

## YÜKSEK SICAKLIĞIN BİTKİLERİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Semiha ÇEÇEN, Sadık ÇAKMAKÇI

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri  
Bölümü, Antalya-TÜRKİYE

**Özet:** Tarımda sıcaklık faktörü bitkisel üretimi sınırlayıcı rol oynamaktadır. Sıcaklık stresi içinde yer alan yüksek sıcaklık stresi, bitkide kök ve gövde gelişimine, su ve besin maddelerinin alınımına, organik bileşiklerin taşınmalarına, transpirasyona, fotosentez ve solunum olaylarına etkilidir.

Bu derlemede, belirtilen konulara açıklık getirmek amaçlanmıştır.

### The Effects of the High Temperature on the Plant Developments

**Abstract:** Temperature plays an important role in the limitation of crop production. High temperature stress, one of the temperature stress, affects the root and stem development, water and food substances uptake, transportation of organic compound, transpiration, photosynthesis, and respiration process.

In this paper, it was purposed to explain these issues.

#### Giriş

Şiddetli çevre şartlarına bitkilerin dayanıklılığı biyoloji biliminin başlangıcından uzun zaman önce insanların dikkatini çekmiştir. Çiftçiler zor çevre şartlarında canlı kalabilen bitkilere dayanıklı, kalamayanlara ise hassas demişlerdir (1). Exstrem çevreler nedeniyle oluşan stresin en başta tarımsal üretimi kısıtladığı bilinmektedir. Bilim adamları bu konuda kantitatif terminolojiye ihtiyaç duymuşlar ve bu nedenle son yıllarda bir çok çalışma

yapılmıştır. Yaşayan organizmalarda elverişli olmayan faktörler stres yaratır. Pratik olarak % 100 stressiz bir ortam yaratmak mümkün olmadığından, bunun minimuma indirilmesi ıslahçıların ve agronomistlerin temel amaçlarından biri olmuştur.

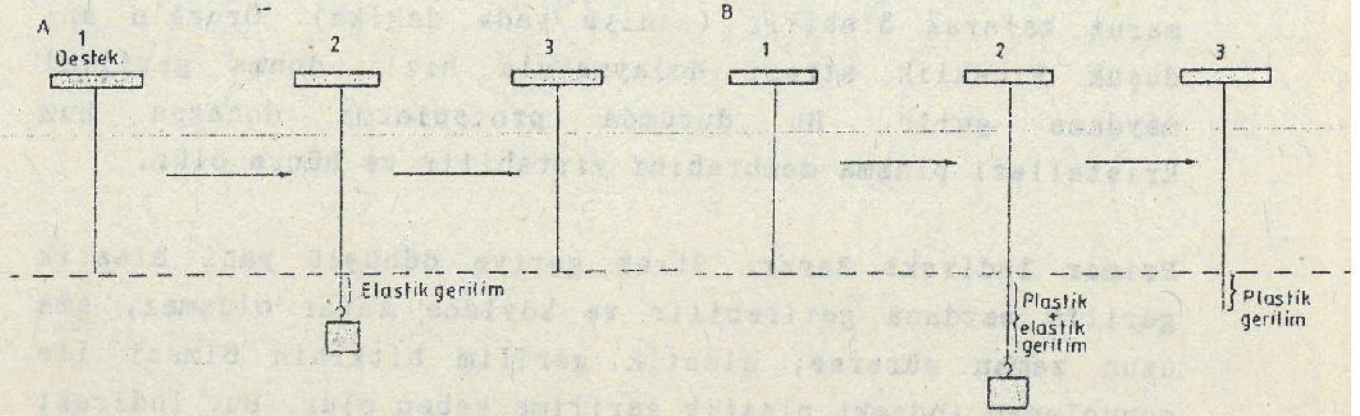
### **Çevresel Stresin Çeşitleri**

Stres yapan etmenler Levitt (1) tarafından aşağıda olduğu gibi özetlenmiştir;

1. Biyotik (Diğer organizmalarla rekabet yada bulaşma)
2. Fizikokimyasal
  - A. Sıcaklık
    - a. Düşük (Üşüme, Donma)
    - b. Yüksek
  - B. Su (Kuraklık, Göllenme)
  - C. Radyasyon
  - D. Kimyasal (İyonlar, gazlar, herbisitler, insektisitler)
  - E. Rüzgar, gürültü, basınç, manyetik, elektrik

Bitkisel üretimde varyasyonun % 60-80'nini belirtilen faktörler meydana getirmektedir. Özellikle varyasyon üzerine suyun ve sıcaklığın etkisi en fazladır. Sıcaklık, bitkisel üretimi sınırlayan en önemli iklim faktörüdür. Gerek düşük gerekse yüksek sıcaklıklar hem verimliliği azaltmakta, hem de bitkilerin adaptasyon alanlarını daraltmaktadır. Basit fiziksel sistemde gerilim iki şekildedir; Birincisi geriye dönüşlü fiziksel ve kimyasal değişmelere neden olur ki buna Elastik gerilim denir. Tarımsal açıdan bu tip gerilimin pek olumsuz etkisi yoktur. Çünkü stres ortadan kalktığında gerilimde kaybolur. Ancak stresin daha uzun süre devam etmesi veya şiddetin artması bu kez geriye dönüşsüz bir gerilim yaratır ki buna Plastik gerilim denir (Şekil 1). Tarımsal açıdan önemli olan plastik gerilimdir. Çünkü bu gerilimin en son etkisi ölümdür. O nedenle, strese

dayanıklılık dendiği zaman bitkiyi plastik gerilime sokmayan dayanıklılık ıslahçılar tarafından kabul edilir (1).

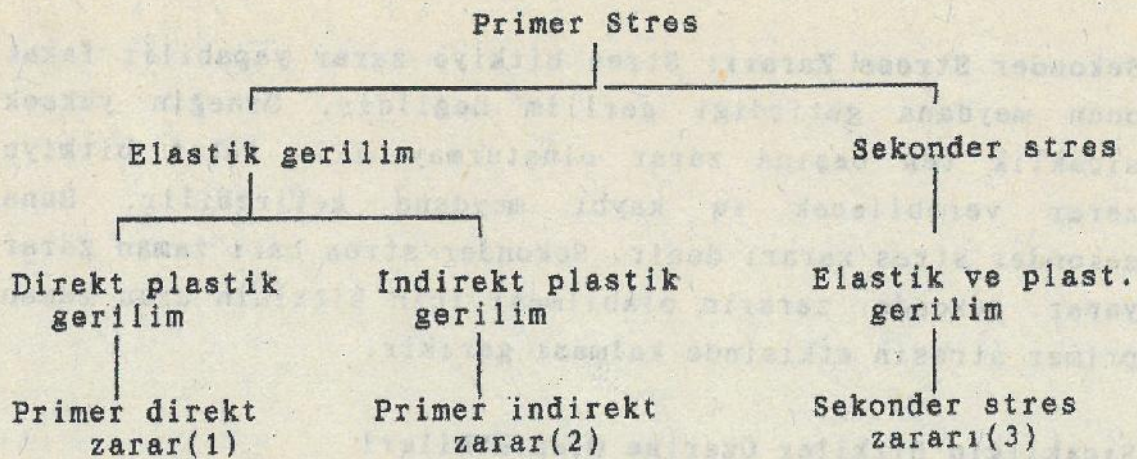


Şekil 1. Elastik (A) ve plastik (B) gerilim

### Stresin Doğal Zararı ve Dayanıklılık

Strese maruz kalan bitkinin, stresi tamamen elimine etmesi imkansızdır. Fakat bazı yaşayan organizmalar stres sonucu fazla zarar görmezken bazıları görürler.

Bir bitkide stres zararı farklı yollardan meydana gelir (Şekil 2);



Şekil 2. Stres Zararının Çeşitleri

**Primer Direkt Zarar:** Primer direkt zarar, zarar meydana getiren direkt plastik gerilime sebep olabilir. Buna direkt stres zararı denir ve hızlı meydana gelmesi ile tanımlanabilir. Bazı durumlarda, bitki strese çok kısa süre maruz kalarak ölebilir (saniye yada dakika). Örneğin ani düşük sıcaklık stresi dolayısıyla hızlı donma gerilimi meydana gelir. Bu durumda protoplazma donarsa buz kristalleri plasma membranını yırtabilir ve hücre ölür.

**Primer İndirekt Zarar:** Stres geriye dönüşlü yani elastik gerilim meydana getirebilir ve böylece zarar oluşmaz, ama uzun zaman sürerse, elastik gerilim bitkinin ölmesi ile sonuçlanan indirekt plastik gerilime sebep olur. Bu, indirekt stres zararı olarak adlandırılabilir. İndirekt zarar, zarar oluşmadan önce strese uzun zaman (saat yada gün) maruz kalınması ile tanımlanabilir. Örneğin üşüme stresi, bitki düşük sıcaklığa maruz kalırsa meydana gelir ancak daha düşük sıcaklıkta bitki donar. Bazı durumlarda ise ilkin elastik olabilir yani bitkide bütün kimyasal ve fiziksel olaylar yavaşlar ve bu durum bitkiye zararlı olmaz. Bazen de yavaşlama bütün olaylar için üniform olmayabilir ve hücrenin metabolizmasında karışıklıklar meydana gelebilir yada toksit maddeler üretilebilir.

**Sekonder Stress Zararı:** Stres bitkiye zarar yapabilir fakat onun meydana getirdiği gerilim değildir. Örneğin yüksek sıcaklık tek başına zarar oluşturmayabilir fakat bitkiye zarar verebilecek su kaybı meydana getirebilir. Buna sekonder stres zararı denir. Sekonder stres bazı zaman zarar yapar. Sekonder zararın olabilmesi için bitkinin uzun zaman primer stresin etkisinde kalması gerekir.

#### **Sıcaklığın Bitkiler Üzerine Olan Etkileri**

Yüksek sıcaklığın bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerine, düşük sıcaklığın olumsuz etkilerinden daha az

rastlanır. Bitkiler üzerinde yüksek sıcaklığın olumsuz etkileri çeşitli yollarla açıklanmaktadır (2).

### **Yüksek Sıcaklığın Kök Gelişimine Etkisi**

Alt toprağın sıcaklığı özellikle ilkbaharda erken kök gelişmesi üzerine etkilidir. İyi drene olan bir alt toprak su kapsamı yüksek olan toprağa göre daha çabuk ısınır. 1 gr suyun sıcaklığını 1 °C yükseltebilmek için istenilen ısı, topraklarda 1 gr mineral maddenin sıcaklığını 1 °C yükseltmek için istenilen ısıdan aşağı yukarı beş kez daha fazladır. İlkbaharda alt topraklar yüzey topraklara göre daha geç ısınır. Sonbaharda soğuma ise tamamen karşıt yönde gerçekleşir.

Kök gelişimi üzerine genellikle belli bir düzeye kadar toprak sıcaklığı olumlu etki yapmakta ve optimum düzey aşıldıktan sonra toprak sıcaklığının etkisi olumsuz yönde olmaktadır. Bitkilerde kök gelişmesi üzerine en uygun toprak sıcaklığı genellikle 15-20 °C arasında değişmektedir. Örneğin ayrıktta kök gelişmesi için en uygun toprak sıcaklığı 32 °C dir (3).

### **Yüksek Sıcaklığın Bitkilerin Su Alımı Üzerine Etkisi**

Toprak sıcaklığının belli bir sınırın üzerine çıkması ile bitkilerde su absorpsiyonunun azaldığı saptanmıştır (3).

### **Yüksek Sıcaklığın Bitki Besin Maddeleri Alınımı Üzerine Etkisi**

Belli bir düzeye degin sıcaklık artışı ile ilgili olarak mineral madde absorpsiyonu artmakta ve sonra hızla azalmaktadır. Genellikle iyon absorpsiyonu 40 °C'a kadar artmakta ve sıcaklığın daha fazla olması halinde hızla azalmaktadır (3).

Kök yöresinde sıcaklığın belli bir düzeyin üzerine çıkması sonucu iyon alınımının hızla azalması mineral madde alınımında rol oynayan enzimlerin işlevlerini yitirmeleri ile yakından ilgilidir. Yüksek sıcaklıkta solunum etkilendiği gibi, membranların geçirgenliklerinin azalması sonucu pasif iyon alınımı ve iyon birikimi de azalmaktadır.

Yüksek sıcaklıklarda bitki büyümesi için gerekli bazı ara maddeler sentezlenemediği gibi, bitki dokularında amonyak gibi bazı toksit maddeler oluşur. Hücreler ve zarlarda bozulmalar başlar. Protoplazmadaki proteinler, nükleik asitler parçalanır, protein yapıları bozulur. Lipitler sıvılaşır. Özellikle ani sıcaklık yükselmelerinde bu olaylar ile bitki kısa zamanda ölür (4).

#### **Yüksek Sıcaklığın Bitkilerde Organik Bileşiklerin Taşınmaları Üzerine Etkileri**

Sıcaklık , bitkilerde organik bileşiklerin taşınmaları üzerine önemli etki yapan fotosentez, solunum, auksin sentezi vb. işlevleri etkilemektedir.

Yapılan çalışmalarda karbonhidratların taşınması belli düzeye kadar hızla artmış belli bir sıcaklıktan sonra da hızla azalmıştır.

Kök sıcaklığı, hava sıcaklığından yüksek olduğu zaman şekerlerin köke taşınması artarken, tepeye taşınması azalmıştır (3).

#### **Yüksek Sıcaklığın Bitki Transpirasyonu Üzerine Etkisi**

Bitkilerde su oranı arttıkça sıcağa dayanıklılık azalır. Diğer bir ifade ile protoplazma ve dokulardaki organik ve inorganik madde oranının yüksek olması sıcağa dayanıklılığı artırmaktadır. Bu nedenle bitkiler aşırı sıcaklıklara dayanabilmek için fazla suyu atarak yoğunluklarını artırırılar (4).

Diğer tüm etmenler aynı kalmak ve belli fizyolojik sınırlar içerisinde tutulmak koşulu ile sıcaklık arttıkça sürekli olarak buhar şeklinde yitirilen su miktarı artar. Bu durum sıcaklığın, gözeneklerin açılıp kapanmaları ve buhar basıncı gradienti üzerine etkisiyle ortaya çıkmaktadır. Bildiğimiz gibi sıcaklık 0 °C'a yaklaşırken gözenekler kapanır ve 30 °C'a doğru tamamen açılır. Sıcaklık artışı bitkide hücreler arası boşluklardaki hava ile çevre atmosferi arasındaki buhar basıncı gradientinin artmasına neden olmaktadır. Atmosfer sıcaklığının artması havanın su alma gücünde arttıracığından yapraklardan buhar şeklinde su yitirilmesi de fazla olur (3).

#### **Yüksek Sıcaklığın Fotosentez Üzerine Etkisi**

Ortam ısısının fotosentez olayı üzerine etkisi daha fazla kimyasal yöndedir. Isı bilindiği gibi çeşitli yönlerden biyokimyasal reaksiyonlar üzerine etkili olur. Düşük ışık seviyelerinde sıcaklığın artması ile fotosentez hızı hemen hemen hiç değişmez. Yüksek ışık şiddetinde ise sıcaklığın artması ile fotosentez hızının da bir seviyeye kadar arttığı, sıcaklığın daha da yükselmesi halinde fotosentez hızının düştüğü belirtilir. Bu durum fotosentez olayında ısı ile ışık şiddetinin önemli derecede bağımlılığını göstermektedir (5). Bu nedenle sıcaklığın fotosentez üzerine etkilerinin araştırılması güç olmaktadır. Bitkilerde fotosentez çok geniş sınırlar içerisinde meydana gelmektedir. Örneğin ılıman iklim bölgelerinde yetişen bitkilerde fotosentez için en uygun sıcaklık 20-30 °C'dır. Bu sıcaklık bazı çöl bitkilerinde 55 °C'a kadar artış göstermektedir (6).

Genel olarak sıcaklık arttıkça bitkilerde fotosentez dogrusal bir şekilde artmakta, ancak bitki türüne ve zamana bağlı olarak, belli bir sıcaklıktan sonra fotosentez hızla azalmaktadır (3). Sıcaklığın biraz daha yükselmesi durumunda bitkiler önceden depoladıkları yedek besin maddelerini

kullanmaya başlarlar. Uzun süre yüksek sıcaklıkta kalan bitkilerde besin maddeleri tükenir ve bitki ölür (4).

### Yüksek Sıcaklığın Bitkilerin Solunumu Üzerine Etkisi

Sıcaklık, solunumda meydana gelen kimyasal reaksiyonlar üzerine etkili olarak solunum miktarının değişmesine sebep olmaktadır (6). Solunum için optimum sıcaklık, bitkiler için ve tüm bitki dokuları için aynı değildir (3). Çeşitli bitkiler üzerinde yapılan çalışmalar sonucu genellikle 30-40 °C arası solunum aktivitesi optimum olmaktadır (6). Bu arada solunum üzerinde sıcaklığın etkisi araştırılırken sıcaklıkta kalma süresinde dikkatle göz önünde bulundurulmalıdır (3).

Yüksek sıcaklıkta zaman geçtikçe solunumun azalmasının çeşitli nedenleri vardır. Bunlar ;

- 1.Solunumu sağlayan enzimlerin yüksek sıcaklıkta etkinliklerini yitirmeleri
- 2.Yüksek sıcaklıkta oksijenin yeterince hızlı girememesi
- 3.Hücrelerde CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun solunumu olumsuz yönde etkileyecek şekilde birikmesi
- 4.Hücrelerde hızlı solunumu karşılayacak kadar besin maddelerinin bulunmayışıdır (3).

Yüksek sıcaklıktan korunmak için bitkiler farklı morfolojik değişiklikler meydana getirmişlerdir. Bitkilerde en çok görülen morfolojik değişiklikler şu şekilde gruplandırılabilir;

1-Bazı bitkiler yüksek sıcaklıktan korunmak için organlarının etrafını yalıtkan görevi yapan tüy, pul, kabuk, mantar ve mum tabakaları ile kaplarlar. Bazı sukulent bitkiler de, su tabakası, içerdeki organlar için koruyucu tabaka rolünü üstlenirler.

2-Bir çok bitki de güneş ışınlarını olabildiğince yansıtarak yüzeylerinin aşırı ısınmalarını önlerler. Bu amaçla bitkiler



açık renkli yapraklar oluştururlar. Yapraklar güneş ışınları ile dar açı yapacak şekilde dizilerek yansıtmayı kolaylaştırırlar (4).

Bitkilerin büyük çoğunluğunda büyüme ve gelişme, 7-38 °C sıcaklıklar arasında yürütülür (2). Ancak bu genel sınırların dışına çıkan bir çok bitki cins, tür ve çeşitlerininde bulunduğu bir gerçektir. Örneğin, kuzey kutba yakın yerlerde yetişen bazı bitki çeşitleri, 0 °C ve daha altındaki sıcaklıklarda; tropik bölgelerde yetişen bazı bitki çeşitleri ise, 60-65 °C'ye ulaşan sıcaklıklarda hayatlarını sürdürebilmektedir (2). Bütün bunlardan da anlaşılacağı gibi, bitkilerin adaptasyon sınırları oldukça geniş bir alana yayılmış bulunmaktadır.

Bitki familya, cins, tür ve çeşitlerinin sıcaklık istekleri, birbirinden oldukça büyük farklılıklar göstermektedir. Öyleki, aynı bitki çeşidinin çeşitli gelişme devrelerinde istemiş olduğu en az, en uygun ve en yüksek sıcaklık dereceleri dahi birbirinin aynı değildir. Genel olarak, bitkilerde en düşük büyüme sıcaklığı, en düşük çimlenme sıcaklığından birkaç derece daha yüksektir. Ancak, bitkiler en düşük büyüme sıcaklığında kalacak olursa, normal büyüme ve gelişmelerini yapamazlar. Çünkü bu sıcaklıklarda fotosentez olayı çok yavaş olmakta ve bunun büyük bir bölümü ise, solunumla harcananı karşılamada kullanılmaktadır (2).

Bitki çeşitlerinin kök gelişmelerinde istedikleri en uygun sıcaklık dereceleri ise, genellikle toprak üstü organlarının büyüme için istedikleri en uygun sıcaklık derecelerinden 5-6 °C kadar daha düşüktür (2).

### **Yüksek Sıcaklık Stresi**

Sıcak orjinli en önemli tarla bitkileri dahi 35 °C'in üzerindeki sıcaklıklara tolerans göstermez ve maksimum fotosentez oranı pek çok ılıman bitki için 20-30 °C arasındaki sıcaklıklarda meydana gelmektedir. Yüksek

sıcaklık stresinin kronik etkileri büyümeyi engeller ve verimi azaltır fakat bitkilere öldürücü zararı nadirdir (7).

Bitkiler, ekstrem olarak değişik çevrelerde yetiştirilmektedir. Bitkilerin yetiştirildiği çevreler, bir kaç biyoklimatik terim kullanarak değişik sıcaklıklar için aşağıdaki formül kullanılarak sınıflandırılabilir (8):

$$W (^\circ\text{C}) = \frac{8T + 14A}{8+A}$$

W: Yaz başından yaz sonuna kadar günlük ortalama sıcaklık

T: Yıllık ortalama sıcaklık

A: Yıllık sıcaklık değişim oranı (En soğuk ve en sıcak aylar ortalaması arasındaki farktır).

Buna göre;

1- Çok soğuk  $W = 7,6-8,6$

2- Sıcak  $W = 20,9-24,1$

3- Çok sıcak  $W > 24,1$  olarak sınıflandırılmaktadır.

Yüksek sıcaklık stresinin ana prensipte değerlendirilmesi zordur. Yine de sıcaklık stresine respons bakımından temelde organizmaları sınıflara ayırmak mümkündür.

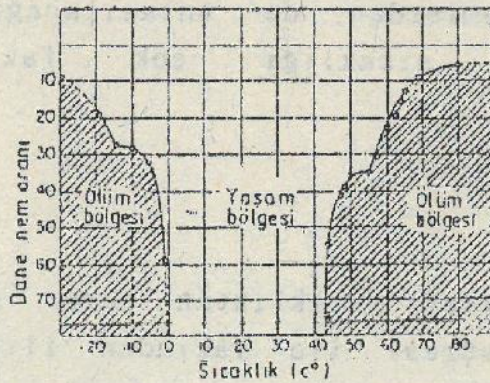
1. Psychrophiles (soğugu sevenler);  $0-20^\circ\text{C}$  içine alan sıcaklıklarda büyür ve gelişirler. Onlar için yüksek sıcaklık stresi  $15-20^\circ\text{C}$  üzerindeki sıcaklıklarda olabilir. Bu terim çoğunlukla mikroorganizmalar için kullanılmaktadır. Algler bu gruba dahildir, karda büyüyebilirler ve cryobiontlar yada cryosestonik algler olarak adlandırılırlar.

2. Mesophiles (orta sıcaklığı sevenler);  $10-30^\circ\text{C}$  sıcaklıkta büyür ve gelişirler. Bu sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklar onlar için sıcaklık stresi yaratabilir.

3. Thermophiles (sıcığı sevenler);  $30-100^\circ\text{C}$  arasındaki sıcaklıklarda büyür ve gelişirler. Sadece  $45^\circ\text{C}$  den daha yüksek sıcaklıklar onlar için sıcaklık stresi yaratır (1).

### Yaşamsal Yüksek Sıcaklığın Limiti

Genelde bütün organizmalar için yüksek sıcaklık stresinin bir limiti vardır. Bazı organizmalar için bu limit şaşılacak derecede yüksek olabilmektedir. Mavi-yeşil algler 93-98 °C yüksek sıcaklıklarda büyüebilmektedir. Bitkiler için bu durum kesin değildir. Bazı yüksek bitkiler 60-65 °C de çok kısa süre kalmak koşulu ile canlı kalabilirler. Yüksek sıcaklığın limiti genellikle organizmaların dinlenme durumunda iken daha yüksektir. Hücreler 25 °C'de 2-3 gün, 29 °C'de ise birkaç saatte ölürlür. Kuru tohumlar 120 °C sıcaklığa kadar dayanabilmekte buna karşın yüksek su içeriği olan dokular 50-60 °C sıcaklıklarda ölmektedirler. Bütün tohumlar yüksek sıcaklıkta canlı kalamazlar. Bazıları 50-60 °C'de ölebilirken bazıları birkaç saat kaynama esnasında şişmemek koşulu ile kaynamış suda kalabilirler. Hatta sert kabuklu tohumlar 120 °C'de otoklavda 1,5 saat için canlı kalabilmektedir. Örneğin yonca tohumları 120 °C'da 30 dakika, Çayır üçgülü tohumları ise 70 °C'de kısa süre kalabilmektedir. Sıcaklığa dayanıklılıkta nem içeriği de önemli bir faktördür. Mısır bitkisinde yapılan bir çalışmada tohumların sıcaklık-ölüm noktası ile nem içerikleri arasındaki ilişki açıkça Şekil 3'de gösterilmiştir (1);



Şekil 3. Mısır danesinin su içeriği ile ölüm sıcaklığı arasındaki ilişki (Sol: Tohumlar Sıfırın altındaki sıcaklığa 24 saat, Sağ: Yüksek sıcaklığa 2 saat maruz bırakıldı.)

Görüldüğü gibi tohumlar, sıcaklık 80 °C'in üzerinde, nemde %10'dan az ise yada nem içerikleri %75 sıcaklığı da 40 °C ise ölmüşlerdir. Bilindiği gibi kuru tohumlar daha fazla yüksek sıcaklığa dayanabilmektedir. Uyku halindeki dokularda da benzer ilişki bulunmaktadır.

### **Yüksek Sıcaklık Stresinin Oluşması ve Doğal Zararı**

Çalışmalar genelde suni yüksek sıcaklıklar yaratılarak yapılmaktadır. Acaba yaratılan bu sıcaklıklar doğal koşullarda da zarar yapabilecek kadar yüksekmiydi? Sadece hava sıcaklığını bilmek yeterli olmamaktadır. Biliyoruz ki bitkilerin sıcaklığı çevrenin sıcaklığından fazla olabilmektedir. Özellikle yüksek metabolik aktiviteye sahip organların sıcaklığı dış ortamdan 11 °C hatta 14 °C daha yüksek olabilmektedir (1).

Ayrıca doymuş havada bitki transpirasyonu engellenmektedir. İnce yapraklı bitkiler hava sıcaklığından daha düşük sıcaklığa sahip olabilmekte buna karşın kalın yapraklı bitkiler toplam radyasyonun emilmesi nedeni ile çevreden daha sıcak olabilmektedir. Su içeriği fazla olan yapraklar su içeriği az olanlara nazaran daha az sıcaklığa sahip, aynı yaprağın farklı parçaları yada farklı organlar farklı sıcaklığa sahip olabilmektedir (1).

Tüm bu gözlemlerden de anlaşılacağı gibi doğal koşullarda bitki sıcaklığı çok fazla faktörden etkilenmektedir.

### **Zaman Faktörü**

Bitkilerin yüksek sıcaklıktan zarar görme derecesi sıcaklıkta kalış süresi ile yakından ilişkilidir. Çoğu bitki, kısa süreler için yüksek sıcaklığa karşı dayanıklılık gösterir. Ancak uzun süreli sıcaklıklar bitkilere büyük zarar yapar (4).

Lepeschkin (1912)'e göre sıcaklıkta kalış süresi ile ölüm sıcaklığı arasındaki ilişki şu şekildedir (1);

$$T = a - b \log Z$$

T = Ölüm sıcaklığı, Z = Sıcaklıkta kalış süresi  
a ve b =sabit

### Sonuç

Yüksek sıcaklık stresi, özellikle dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde bir çok tahıl bitkisinde verimin azalmasının başlıca sebeplerindendir. Bu bitkilerde sıcaklığa toleransın fizyolojik ve genetik temeli hakkında sınırlı sayıda bilgiye sahibiz. Çeşitli ürün türleri için sıcaklığa toleransda genetik varyabilite belirlenmiş fakat sıcaklığa toleransı düzenleyen genler ve gözlenen genetik farklılıkların nedeni olan özel gen ürünlerinin yapısı henüz tanımlanmamıştır. Sonuçta, bitki ıslahçıları bitkilerde sıcaklığa tolerans ıslahında, direkt seleksiyon ve gen manipulasyonu için halen özel biyokimyasal yada genetik markörlere gereksinim duymaktadır (9).

Yüksek sıcaklık stresi altında tanımlanan spesifik proteinlerin bulunması, ve ısıya toleransta onların fonksiyonları merak uyandırmaktadır. Bugdayda yapılan bir çalışmada, bugdayın yaprak dokularında sıcaklığa tolerans ile özellikle düşük moleküler ağırlığa sahip HS (Heat shock) proteinleri arasında genetik korelasyon bulunmuştur. Ayrıca kendilenmiş mısır hatları ve bugday arasında HS proteinlerinin sentezinde genetik farklılıklar olduğu belirtilmiştir (9).

Bugday, çiçeklenme yada sapa kalkma döneminde yüksek sıcaklığa maruz kalırsa başak başına tane sayısı azalmaktadır. Tane sayısında azalma, yüksek sıcaklığın neden olduğu erkek ve dişi organlardaki kısırılıklardan kaynaklanmaktadır (7).

Ayrıca pamuk, domates ve çeltik bitkilerinde de yüksek sıcaklıklar erkek kısırılığına sebep olmaktadır. Bu zarar, polen ana hücrelerinde mayoza engel olma şeklinde olmaktadır (10).

Uzun koleoptilli buğdaylarda çıkış kısa koleoptillilere göre daha fazla olmaktadır. Bazı araştırmacılar 46 °C sıcaklıkta buğday koleoptilinin uzunluğunda bir azalmanın olduğunu bildirmektedir. Yüksek sıcaklığın büyümeyi engelleyici etkisi IAA (Indol-3 asetik asit) ya da giberallik asit uygulamaları ile engellenmektedir (7).

Tek yıllık ingiliz çiminde yapılan bir çalışmada ise yüksek sıcaklık (34 °C) ile kendine uyumsuzluk kırılmıştır (11).

Kısaca özetlersek;

1-Kurak ve yarı kurak ortamlarda bitkilerin yayılmasında en önemli faktör onların yüksek sıcaklığa dayanma yeteneğidir.

2- Sıcaklığa en hassas fotosentezdir.

3-Bitkiler doğal ortamlarındaki sıcaklık rejimlerine benzeyen sıcaklığa, fotosentetik uyum için potansiyel olarak çok büyük farklılıklar gösterir.

4-Yüksek ve düşük sıcaklıklarda üstün fotosentetik performans çoğunlukla, kloroplast seviyesinde fotosentetik mekanizmanın doğal özelliklerindeki değişimlere bağlanmaktadır.

a)Düşük sıcaklıkta fotosentez farklılıkları, RuP<sub>2</sub> carboxylase enzimi ve FruP<sub>2</sub> fosfat gibi belli orandaki sınırlayıcı unsurların kapasitesi ile yüksek ilişki göstermektedir.

b)Yüksek sıcaklıkta fotosentezin sınırlanması asıl olarak kloroplastların termal stabilitesi tarafından yapılmaktadır. Termal stabilitenin artması thylokoid membranların özelliklerindeki değişimleri kapsar. Termal

stabilitede artış, membranların özelliklerindeki değişmelerle birlikte belkide bu membranların dışarisında bulunan çözülebilir enzimlerdeki değişmelere bağlıdır (12).

#### Kaynaklar

1. Levitt, J., Responses of Plants to Environmental Stress, Volume 1, Chilling, Freezing and High Temperature Stress, New York -London, P: 3-19, 347-393, 1979.

2. Eser, D., Tarımsal Ekoloji, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 975, Ders Kitabı: 287 Ankara, P:84-89, 1986.

3. Kacar, B., Genel Bitki Fizyolojisi, Ankara Üni. Ziraat Fak. Yayınları: 881, Ders Kitabı: 246, Ankara, 1983.

4. Açıkgöz E., Tarımsal Ekoloji Ders Notları, Uludağ Üni. Ziraat Fak. No:8, Bursa, 1985.

5. Kovancı, İ., Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği Ders Notları Ege Üni. Ziraat Fak. No:107-III, Bornova-İzmir, P:150, 1988.

6. Katkat, V., Bitki Fizyolojisi Ders Notları, Uludağ Üni. Ziraat Fak. Bursa 1986.

7. Gusta, L.V., Chen, T.H.H., The Physiology of Water and Temperature Stress, Wheat and Wheat Improvement, Medison, Wisconsin, USA, pp:124, 1987.

8. Blum, A., Plant Breeding for Stress Environments, 223 P., International Standart Book Number 0-8493-6388-8, Printed in the United States, 1988.

9. Cherry, J.H., Environmental Stress in Plants, Chapter Five, Heat Stress, Genetic Diversity of Heat Shock Protein Synthesis in Cereal Plants, USA, pp: 319, 1987.
10. Mutters, R.G. and Hall, A.E., Reproductive Responses of Cowpea to High Temperature during Different Night Periods, Crop Science. Vol. 32, January-February, pp: 202, 1992.
11. Wilkins, P.W. and Thorogood, D., Breakdown of Self-Incompatibility in Perennial Ryegrass at High Temperature and Its Uses in Breeding, Euphytica, 64:65-69, 1992.
12. Turner, N.C., Kramer, P.J., Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress, Johnwiley and Sons, Enc., 1980.