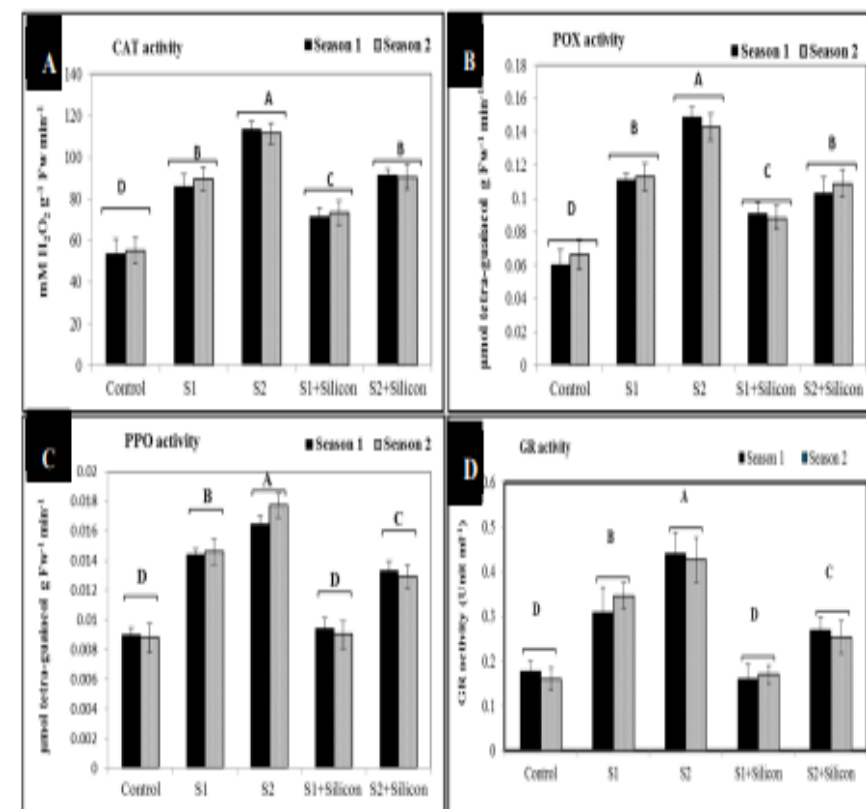


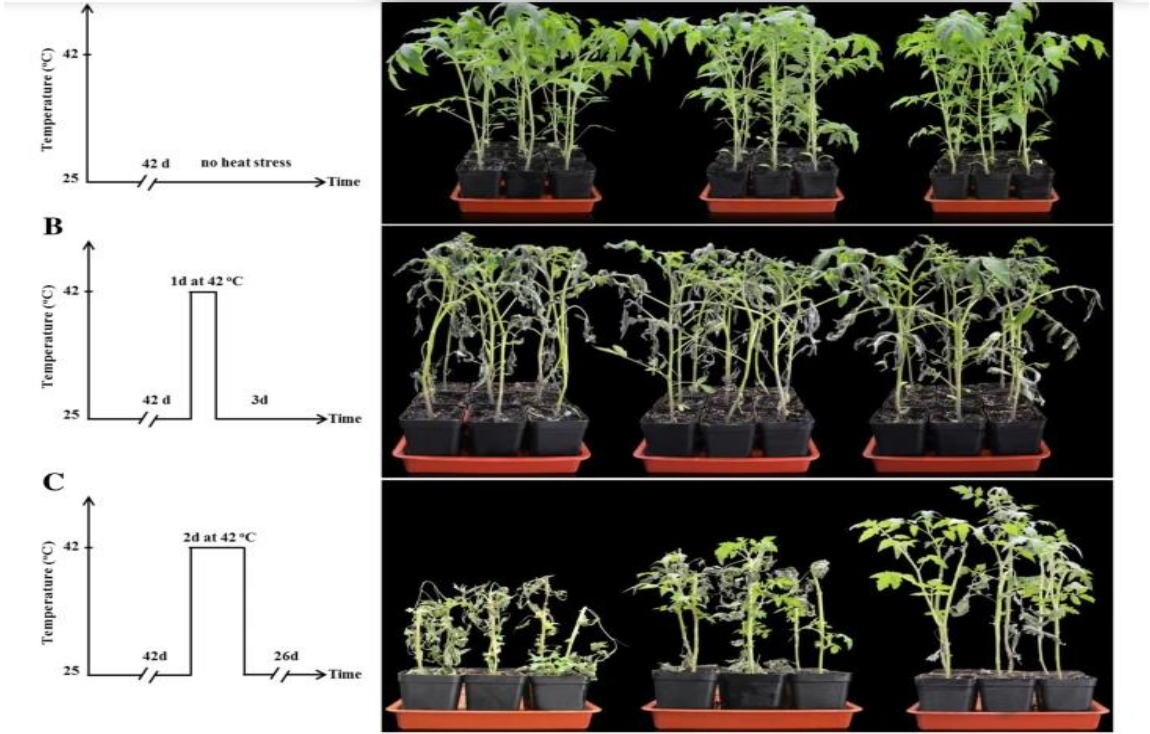
Figure 3. Activities of catalase (CAT) (A), peroxidase (POX) (B), polyphenol oxidase (PPO) (C) and glutathione reductase (GR) (D) as affected by silicon in salt-stressed sweet pepper plants in the 2018 and 2019 seasons. S1: Salinity at 1500 ppm, S2: Salinity at 3000 ppm.

Sıcaklık stresi

Birçok bitki genelde 15-45°C'de gelişme gösterir. Bu sınırın alt ve üst sıcaklık derecelerinde bölgelere göre bitkilerin büyümeleri ve metabolizmaları ile ürünün nitelik ve niceliği ciddi şekilde etkilenir. Yüksek sıcaklık bitkilerde “sıcaklık ölümlerine” neden olur.

Yüksek sıcaklıkta bitkilerde özellikle gövdede nekrotik berelenmelere neden olur. Yapraklarda, meyvelerde, çam ağaçlarının yapraklarında sarı lekeler oluşur. Proteinlerin denatüre olmasına ve enzim aktivitelerinin azalmasına yol açar.

Sıcaklık değişimlerinin bitkilerde fotosentez miktarı üzerine önemli etki yaptığı saptanmıştır. Örneęin düşük sıcaklıklarda serin iklim bitkilerinde fotosentez miktarının sıcak iklim bitkilerindeki fotosentez miktarından yaklaşık 3 kat fazla olduğu buna karşın yüksek sıcaklıkta sıcak iklim bitkilerinde fotosentez miktarının serin iklim bitkilerine göre de yaklaşık 5 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

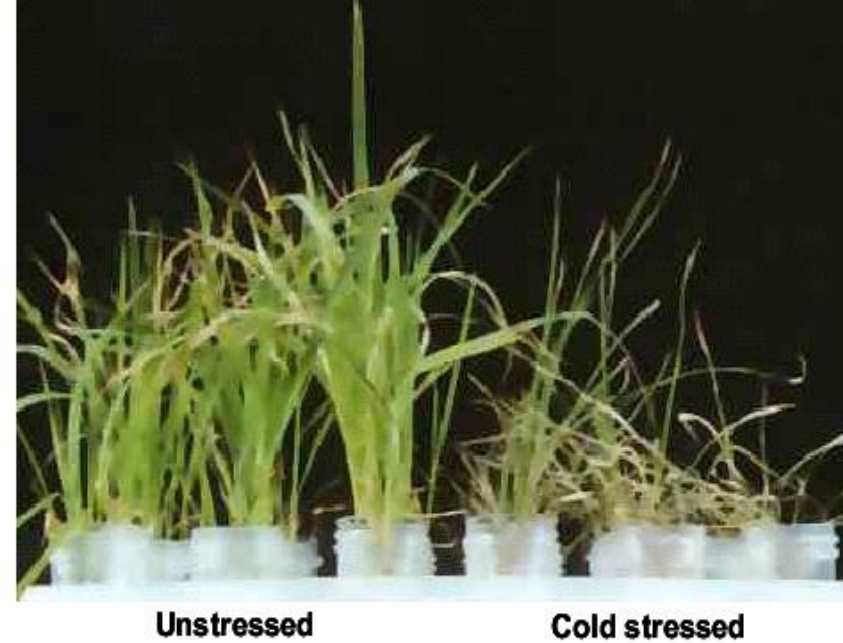


•[Wenqing Yu](#), [BMC Plant Biolog](#)

Soğuk stresi

Genelde 0-15°C arasında değişen sıcaklıklarda görülür. Soğuk stresinde bitkilerde zararlanma derecesi soğğun şiddetine, soğukta kalma süresine ve ortam sıcaklığının soğuktan sıcağa dönüşmesindeki süreye bağlıdır.

Duyarlı bitkilerin çoğunda soğuk stresinin ilk belirtisi toprakta yeterli su bulunmasına karşın bitki yapraklarında solgunluk görülmesidir.



•[Sudesh Kumar Yadav](#)
[Agronomy for Sustainable Development](#)

Bu solma olgusunun üç nedeni vardır:

- Düşük sıcaklıklarda kök hücre membranlarında geçirgenliğin azalması nedeniyle yeterli miktarda su alınamaması
- Suyun viskozitesinin artması
- Soğuk koşullarda stomaların açık kalması ya da çok az kapanmasıdır.

Bu nedenlerle bitkilerde su stresi oluşur. Özellikle kış aylarında kozalaklı bitkilerde köke yeterli su girişinin gerçekleşmemesi nedeniyle su stresi çok sık görülür. Ortam sıcaklığının azalmasına bağlı olarak su stresi de artar.

Soğğun dolaylı etkisi ile su stresi oluşmasının bir önemli yararı su noksanlığının “aklimasyon etkisi” sonucu bitkide soğğa dayanıklılığı arttırmasıdır.

fasulye bitkisinde biriken absisik asit miktarının önemli etki yaptığını rapor etmişlerdir. Kök sıcaklığı 10°C’a düşürülen fasulye bitkisinde ABA miktarının kök sıcaklığı düşürülmeyen bitkiye göre çok daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Düşük sıcaklıklarda hücre membranlarında lipidler katılaşır, bir başka deyişle kristalize olur. Bu olgu biyomembranlarda geçirgenliğin azalmasına ve membran enzimlerinin aktivitelerini kaybetmesine neden olur.

Yine duyarlı bitkilerde K^+ , amino asitler ve şekerler gibi kimi iyonlar ile fotosentez ürünlerinin plazma membranlarından dışarı sızmasına yol açar.

Tohumlarda çimlenme ve meyvelerin olgunlaşması önemli derecede azalırken hasat zamanı geriler.





0 gün (kontrol)	2 gün	4 gün	6 gün	8 gün
--------------------	-------	-------	-------	-------

Şekil 2: Aynı yaştaki (35 gün) domates genotiplerinde 0, 2, 4, 6 ve 8 günlük düşük sıcaklık (2/24°C, 8 saat gece/12 saat gündüz) uygulaması sonucu yeşil aksamda biyomas kaybı.

Ağır Metal Stresi

Bakır, kadmiyum, çinko, nikel, kobalt ve mangan konsantrasyonlarına bağlı olarak nitrat redüktaz enzim aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir.

Hava Kirleticileri Stresi

Kirleticilerin bitkiler üzerinde oluşturdukları gözle görülen ya da görülemeyen zararlarının derecesi biyotik ve abiyotik çeşitli etmenlere bağlıdır. Bunda bitkinin türü, büyüme durumu, yaşı ve bitkinin genel aktivitesi yanında içinde bulunulan iklim koşulları, kimyasal maddelerin cins ve miktarları ile kirleticinin etkinlik süresi önemli role sahiptir.

Ultraviyole (UV) Stresi

Bitkiler tarafından UV ışınlarının büyük bir bölümü epidermis hücrelerinin vakuollerinde, bir bölümü de dış duvarlarında absorbe edilir.

Bitki hücresine giren ve absorbe edilen UV ışınları yüksek enerjiye sahip olmaları nedeniyle önemli zarara yol açarlar. Uzun dalga boyuna sahip UV-A ışınları fotooksidatif etki yaparken UV-B ışınları fotooksidatif etki yanında özellikle biyomembranlarda fotolezyonlara neden olur. UV ışınları bitkilerde enzim aktivitesi üzerine önemli etki yapar. UV ışınları bitkide fotosentezin azalmasına, yapraklarda büyüme ve gelişmenin olumsuz şekilde etkilenmesine neden olur.