



**T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI ÇİLEK (*Fragaria × ananassa*) ÇEŞİTLERİNİN  
YÜKSEK SICAKLIĞA TOLERANSLARI**

**Müge KESİCİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**BURSA-2009**



**T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI ÇİLEK (*Fragaria × ananassa*) ÇEŞİTLERİNİN  
YÜKSEK SICAKLIĞA TOLERANSLARI**

**Müge KESİCİ**

**Doç. Dr. Hatice GÜLEN  
(Danışman)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**BURSA-2009**


T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI ÇİLEK (*Fragaria x ananassa*) ÇEŞİTLERİNİN  
YÜKSEK SICAKLIĞA TOLERANSLARI

Müge KESİCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

Bu tez 20/01/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Doç. Dr. Hatice GÜLEN  
(Danışman)

  
Prof. Dr. Vedat ŞENİZ

  
Doç. Dr. Himmet TEZCAN

## ÖZET

Bazı çilek (*Fragaria × ananassa*) çeşitlerinin yüksek sıcaklığa toleranslarında genotipik farklılığın belirlenmesi amacıyla fizyolojik parametrelerden yararlanılan bu çalışmada, 11 çilek çeşidi [(Camarosa, CG<sub>3</sub> (Cal-Giant), Elsanta, Fern, Festival, Honeoye, Kabarla, Redlands Hope, Selva, Sweet Charlie, Whitney)] kullanılmıştır.

Denemeler iki temel prensipte yürütülmüştür. Kontrollü koşullarda uygulanan yüksek sıcaklığın bitkilerdeki fizyolojik etkilerini tespit etmek amacıyla frigo fideler, 5–6 gerçek yapraklı oluncaya kadar serada ortalama 15/30°C (gece/gündüz) sıcaklıkta, ~%65 nemde yetiştirilmiştir. Bitkiler yüksek sıcaklık stresi denemeleri için laboratuardaki iklimlendirme kabinine alınarak, kabin sıcaklığı kademeli olarak 35, 40, 45 ve 50°C'ye yükseltilmiş ve her bir sıcaklık derecesinde 24 saat tutulmuştur. Her bir sıcaklık kademesindeki bitkilerden alınan yaprak örneklerinde, yaprak oransal su kapsamı (YOSK), turgor kaybı (TK), klorofil miktarı (KM) ve lipid peroksidasyonu (MDA) ölçümleri yapılmıştır. YOSK sonuçlarına göre, Elsanta ve R.Hope en yüksek YOSK'na sahip iken Festival ve CG<sub>3</sub> en düşük değere sahip olmuştur. Buna karşılık TK'nda, Elsanta ve R.Hope en düşük TK'na sahip iken Festival ve CG<sub>3</sub> en yüksek TK'na sahip çeşitler olmuştur. KM'nda ise Elsanta ve R.Hope en düşük değişim oranını gösterirken buna karşılık CG<sub>3</sub> ve Whitney çeşitleri en yüksek değişimi göstermişlerdir. Bunun yanında, MDA sonuçlarına göre, en düşük MDA miktarına Elsanta ve Fern çeşitleri sahip iken, Festival ve Honeoye çeşitleri en yüksek MDA miktarına sahip olmuşlardır.

Çilek çeşitlerinin yüksek sıcaklık toleranslarını belirlemek için, serada yetiştirilen bitkilerden alınan yaprak örnekleri, kontrollü olarak yüksek sıcaklık uygulamasının yapıldığı sıcak su banyosunda 60°C'ye kadar kademeli olarak tutulmuş ve iyon sızıntısı testi sonucuna göre her bir çeşide ait yüksek sıcaklık tolerans dereceleri belirlenmiştir. Buna göre sıcaklığın artmasıyla birlikte hücrel zararlanmaya bağlı olarak çeşitlerin yüksek sıcaklığa toleranslarında düşüş olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çeşitlerin sıcaklık stres tolerans noktaları 51,8 ve 52,9°C arasında değiştiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, değerlendirilen 11 çilek çeşidi arasında Elsanta, Redlands Hope ve Camarosa çeşitlerinin yüksek sıcaklığa göreceli olarak tolerant oldukları, Whitney, Fern, Festival ve CG<sub>3</sub> çeşitlerinin ise nispeten daha hassas çeşitler olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmadan elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde yüksek sıcaklığa toleransta çilek çeşitleri arasındaki genotipik farklılıklar ortaya konularak bundan sonra çilekte yüksek sıcaklığa tolerans mekanizmasına yönelik yapılacak moleküler biyolojik çalışmalar için zemin oluşturmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Çilek, yüksek sıcaklık, stres toleransı.

**ABSTRACT****High Temperature Tolerance of Some Strawberry (*Fragaria × ananassa*) Cultivars**

Physiological parameters were used to investigate the effect of genotypic variation on the tolerance to high temperature in 11 strawberry cultivars, [Camarosa CG<sub>3</sub> (Cal-Giant), Elsanta, Fern, Festival, Honeoye, Kabarla, Redlands Hope, Selva, Sweet Charlie and Whitney].

The experiment had two principles. First the seedlings were grown until 5-6 leaves stages under controlled conditions at 30/15°C (day/night) temperature with RH ~%65 then transferred to climate chamber to expose to the high temperature to determine the effects of high temperature stress. The temperature was increased stepwise to 35, 40, 45 and 50°C for 24 hours. Leaf relative water content (LRWC), loss of turgidity (LT), chlorophyll content (CC) and lipid peroxidation (MDA) were measured in the leaves collected from the plants in each temperature step. According to LRWC results, Elsanta and R.Hope have the highest LRWC where the Festival and CG<sub>3</sub> have the lowest value. On the other hand, Elsanta and R.Hope have the lowest LT but Festival and CG<sub>3</sub> have the highest. Elsanta and R.Hope show the lowest CC but CG<sub>3</sub> and Whitney show the highest CC result. In addition, according to MDA results, Elsanta and Fern have the lowest MDA content whereas Festival and Honeoye have the highest one.

To determine the high temperature tolerance of strawberry cultivars, the leaf samples, collected from greenhouse, were kept gradually until 60°C. Each strawberry cultivar's heat stress tolerances was determined by ion leakage test results. High temperature tolerances of cultivars decreased depending on the membran injuries that were increased by high temperature. According to results, heat stress tolerances of each cultivar ranged from 51,8 to 52,9°C.

As a result, among 11 evaluated strawberry cultivars, Elsanta, Redlands Hope and Camarosa were heat tolerant cultivars than others, whereas Whitney, Fern, Festival and CG<sub>3</sub> were determined as more sensitive cultivars. Based on the results, genotypic variations in tolerance to high temperature among strawberry cultivars were determined indicated and further molecular biology studies can be carried out using current data.

**Key Words:** Strawberry, high temperature, stress tolerance.

## İÇİNDEKİLER

BÖLÜM	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	iv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1 Yüksek Sıcaklık Stresinin Mekanizması.....	4
2.2. Çilek ve Yüksek Sıcaklık Stresi.....	6
2.3. Bazı Kültür Bitkileri ve Yüksek Sıcaklık Stresi.....	8
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal.....	13
3.2. Yöntem.....	16
3.2.1. Yüksek Sıcaklık Uygulamaları.....	16
3.2.1.1. Yaprak Oransal Su Kapsamı ve Turgor Kaybı.....	16
3.2.1.2. Klorofil Miktarı.....	18
3.2.1.3. Lipid Peroksidasyonu (MDA).....	18
3.2.1.4. Hücre Membran Zararı ve Yüksek Sıcaklık Toleransının Belirlenmesi.....	19
3.3. İstatistiksel Analizler.....	20
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	21
4.1. Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK).....	21
4.2. Turgor Kaybı (TK).....	21
4.3. Klorofil Miktarı (KM).....	25
4.4. Lipid Peroksidasyonu (MDA).....	28
4.5. Hücre Membran Zararlanma Oranı.....	31
4.6. Yüksek Sıcaklığa Tolerans.....	34
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	36
KAYNAKLAR.....	40
EKLER.....	45
TEŞEKKÜR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	49

**SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ****SİMGELER DİZİNİ**

°C	-	Santigrat derece
µl	-	Mikrolitre
ml	-	Mililitre
gr	-	Gram
mg	-	Miligram
nm	-	Nanometre

**KISALTMALAR DİZİNİ**

MDA	-	Malondialdehyde (Malondialdehit)
DMF	-	Dimethylformamide (Dimetilformamid)
TBA	-	Thiobarbuturic acid (Tiyobarbuturik asit)
TCA	-	Trichloroacetic acid (Trikloroasetik asit)
FS II	-	Fotosistem II
PVPP	-	PolyVinylPolyPyrrolidone
FAO	-	Food and Agriculture Organization
EC	-	Electrical Conductivity
PRX	-	Peroxidase (Peroksidaz)



<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>		Sayfa
Şekil 1.	Seradaki Deneme Parselinden Bir Görünüm.....	13
Şekil 2.	İklim Kabininde Yüksek Sıcaklık Uygulamasındaki Bitkilerin Görünümü .....	16
Şekil 3.	Yüksek Sıcaklık Uygulamasına Maruz Kalan Bitkiler .....	17
Şekil 4.	Lipid Peroksidasyonu Ekstraksiyonu Sırasında Isıtıcı Bloкта Örneklerin İnkübasyonu.....	19
Şekil 5.	Hücre Membran Zararlanması ve Yüksek Sıcaklık Stres Toleransının Tespiti Sırasında Su Banyosunda Yüksek Sıcaklık Uygulamasından Bir Görünüm.....	20
Şekil 6.	Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Çeşitlerinin Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK)'ndaki Değişim.....	22
Şekil 7.	Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Çeşitlerinin Turgor Kaybı (TK)'ndaki Değişim.....	24
Şekil 8.	Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Çeşitlerinin Klorofil Miktarı (KM) Değişimi.....	26
Şekil 9.	Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Çeşitlerinin MDA (Malondialdehyde) Miktarları.....	30
Şekil 10.	Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Çeşitlerinin Zararlanma Oranları.....	32
Şekil 11.	Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Çeşitlerinin Yüksek Sıcaklık Toleransı (LT <sub>50</sub> )Değerleri.....	35

<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>		<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.	Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Yapraklarındaki Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK).....	23
Çizelge 2.	Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Yapraklarındaki Turgor Kaybı (TK).....	25
Çizelge 3.	Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Yapraklarındaki Klorofil Miktarı (KM).....	27
Çizelge 4.	Çilek Çeşitlerinin Kontrol Örnekleri İle 50 °C Uygulamasında Belirlenen KM Arasındaki Değişim Oranları (%).....	28
Çizelge 5.	Yüksek Sıcaklıkların Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Yapraklarındaki MDA Miktarları.....	29
Çizelge 6.	Çilek Çeşitlerinin Kontrol Örnekleri İle 50 °C Uygulamasında Belirlenen Malodialdehyde (MDA) Miktarları Arasındaki Değişim Oranları (%).....	31
Çizelge 7.	Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Yapraklarındaki Hücre Membran Zararlanma Oranları.....	33

## 1. GİRİŞ

Stres; fiziksel açıdan birim alana uygulanan kuvvet olarak tanımlansa da, biyolojik açıdan; dışsal bir faktörün herhangi bir organizma üzerine etkisi olarak tanımlanmaktadır (Levitt, 1980). Hale ve Orcutt (1987)'a göre stres; çevresel veya biyolojik faktörlerin veya bunların çeşitli birleşimlerinin etkisiyle fizyolojik süreçte anormal değişimlerin meydana gelmesidir. Optimal koşullardan sapma olarak da tanımlayabileceğimiz stres, doğadaki tüm canlıları çeşitli şekillerde etkilemektedir. İnsanlar ve hayvanlar strese maruz kaldıklarında kendilerini bir şekilde bu etkiye karşı koruyabilmelerine rağmen, bitkilerin bu kötü koşullara karşı koyabilmeleri daha zordur. Hareket edebilen canlılar sıcağa karşı yer değiştirebilme ve kaçınma tepkileri gösterebilirken, bitkiler sadece fizyolojik değişimlerle bu etkiye cevap verebilmektedirler (Özcan ve ark., 2001). Stres pek çok şekilde sınıflandırılmaktadır. Levitt (1980)'e göre çevresel stres iki ana başlık altında incelenebilir. Bunlar biyotik ve fizikokimyasal etkilerdir. Bu sınıflandırmaya göre yüksek sıcaklık stresini fizikokimyasal etkiler arasında incelemek mümkündür.

Yüksek sıcaklık stresi; belirli bir sürede, belirli bir eşik seviyesinin üzerinde, bitki büyüme ve gelişmesi için geri dönüşümsüz zararlanmaya neden olan sıcaklıktaki artış olarak tanımlanmaktadır. Özellikle açıkta yetiştiriciliği yapılan bitkiler yüksek sıcaklık stresine çok sık maruz kalmaktadırlar. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)'nin yayınladığı rapora göre; küresel sıcaklık her on yılda bir 0,3 °C artmaktadır (Wahid ve ark., 2007). Bu şekilde artmaya devam eden sıcaklıkların ürün yetiştirme mevsimini ve ürün olgunlaşmasını erkene alarak, coğrafi dağılım ve tarımsal ürünlerin yetiştirme mevsimini etkileyebileceği söylenmektedir (Wahid ve ark., 2007). Yüksek sıcaklık stresi bitkilerin tüm büyüme dönemlerini ve verimini de etkilemektedir (Kumar ve ark., 2007). Bu nedenle dünya çapında olduğu gibi ülkemizde de tarımsal üretimde önemli kayıplar söz konusudur. İlerleyen yıllarda küresel ısınma sebebiyle, yetiştiricilerin yükselen sıcaklıklara ve çeşitli abiyotik stres etmenlerine bağlı olarak ürün kaybı yaşamaları kaçınılmazdır. TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu)'in mart ayı sonunda geçen yıla ilişkin açıkladığı büyüme ve tarımsal üretim verilerinde bu azalış göze çarpmaktadır. 2007 yılında sektörel temelde, tarımda %7,3 gerileme olduğu

görülmektedir. 2007 yılı bitkisel üretim verilerinde tahıl ürünlerinin üretiminde bir önceki yıla göre %15,5 oranında düşüş gerçekleştiği belirlenmiştir<sup>1</sup>.

Yüksek sıcaklık stresini kesin bir temele dayandırmak mümkün değildir (Levitt, 1980). Özellikle tarımsal ürünlerde ve bahçe bitkilerindeki sıcaklık stresi karmaşık bir konudur (McKersie ve Leshem, 1994). Bu yüzden, sıcaklık stresi araştırmaları genellikle organ bazında yapılmaktadır. Geçici ve sürekli yüksek sıcaklıklar bitkilerde morfo-anatomik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere neden olmaktadır (Wahid ve ark., 2007). Sıcaklık stresi özellikle, bitkide protein yapısı, aktivitesi ve membran stabilitesi (plazmik ve kloroplastik) üzerinde negatif etkiye sahiptir (Gürel ve Avcıoğlu, 2001). Stres toleransı; uygun olmayan çevre şartlarında bitkilerin yaşamını devam ettirip, büyüebilme kapasitesidir. Tolerans ise stres durumundaki bitkilerde görülmektedir. Tolerans sırasında bitkide ya hiçbir zararlanma oluşmaz veya onarılabılır (geri dönüşümlü, reversible) bir zarar meydana gelir. Bitkinin strese karşı toleransı yetiştirme dönemleri arasında bile farklılık gösterebilmektedir (Hale ve Orcutt, 1987). Kültür bitkilerinde ise, çevresel stresin etkileri, araştırmaların odağı olmuştur. Bitki verimliliği, bitkinin çevresel streslere cevap verebilme ve adapte olabilme yeteneği ile yakından ilişkilidir (Lund ve ark., 1998).

Çilek, gerek dünya çapında, gerekse ülkemizde üretimi ve tüketimi gittikçe artan üzümü bir meyvedir. Çileğin, muhtemelen orman çileğinin, yetiştirilmesi üzerinde ilk bilgi 15. yüzyılda kaydedilmiştir. Buna karşılık esas kültür çeşitleri ancak 18. yüzyıl sonlarında, iri meyveli Amerikan çeşitlerinin Avrupa'ya ithal edilmesinden sonra nitelendirilmiştir (Ağaoğlu, 1986). FAO (2005)'nin verilerine göre; çilek üretimi bakımından ülkemiz, 160,000 ton ile dünyadaki ilk on ülke arasında yedinci sırada yer almaktadır. Üretimde dünya üzerinde söz sahibi ilk üç ülke ise A.B.D (1.053.242 ton), İspanya (308,000 ton) ve Rusya (217,000 ton)' dır<sup>2</sup>. Çilek yetiştiriciliğinden daha iyi sonuçlar almak adına yapılan çalışmalar daima o günün şartlarına uygun olarak yürütülmüştür. Çilek, dünya üzerinde geniş alanlarda tarımı yapılan bir türdür ve gerek açıkta yetiştiricilikte gerekse örtü altında yüksek sıcaklık stresine çok sık maruz kalmaktadır.

---

<sup>1</sup>[http://www.izto.org.tr/NR/rdonlyres/gidasektörürsorun\\_sboran.pdf](http://www.izto.org.tr/NR/rdonlyres/gidasektörürsorun_sboran.pdf)

<sup>2</sup><http://www.fao.org>

Bu nedenle, yapılan çalışmaların önemli kısmını stres fizyolojisi araştırmaları oluşturmaktadır. Gülen ve Eriş (2004)'e göre, gelecekte küresel ısınmanın artışıyla beraber yüksek sıcaklığın, diğer bitki türlerinde olduğu gibi, ilek yetiştiriciliği için de sınırlayıcı etkisi olacağı öngörülmektedir. Bu sebeple, bitkilerde yüksek sıcaklık stresi mekanizması üzerine yapılan çalışmalar gelecek için önemli olacaktır. Domateste 35°C'yi aşan yüksek sıcaklıkların tohumun çimlenmesi, fide gelişimi, meyve tutumu ve olgunlaşması üzerine etkileri (Kaloo, 1988), hıyarda 42°C'deki yüksek sıcaklık stresinin klorofil biyosentezi üzerine etkileri (Tewari ve Tripathy, 1998), dutta fotosentetik enzim ve yaprak proteinlerinin yüksek sıcaklık stresi altındaki aktivitesi (Chaitanya ve ark., 2001a,b), buğdayda klorofil içeriği ve sıcaaktan kaçınma arasındaki bağlantı üzerine yapılan alışmalar (Zaharieva ve ark., 2001) ve daha pek çok türde araştırmalar yapılmasına rağmen çilekte oldukça sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bunlar, Gülen ve Eriş'in 2003 ve 2004 yıllarında PRX izoenzim aktivitesi ve toplam protein içeriği, Ledesma ve ark.'nın 2004 yılında yapmış oldukları protein ekspresyonu gibi fizyolojik çalışmalar ve Kadir ve Sidhu'nun 2006 yılında yüksek sıcaklıkların büyüme ve verimlilik üzerine etkisini araştıran yetiştiricilik çalışmalarıdır. Gülen ve Eriş'in (2003), uzun süreli yüksek sıcaklık uygulamasının ilek bitkisindeki etkileri ve 2004 yılında peroksidaz izoenzim aktivitesi ve yaprak proteinleri ile ilgili yapmış oldukları moleküler çalışmalar ülkemizde bu konuya öncülük yapan araştırmalardır. Tür ve çeşitler temelinde yapılan araştırmalar sayesinde mit vadeden sonuçlara ulaşılması, gelecekte elde edilecek ürün verimliliği ve yetiştirilecek kültür eşitleri açısından önemlidir.

Gelecekte küresel ısınma nedeniyle karşılaşılacak sorunları aşabilecek çalışmaların planlanabilmesi için öncelikle var olan kültür çeşitlerinin yüksek sıcaklıklara toleranslarının belirlenmesi esasından hareketle, denemede üzerinde çalışılan 11 ilek çeşidinin yüksek sıcaklık stresi altında meydana gelen zararlanmaları belirlenerek çeşitler arasındaki genotipsel farklılıkların fizyolojik parametreler (YOSK, TK, KM, MDA) yardımıyla ortaya konulması amaçlanmıştır. Böylece ilek bitkisinde yüksek sıcaklık mekanizmasının açıklanması amacıyla ileride yapılacak daha detaylı moleküler çalışmalara ışık tutulması hedeflenmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Yüksek Sıcaklık Stresinin Mekanizması

Bitki büyüme ve gelişmesini etkileyen en önemli çevre faktörlerinden birisi de yüksek sıcaklıktır. Yüksek sıcaklık stresi, bitki metabolizmasında fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler bazı değişikliklere neden olmaktadır (Levitt, 1980). Yüksek sıcaklık birçok önemli tarımsal bitkinin verimliliğini sınırlandırmasının yanında (Arora ve ark., 1998), termal inhibisyona çok hassas olan fotosentez üzerine de oldukça etkilidir. Fotosentetik aparatların birçoğu sıcaklık değişimine karşı duyarlıdır (Chaitanya ve ark., 2001a). Fotosentezin birçok türde sıcaklık stresine karşı hassas olduğu ve fotosentetik karbon dioksit özümlemesinin yüksek sıcaklıkta inhibe edildiği belirtilmiştir. Gülen ve Eriş (2003)'in bildirdiğine göre, sıcaklık stresine alıştırma sırasında meydana gelen değişimlerin çoğu geri dönüşümlüdür. Fakat stres çok fazlaysa geri dönüşümsüz değişimler olabilir ve bu bitkiyi ölüme götürebilir.

Yüksek sıcaklık stresi, özellikle optimum büyüme sıcaklığındaki 1,5–6 °C'lik artış ile fotosentezin inhibisyonuna, hücre membran zararlanmasına ve senesense bağlı hücre ölümlerine neden olarak büyüme ve gelişmeyi sınırlayan abiyotik stres koşullarından biridir. Her bitki türünün optimum fonksiyon gösterdiği optimum sıcaklık aralığı vardır ve bu aralığın dışında hücrel metabolizma ve dolayısıyla bitki büyümesi olumsuz etkilenmektedir. Türe özgün bu sıcaklık aralığı 'termal kinetik pencere' olarak tanımlanmaktadır (Yıldız ve Terzi, 2007).

Geçmişte yapılmış olan sıcaklık stresi çalışmalarında, tür veya çeşitlerde stres kaynaklı zararlanmayı belirlemek amacıyla Moran ve Porath (1980) tarafından geliştirilen klorofil miktarı tespiti, Arora ve ark. (1998)'nin hücrel zararlanmayı tespit etmek amacıyla geliştirdikleri iyon sızıntısı testi gibi yöntemler göz önüne alındığında stres fizyolojisi konusunda büyük ilerleme kaydedildiği ortadadır. Günümüzde tür ve çeşitlerin stres toleranslarını belirlemede veya mevcut toleranslarını geliştirmede kullanılan, gen transferi yöntemleri (Yubero-Serrano ve ark., 2003), protein profillerinin çıkartılması, enzim aktivitelerinin tespit edilmesi (Gülen ve Eriş, 2004) ile daha açıklayıcı bilgilere ulaşılması, araştırmacılara yeni ufuklar açmıştır ve çeşitlerin stres etmenlerine karşı toleransları hakkında daha kesin sonuçlara varılabilmektedir.

Yaprak oransal su kapsamı ve turgor kaybı, bitkinin su dengesini belirlemede önemli bir göstergedir. Çünkü bitkinin tam doyumluğa ulaşabilmesi için gerekli olan net ve kaybedilen su miktarını ifade eder (Gonzalez ve Gonzalez-Vilar, 2001).

Eiberger ve ark. (2002)'na göre, yağ asitlerinin parçalanması sonucu peroksid iyonları ve MDA açığa çıkmaktadır. Bu, hücre zarı stabilitesi ile MDA miktarının birbiri ile ilgili parametreler olduğunu göstermektedir. İyon sızıntısı, hücre zarı termostabilitesini ölçmede etkili bir yöntemdir ve doğrudan sıcaklık zararlanmasında kullanılan bir göstergedir (Gülen ve Eriş, 2004).

Yüksek sıcaklık stresi altındaki bitkilerde fotosentez oranındaki azalmalar, kloroplastların yapısal ve fonksiyonel olarak zarar görmeleri ve klorofil birikimindeki azalmadan kaynaklanmaktadır. Yüksek sıcaklıkta klorofil biyosentezinin inhibe olması nedeniyle fotosentetik aktivite azalmaktadır. Araştırmacılar, patates bitkisinin 35°C'de 20 dakika boyunca sıcaklık uygulamasına maruz kalmasının FSII kararlılığında önemli artışa neden olduğunu bildirmiştir. Bu hızlı uyum tilakoid zarların lipit fazını stabilize eden ksantofil zeaksantininin yapraklarda birikimine bağlanmaktadır (Yıldız ve Terzi, 2007). Ristic ve ark. (2007)'nin bildirdiğine göre, 12 kışlık buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşidine, 16 gün boyunca uygulanan sıcaklık stresi sonucunda bütün çeşitlerin klorofil miktarında bir azalma kaydedilmiştir.

Yüksek sıcaklık bitki fonksiyonu ve gelişimi için geri dönüşümsüz zararlanmalara sebep olabilir. Membran zararlanması sıcaklığın tetiklediği oksidatif stresten meydana gelen aktif oksijen türevlerine dayanmaktadır (Kumar ve ark, 2007). Bitkilerin normal büyüme sıcaklıklarının üzerindeki sıcaklıklara maruz kalması membran yapısında geri dönüşümsüz değişikliklere ve membran kararsızlığına neden olmaktadır. Yüksek sıcaklık stresi sırasında membran akışkanlığındaki değişiklikler, membran bileşenlerinin yeniden düzenlenmesi veya lipit içeriğindeki değişimlerden kaynaklanmaktadır (Yıldız ve Terzi, 2007).

Kumar ve ark., (2007)'na göre yapılan çalışmalar göstermektedir ki, sıcağa alıştırmış bir bitki yüksek sıcaklığa maruz kaldığında yaşamını devam ettirebilmekte iken, alıştırmamış bir bitki devam ettirememektedir. Bu olgu, kazanılmış termotolerans olarak bilinen alışma tepkimesinin asal ifadesidir. Yapılan çalışmaların çoğu göstermektedir ki, alıştırmayla birlikte serbest radikallerin oluşumunda önemli bir

azalma olmaktadır. Ayrıca alıştırma üzerinde, zar bütünlülüğü, hücre yaşayabilirliği ve klorofil stabilitesi gibi birçok termotolerans uygulamaları potansiyel olarak dikkate değer parametrelerdir. Örneğin; klorofil stabilitesi, alıştırılmış buğday ve darı bitkilerinde daha fazladır.

## 2.2 Çilek ve Yüksek Sıcaklık Stresi

Çilek bitkisi, 10 ve 26°C’de optimum gelişim gösteren bir ılıman iklim bitkisidir (Ledesma ve ark., 2004). Gerek örtü altında gerekse açıkta yetiştirilen çilek bitkisi yüksek sıcaklıklara çok sık maruz kalabilmektedir. Bu nedenle, yüksek sıcaklıkların çilek bitkisindeki fizyolojik etkilerinin araştırılması verimli bir yetiştiricilik için büyük önem arz etmektedir.

Çileğin yüksek sıcaklık stresine karşı tepkisi, ülkemizde ilk kez Gülen ve Eriş (2003, 2004)’in yapmış oldukları çalışmalarla ortaya konulmuştur. Gülen ve Eriş (2003)’in yaptıkları çalışmada, uzun süreli yüksek sıcaklık uygulamalarının çilek bitkisinde etkileri (*Fragaria x ananassa* cv. Camarosa) araştırılmıştır. Çilek fidelerine kontrollü koşullarda 45°C’ye kadar kademeli (5°C/48 saat) ve şok sıcaklık uygulaması yapılmıştır. Yaprak oransal su kapsamı (%), turgor kaybı, klorofil içeriği (Spat değeri) ve sıcaklık stres toleransı (LT<sub>50</sub>), kontrol ve stres uygulamalarında ölçülmüştür. Klorofil içeriği hariç diğer tüm parametrelerde kademeli sıcaklık ve şok sıcaklık uygulamalarının etkileri önemli bulunmuştur. Toplam protein ve DNA içerikleri sıcaklık stres uygulamaları ve/veya sıcaklık ile önemli derecede değişmiştir. Kademeli sıcaklık uygulamalarındaki bitkiler, şok sıcaklık uygulaması ile karşılaştırıldığında sıcaklık stres toleransında artış saptanmıştır. Dolayısıyla, kademeli sıcaklık uygulamaları çilek yapraklarında sıcaklık stres toleransını arttırmıştır. Araştırmacılara göre, bu artış bazı ısı-şoku proteinlerindeki artışla da ilgili olabilmektedir.

Gülen ve Eriş (2004)’in yine aynı çilek çeşidinde sıcaklık stresine bağlı olarak peroksidaz izozim aktivitesi ve yaprak proteinlerini araştırdığı bir diğer çalışmada genel olarak, kademeli sıcaklık stres ve şok sıcaklık stresinin etkileri belirgin olmuştur. Yüksek sıcaklık uygulamasına bağlı olarak tüm örneklerde peroksidaz aktivitesi yüksek bulunmuştur. Aksine, sıcaklık stresıyla toplam protein içeriğinde azalma görülmüştür. Kademeli sıcaklık stresine maruz kalan bitkiler, şok sıcaklık stresine maruz kalan bitkilere göre daha yüksek peroksidaz aktivitesi göstermiştir. Bunun yanı sıra kademeli



sıcaklık stresine maruz bırakılan bitkilerde iyon sızıntısının daha az olduğu belirlenmiştir.

Wagstaffe ve Battey (2004)'nin yediveren çilek çeşidi olan 'Everest' çeşidinde yaptıkları çalışmada, en ideal uzun sezon ticari çilek üretiminde, sezon boyunca ürünleri yükselen sıcaklıklara karşı koruyan gece sıcaklığının önemli olduğu tespit edilmiştir.

Çilek bitkisinin gelişiminde sıcaklık ve fotoperiyodun önemine vurgu yapan Verheul ve ark. (2005)'nin yapmış oldukları çalışmada 'Korona' çilek çeşidi kullanılmıştır. Fotoperiyot (10, 12, 16, 20 ve 24 sa.) ve sıcaklık (12, 15, 18, 24 ve 30°C) parametrelerinin değerlendirildiği araştırmada, 4, 8 ve 12 haftalık çilek fideleri kullanılmıştır. İklimlendirme kabininde, 10 ve 12 saatlik fotoperiyotta 21 gün boyunca 12 ve 18°C'de yetiştirilen bitkilerde çiçek oluşumunun sağlandığı belirlenmiştir. Daha yüksek sıcaklıklarda bitki başına düşen toplam çiçek sayısında önemli bir düşüş tespit edilmiştir. Tam çiçeklenme sadece 4 haftalık fideden elde edilmiştir. Bu sonuçlar çilekte generatif gelişim için fotoperiyot, sıcaklık ve fide yaşının önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Kadir ve Sidhu (2006)'nun, Sweet Charlie ve Chandler çilek çeşidinde yaptıkları çalışmada, sıcaklığın bir meyve kalite belirleyicisi olan meyve rengi üzerine de etkisi olduğu belirlenmiştir. Chandler çeşidi 20/15°C civarında en iyi meyve rengine sahip iken, Sweet Charlie çeşidi ise 30/25°C'de en iyi meyve rengine ulaşmıştır. Ayrıca yüksek sıcaklığın, çilek bitkisinin büyüme ve veriminde gerilemeye neden olduğu görülmüştür. Araştırmacılar göre, çileğin vejetatif gelişimi, kök gelişimi, meyve oluşumu, polen yaşayabilirliği, meyve ağırlığı, meyve kalitesi ve yaprak protein ekspresyonu yüksek sıcaklıktan olumsuz yönde etkilenmektedir.

Çilek, bütün meyveler arasında doğal anitoksidant kapasitesi bakımından en zengin olanlarındandır. Çilek besleyici özelliğinin yanı sıra aynı zamanda antosiyaninler, flavanoidler, ve fenolik bileşenler bakımından da zengindir. Hücre zarının lipid peroksidasyonu antosiyaninler tarafından inhibe edilmektedir ve aynı zamanda antosiyaninler gibi tokoferoller de tilakoid zarlardaki lipid peroksidasyonunun önüne geçmektedir (Shao ve ark., 2007).

### 2.3. Bazı Kùltür Bitkilerinde Yüksek Sıcaklıkla İlgili Çalışmalar

Yüksek sıcaklık stresi, çilek bitkisinde verimi etkileyen faktörlerden biri olduğu gibi, kùltürü yapılan diğer bitkiler açısından da oldukça önem taşımaktadır.

Bezelye yapraklarından alınan örneklerde yapılan bir denemede, hava akımında 23°C'de 20 dakika boyunca tutulan örneklerin turgor kaybettikleri tespit edilmiştir (Guerrero ve Mullet, 1988). Domates bitkisinde, 35°C'yi aşan yüksek sıcaklıklar, tohumun çimlenmesi, fide gelişimi, meyve tutumu ve olgunlaşması olumsuz yönde etkilemiştir (Kaloo, 1988).

Sardunya bitkisinde sıcaklık stres toleransı üzerine su stresinin etkilerinin araştırıldığı çalışmada, su stresindeki bitkilerin, sıcaklığa toleranslarının belirgin bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir (Arora ve ark., 1998). Tewari ve Tripathy (1998)'nin hıyarda yaptıkları çalışmada, 42°C'deki yüksek sıcaklık stresinin, hıyar bitkilerinde klorofil biyosentezini %60 oranında etkilediği tespit edilmiştir.

Sairam ve ark. (2000)'na göre, lipid peroksidasyonundaki (MDA içeriği) artış hücre membran zararlanmasıyla bağlantılıdır. Araştırmada, C 306, HD 2285 ve HD 2329 buğday çeşitlerinden sıcaklığa tolerant olduğu bilinen C 306 çeşidinin lipid peroksidasyonunun diğer çeşitlere göre daha düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Kabakta yapılan çalışmada, 53 ve 65°C'lik solüsyonlara batırılan kabak yapraklarından alınan disklerde meydana gelen turgor kaybının nedeninin, yüksek sıcaklıkta hücre membranının geçirgenliği ile ilgili olabileceği düşün÷lmüştür (De Belie ve ark., 2000).

Liu ve Huang (2000)'ın L-93 (sıcağa tolerant) ve Penncross (sıcağa hassas) çim çeşitlerinde yapmış oldukları çalışmada iki sıcaklık rejimi (22/16°C ve 35/25°C) uygulanmıştır. Bu sıcaklık derecelerinde 56 gün boyunca iklimlendirme kabininde yetiştirilen çeşitlerde, iyon sızıntısı, lipid peroksidasyonu ürünü olan MDA miktarı ve klorofil içeriğine bakılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda, yüksek sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak, artan sıcaklık stresiyle birlikte iyon sızıntısı ve MDA oluşumunda artış olduğu kaydedilmiştir. Klorofil içeriğinde ise azalmanın meydana geldiği belirtilmiştir.

Su ve sıcaklık stresine verdikleri tepki bakımından farklılık gösteren C 306, HD 2285 ve HD 2329 buğday çeşitlerinde, ekim zamanına bağlı olarak sıcaklık stresinin etkileri ve buna bağlı olarak antioksidantların değişimi üzerine yapılan çalışmada, geç ekim nedeniyle yükselen sıcaklıkların yaprak oransal su kapsamında gerilemeye neden olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık stresine tolerant olduğu bilinen C 306 çeşidinin yaprak oransal su kapsamının, hem normal hem de geç ekim tarihinde, diğer çeşitlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Sairam ve ark., 2000).

Bir diğer çalışmada ise, *Festuca arundinacea L.* ve *Poa pratensis L.*'ye sıcaklık stresi ve kuraklık stresinin bir arada ve ayrı ayrı uygulanmıştır. Çalışmada bitkiler 30 gün boyunca büyütme kabinde 30/35°C (gece/gün) sıcaklığında ve kısıtlı sulama yapılarak yetiştirilmiştir. Yapılan ölçümlerde her stres türünde, yaprak oransal su kapsamında gerileme olduğu görülmüştür (Jiang ve Huang, 2001).

Zaharieva ve ark. (2001)'nin buğday bitkisinde yaptıkları çalışmada, klorofil içeriği ve sıcaktan kaçınma arasında bir korelasyon bulunmuştur. Düşük klorofil içeriği, yaprağın ışığı absorbe edebilme yeteneğini azalttığından dolayı, yüksek ışıktan kaynaklanan sıcaklık etkisini azaltmaktadır. Bunun yanı sıra, yükselen sıcaklıkların klorofil miktarının azalmasında kısmen etkisi olabileceğini belirtmişlerdir. Dut yapraklarındaki fotosentetik enzim ve yaprak proteinlerinin yüksek sıcaklık stresi altındaki aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada, yüksek sıcaklığın yapraktaki RuBPC (ribuloz-1,5-bifosfat karboksilaz) ve SPS (sukroz fosfat sentaz) aktivitesini azalttığı görülmüştür. İzole edilmiş kloroplastlarda 360 dakikalık yüksek sıcaklık uygulamasından sonra klorofil içeriğinin ve fotosentezinin 2. kademesinin bu sıcaklıktan etkilendiği görülmüştür. Yükselen yaprak sıcaklığının, yaprak nişasta içeriği ve sukroz-nişasta dengesi üzerindeki şeker dengesini de bozduğu belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık altında toplam çözünebilir protein içeriği düşerken, toplam amino asit içeriğinin yükseldiği saptanmıştır. Yüksek sıcaklık stresi altındaki yapraklarda prolin seviyesinin 1,5 kat arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında dut ağaçlarının yüksek sıcaklığa karşı hassas olduğu tespit edilmiştir (Chaitanya ve ark.,2001b).

*Deschampsia antarctica* Desv. çim çeşidinde yapılan çalışmada membran zararlanmasına bağlı olarak tolerans noktasının (LT<sub>50</sub>) 48,3°C olduğu saptanmıştır (Reyes ve ark. 2003). *Artemisia tridentata* ve *Potentilla gracilis* bitkilerinde yapılan bir

başka çalışmada 15–65°C arasındaki sıcaklıklara 1'er saat maruz bırakarak iki bitki için tolerans noktasının 46°C olduğu tespit edilmiştir (Loik ve Harte 2004).

Omae ve ark. (2005)'nin fasulye bitkisinde yapmış oldukları araştırmada, yaprak oransal su kapsamının daha iyi fotosentetik koşullar oluşturması açısından önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Ayrıca, yapraktaki su potansiyelinin azalmasının sıcaklık stresine karşı verilmiş bir tepki olabileceği de belirtilmiştir. Fletcher ve ark., (2005)'nin bahçe nanesinde yaptığı bir çalışmada, yüksek fenolik bileşik içeren 7 hat, 4 hafta boyunca 30°C'de yetiştirilmiştir. Bu uygulama sonucunda toplam fenolik asit ve çözülebilir fenollerde önemli derecede azalış belirlenmiştir. Antioksidant kapasitesi ise 1. hafta %21–60 ve 4. hafta %95'e kadar azalmıştır. Yapılan analizler sonucunda tüm hatlarda rosmarinik asidin tamamen kaybolduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar, sıcaklık stresi altında olmayan yüksek sıcaklıkta kurutulan bitkilerde ancak 80°C'de gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, sıcaklık stresi rosmarinik asit sentezini eksi yönde etkilemektedir ve bu da dokulardaki rosmarinik asidin hızla parçalanması anlamına gelmektedir.

İki serin iklim çim çeşidi ile yapılan çalışmada sıcaklığa dayanıklı karaçayır ve orta derece dayanıklı olan uzun çayır otu kullanılmıştır. Bu bitkilere 30°C ve 3 gün süreyle büyütme kabiniinde ön sıcaklık alıştırmaları uygulanmış ve ardından sırasıyla 38, 42 ve 46°C'de 14'er saat sıcaklık uygulamasına maruz bırakılmışlardır. Uygulama yapılan bitkilerin yapraklarında MDA içeriği, yaprak oransal su kapsamı ve hücre zarı geçirgenliği analiz edilmiştir. Yaprak oransal su kapsamı içeriğinde her iki çeşidin yapraklarında da düşüş gözlenmiştir. Fakat ön sıcaklık alıştırmaları uygulanan bitkilerde uygulanmayanlara göre daha az düşüş gözlenmiştir. Yüksek sıcaklık altında sıcağa alıştırılmış bitkiler iyi derecede zar termostabilitesi gösterirken, düşük oranda lipid peroksidasyon ürünü (MDA) oluşturmuşlardır. Fakat ön sıcaklık alıştırmalarına rağmen çok yıllık karaçayır bitkisi özellikle 46°C'de yüksek oranda membran zararlanması göstermiştir (Xu ve ark., 2006).

Almeselmani ve ark. (2006)'na göre, yapılan araştırmaların genelinde sıcaklığın artışıyla orantılı olarak iyon sızıntısı meydana gelmektedir. Turp bitkisi (*Raphanus sativus*) tohumunun çimlenmesinde sıcaklık stresine karşı optimum değerlendirme ölçütlerinin araştırıldığı bir çalışmada, 18 farklı turp çeşidinde 25, 30, 35 ve 38°C olmak

üzere beş farklı sıcaklık uygulanmıştır. Germplazm kaynakları farklı olduğundan bu çeşitlerin yüksek sıcaklığa karşı toleransları da farklılık göstereceği düşünülmüştür. Eğer farklı germplazmlardan kaynaklanan çimlenme karakterlerini göz önünde bulundurulmaz ise, normal şartlar altında 35°C turp bitkisinin sıcaklık stresine girmesi için yeterli olduğu söylenebilmektedir. Bağlı çimlenme yüzdesi ve bağlı çimlenme indeksi, yüksek sıcaklık stresi noktasının belirlenmesinde uygun veriler olduğu tespit edilmiştir (ChaoYing ve ark., 2006).

DongGi ve ark.(2007)'nin pirinç yapraklarındaki proteomların yüksek sıcaklık stresine karşı tepkisini araştırdığı çalışmada, pirinç fideleri 42°C'de 12 ve 24 saat uygulamaya tabi tutulmuştur. Yüksek sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak yükselen iyon sızıntısı ve lipid peroksidasyonu miktarının, oksidatif stresin, yüksek sıcaklık etkisi sayesinde pirinç bitkisi yapraklarında oluştuğunun belirtisi olduğunu belirlemiştir.

Wahid ve Close (2007)'un şeker kamışında yapmış oldukları yüksek sıcaklık stresi araştırmasında, şeker kamışı fideleri, 40/35°C (gündüz/gece) sıcaklık, %60/65 oransal nemde tutulduktan sonra 4, 12, 24, 36, 48, 60 ve 72 saat boyunca oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Bu fidelerden alınan yaprak örneklerinde, ilk 12 saatte yaprak oransal su kapsamında çarpıcı bir düşüş gözlemlenmiştir. 24. saatten itibaren sonuçlarda bir toparlanma olduğu belirlenmiştir.

Shao ve ark. (2007)'nin bildirdiğine göre, hücre zarının zararlanma derecesi, hücre zarının geçirgenlik derecesiyle bağlantılıdır. Plazma zarı ne kadar geçirgense hücre zarındaki zararlanma o kadar fazladır. Arabidopsis'te yapılan çalışmada *Arabidopsis thaliana* L. ekotip *Landsberg erecta* (Ler) ve antosiyanin sentezinde yetersiz 3 mutant (tt3, tt4, tt3tt4) kullanılmıştır. 45°C'deki şiddetli stres altında antosiyanin yetersiz mutantlarda zar sızıntısı %80 seviyesindeyken, bu oran yabani formda %50'ler civarında olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, yetersiz antosiyanin miktarı yaprak hücrelerinin sıcağa toleranslarını düşürmektedir ve yüksek sıcaklık stresi koşullarında hücre zarı sisteminin zarar görmesine sebep olmaktadır. Hücresel membranlar, bitkilerde yüksek sıcaklık tarafından oluşan fizyolojik zararın meydana geldiği ilk bölgeler olarak düşünülmektedir.

Mohammadi ve ark., (2007)'na göre, Kauz, MTRWA116, Opata ve W7984 buğday çeşitleri sıcağa toleransları bakımında hücre zarı termal stabilitesi, antioksidant

aktivitesi, fenolik içerik, tane ağırlığı parametreleriyle kıyaslanmıştır. Bitkiler 35 ve 39°C'deki sıcaklıklara maruz bırakılmıştır ve çeşitli ölçüm teknikleri kullanılarak kontrol örnekleriyle kıyaslanmışlardır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, antioksidant aktivite ve membran termal stabilitesinin yeterince hassas veriler olmadığı anlaşılmıştır. Bunların yerine tane ağırlığının sıcaklık stresine karşı toleransı belirlemede daha uygun bir parametre olduğu tespit edilmiştir

Zambak bitkisinde kısa dönem yüksek sıcaklık stresinin etkilerinin araştırıldığı çalışmada, bitkiler, 37, 42 ve 47 °C'lik sıcaklıklara 10'ar saat maruz bırakılmıştır, MDA ve membran zararlanması ölçümleri yapılmıştır. 20°C'deki kontrol örneklerine kıyasla, 37 ve 42°C'nin ardından MDA ve iyon sızıntısı farklılıklarının oluşmaya başladığı görülmüştür. Önemli artışın ise 47°C'de gerçekleştiği belirlenmiştir (Yin ve ark., 2008).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma 2006–2007 yıllarında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait Örtüaltı Araştırma ve Uygulama Ünitesi ve Moleküler Biyoloji Laboratuvarında yürütülmüştür.

#### 3.1. Materyal

Denemede, dünyada ve ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan 11 çilek çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşitlerin özellikleri kısaca şöyledir:



Şekil 1. Seradaki Deneme Parselinden Bir Görünüm

**Camarosa:** Orijini Kaliforniya'dır. Kısa gün çeşididir ve kuvvetli büyür. Erkenci ve iri meyvelidir. Sofralık olarak tüketilebilir. Meyveleri antraknoza hassastır. Akdeniz bölgesinde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır. Erken, orta ve geç sezon üretimine uygundur. Meyvesi konik ya da yassı basık-konik şekildedir. İç ve dış meyve rengi mükemmeldir (Gülsoy ve Yılmaz, 2004). Bu çeşidin yüksek sıcaklıklara toleransı ile ilgili bir bilgiye rastlanmamıştır.

**CG<sub>3</sub> (Cal Giant-3):** Orijini Kaliforniya'dır. 'Cal Giant-3' kısa gün çeşididir. Meyve verim süresi ilkbahar, yaz ve sonbahar aylarına kadar uzanır. Erken sezonda iyi verim sağlar ve güzel şekilli meyvelere sahiptir. Soğuk havalarda bile tozlaşma sağlanabilmektedir<sup>3</sup>. Bu çeşidin yüksek sıcaklıklara toleransı ile ilgili bir bilgiye rastlanmamıştır.

**Elsanta:** Orijini Norveç'tir. Aroması iyi, raf ömrü uzun bir çeşittir. Meyve kalitesi çok iyidir<sup>4</sup>. Bu çeşidin yüksek sıcaklıklara toleransı ile ilgili bir bilgiye rastlanmamıştır.

**Fern:** Orijini Kaliforniya'dır. Nötr gün çeşididir. Yayla bölgelerde yetiştiriciliği önerilmektedir. Yaz dikimine uygundur. Yediveren bir çeşittir. Verimi ortalayla yüksek arasındadır. Meyve sertliği iyidir ve taşımaya dayanıklıdır. Meyvesinin sertlik derecesi ve aroması iyidir. Güçlü bir vejetatif yapıya sahip değildir (Gülsoy ve Yılmaz, 2004). Bu çeşidin yüksek sıcaklıklara toleransı ile ilgili bir bilgiye rastlanmamıştır.

**Festival:** Orijini Florida'dır. Kısa gün çeşididir. Orijini Florida, Amerika'dır. Konik şeklinde ve orta büyüklükte ve konik meyvelere sahiptir (Okie, 2004). Bu çeşidin yüksek sıcaklıklara toleransı ile ilgili bir bilgiye rastlanmamıştır.

**Honeoye:** Orijini New York'tur. Yüksek verimli bir çeşittir. Derin dondurmaya ve sanayiye uygundur. Hasat sonuna kadar meyve büyüklüğü değişmez. Konik koyu kırmızı, meyve eti sert, saptan kopması zordur. Aroması iyi, sarılığa ve meyve çürüklüğüne dayanıklıdır. Soğuk bölgelere uygun bir çeşittir<sup>5</sup>. Bu çeşidin yüksek sıcaklıklara toleransı ile ilgili bir bilgiye rastlanmamıştır.

<sup>3</sup><http://www.strawberry-plants.com/CalPacific/CG3.htm>

<sup>4</sup><http://www.hargreavesplants.com/template.php?sectionId=43>

<sup>5</sup><http://www.ttae.gov.tr/makaleler/chilek.htm>



**Kabarla:** Orijini Avustralya'dır. Kısa gün çeşididir. Erkenci ve yüksek verimlidir. Meyveleri konik şekilli, orta irilikte ve meyve eti orta serttir. Meyve dış rengi orta parlaklıkta ve kırmızıdır. Sera ve açıkta yetiştiricilik için uygundur. Akdeniz ve Ege bölgelerinde yetiştiriciliği önerilmektedir<sup>6</sup>. Bu çeşidin yüksek sıcaklıklara toleransı ile ilgili bir bilgiye rastlanmamıştır.

**Redlands Hope:** Orijini Avustralya'dır. Kısa gün çeşididir ve erkencidir. Yazlık dikime uygundur. Meyveleri konik şekilli, iri ve meyve eti orta serttir. Akdeniz, Ege, Karadeniz ve Marmara bölgesinde yetiştiriciliği önerilmektedir<sup>6</sup>. Bu çeşidin yüksek sıcaklıklara toleransı ile ilgili bir bilgiye rastlanmamıştır.

**Selva:** Orijini Kaliforniya'dır. Gün-nötr bir çeşittir ve gün uzunluğuna bağlı kalmaksızın sıcaklığın büyüme için uygun olduğu sezon boyunca çiçek açıp meyvelerini olgunlaştırabilmektedir (Türkoğlu ve Bilgener, 2006). Bu çeşidin yüksek sıcaklıklara toleransı ile ilgili bir bilgiye rastlanmamıştır.

**Sweet Charlie:** Orijini Florida'dır. 'Sweet Charlie' kısa gün çeşididir. Erken meyve vermesi, tatlı bir aromaya sahip olması ve antroknoza dayanıklı olmasıyla bilinir. Bu çeşidin meyvelerinin genellikle Camarosa'dan 2 hafta önce meyve verdiği bilinir<sup>7</sup>. S. Charlie çilek çeşidinin 30/25 °C'de en iyi meyve rengine sahip olduğu belirtilmiştir (Kadir ve Sidhu, 2006).

**Whitney:** Orijini Kaliforniya'dır ve nötr gün çeşididir. Kaliforniya orjinlidir. Kaliforniya'da yaz ve sonbahar üretimine uygundur. Geç meyve verir ve meyveleri turuncu-kırmızı renktedir (Okie, 2004). Bu çeşidin yüksek sıcaklıklara toleransı ile ilgili bir bilgiye rastlanmamıştır.

Bu denemede materyal olarak her çeşide ait frigo fideler kullanılmıştır. Bu fideler, perlit, torf ve elenmiş bahçe toprağı karışımına (1:1:1) köklerine dikim budaması yapılarak, 14×12 cm çapındaki saksılara dikilmiştir. Çeşitlere göre gruplanan fideler 5–6 yapraklı döneme gelinceye kadar ortalama 6–8 hafta boyunca, ~%65 oransal nemde, 15–30°C (gece-gün) sıcaklıkta büyütme serasında yetiştirilmiştir ve her hafta düzenli olarak Actagro Seven ( 7:7:7 ) (Actagro LLC, Biola, CA, USA) ticari gübresi ile gübrenmiştir.

<sup>6</sup><http://www.yaltir.com.tr/tr/HaberOku.asp?id=30&SK=3>

<sup>7</sup><http://edis.ifas.ufl.edu/HS114>

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Yüksek sıcaklık uygulamaları

Serada yetiştirilen saksılı çilek bitkileri kontrollü koşullarda yüksek sıcaklık uygulamaları için laboratuardaki iklimlendirme kabinine (Sanyo Electric Co Ltd. Japan MLR-351H) yerleştirilmiştir. %65 RH ve 5500 lux ışık şiddetinin (16 saat) uygulandığı kabinin sıcaklığı 35°C'den başlayarak her 24 saatte 5°C arttırılarak 40, 45 ve 50°C'ye kadar yükseltilmiştir. Her sıcaklık kademesinde bitkilerden alınan yaprak örneklerinde YOSK, TK, KM ve lipid peroksidasyonu analizleri yapılmıştır. Kontrol bitkileri ise deneme boyunca serada tutulmuştur.



**Şekil 2. İklim Kabininde Yüksek Sıcaklık Uygulamasındaki Bitkilerin Görünümü**

#### 3.2.1.1. Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK)

Yüksek sıcaklık uygulamasına maruz bırakılan bitkilerde, yaprak oransal su kapsamı ve turgor kaybı, Gülen ve Eriş (2003)'in yöntemiyle belirlenmiştir. Alınan yaprak örneklerinden 1,5 cm çaplı diskler çıkartılarak disklerin öncelikle taze ağırlıkları, 4 saat saf suda bekletildikten sonra turgor ağırlıkları ve 70°C'deki etüvde 24 saat

tutulduktan sonra kuru ağırlıkları kaydedilmiştir. Elde edilen verilere bağlı olarak YOSK ve TK hesaplanarak değerler % olarak ifade edilmiştir. Çilek çeşitlerinin yaprak oransal su kapsamı ve turgor kaybı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$YOSK = (Y.A - K.A) / (T.A - K.A) \times 100$$

$$T.K = (T.A - Y.A) / T.A \times 100$$

YOSK = Yaprak oransal su kapsamı

Y.A = Yaş Ağırlık

K.A = Kuru Ağırlık

T.A = Turgor Ağırlığı



**Şekil 3. Yüksek Sıcaklık Uygulamasına Maruz Kalan Bitkiler a) 35°C'lik Sıcaklık Uygulaması b) 40°C'lik Sıcaklık Uygulaması c) 45°C'lik Sıcaklık Uygulaması d) 50°C'lik Sıcaklık Uygulaması**

### 3.2.1.2. Klorofil miktarı (KM)

11 çilek çeşidinin, yüksek sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak klorofil miktarını belirlemek amacıyla Moran ve Porath (1980)'ın yöntemi esas alınmıştır. Her bir yüksek sıcaklık uygulamasından alınan yapraklardan 0,5 cm'lik 3 adet disk hassas terazide tartıldıktan sonra kültür tüplerine konulmuştur. Her örnek üzerine 5 ml DMF eklenmiştir. Bu örnekler +4°C'de buzdolabında 72 saat bekletilmiştir. Okuma yapılmadan önce örneklerin karanlık bir ortamda oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir ve daha sonra spektrofotometrede (Beckmann, Coulter Inc., Fullerton, CA) 652 nm dalga boyunda absorbans okunmuştur. Bu şekilde belirlenen 11 çilek çeşidinin klorofil miktarı aşağıdaki formülle belirlenmiştir:

$$\boxed{KM \text{ (mg / g T. A)} = O.D_{652 \text{ nm}} \times 29 \times \text{seyreltme faktörü} / \text{mg T. A}}$$

Mg / g T. A = 1 gram taze ağırlıktaki mg cinsinden klorofil miktarı

O. D<sub>652 nm</sub> = 652 nm' deki okuma değeri

TA=Taze Ağırlık

### 3.2.1.3. Lipid peroksidasyonu (MDA)

Hücrelerde lipid peroksidasyonu sonucu oluşan MDA (Malondialdehide) miktarının ölçülmesi şeklinde uygulanan analiz, Rajinder ve ark. (1981)'nin yöntemiyle belirlenmiştir. Ekstraksiyon için kullanılan, önceden steril edilmiş havanlara, öğütmeyi kolaylaştırmak amacıyla deniz kumu ve örnekteki enzimin ekstrakte edilmesini sağlayan PVPP konulmuştur. Tüpteki ~100 mg yaprak örneği, % 0,1'lik 5 ml TCA çözeltisiyle birlikte havana boşaltılmıştır ve öğütülmüştür. Meydana gelen homojenize bitki örnekleri, 4°C'de 10000 g'de 5 dakika santifüj edilmiştir. Santrifüj edildikten sonra ayrılan sıvı kısımdan, 1,5 ml' lik mikro santrifüj tüplerine 300 µl aktarılmıştır ve üzerine 1200 µl ekstraksiyon çözeltisi (TBA+ %100 TCA+ dH<sub>2</sub>O) eklenmiştir. Spektrofotometrede okuma yapılabilmesi için gerekli olan kör örneğin (blank-şahit) hazırlanması için, 300 µl %0,1 TCA ve 1,2 ml'lik ekstraksiyon solüsyonu kullanılmıştır. Tüm örnekler ve şahit örnek ısıtıcı bloğa konulmadan önce kapaklarına delik açılarak asidin uçması sağlanmıştır. 95°C'de ısıtıcı bloğa yerleştirilen örnekler 30 dakika bekletilmiştir. Bu zaman sonunda çıkarılan tüpler 5 dakika boyunca oda sıcaklığına

dönmesi için buz içerisinde bekletilmiştir ve ardından 25°C’de 10 dakika 10000 g’de santrifüj edilmiştir. Santrifüjden çıkarılan örnekler, spektrofotometrede 532 ve 600 nm dalga boylarında okunmuştur. Yapılan analizle belirlenen MDA miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\text{MDA (nmol/g T.A)} = \text{O.D farkı} \times 32,2 \times \text{seyreltme faktörü} / \text{g T. A}$$

O.D farkı= 532 ve 600 nm dalga boyunda okunan değerlerin farkı

T. A = Taze ağırlık



**Şekil 4. Lipid Peroksidasyonu Ekstraksiyonu Sırasında Isıtıcı Bloкта Örneklerin İnkübasyonu**

#### 3.2.1.4. Hücre membran zararı ve yüksek sıcaklık toleransının belirlenmesi

Hücre membran zararlanması ve yüksek sıcaklık stres toleransı, Arora ve ark. (1998)’nin yöntemine göre belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık toleransının tespiti amacıyla yapılan uygulamada, seradaki her bir çeşide ait çilek fidelerinden çeşit özelliğini temsil eden yaprak örnekleri toplanarak buz kutusunda laboratuara getirilmiştir. Toplanan örneklerden 1 cm çapında diskler çıkartılmıştır (her tüpe 1 yaprak diski konulmuştur) ve sığağa dayanıklı parex kültür tüplerine içine 500 µl saf su konularak, ağızları kapalı olacak şekilde sıcak su banyosuna yerleştirilmiştir. Kültür tüpleri ilk olarak 25°C’ye ayarlanan su banyosuna alıştırma amacıyla yarım saat bırakılmıştır. Daha sonra sıcaklık, 45°C’ye kadar her yarım saatte 5°C yükseltilmiştir. 45°C’den itibaren sıcaklık her 5 dakikada 1°C olacak şekilde 60°C’ye kadar yükseltilmiştir ve 60°C’de yarım saat tutulmuştur. Her örnek grubu belirlenen sıcaklık derecesine gelince yarım saat bekletilmiştir ve ardından su banyosundan çıkartılmıştır. Son sıcaklık grubu da su

banyosundan çıkartılarak, tüm örneklerin 1 saat boyunca oda sıcaklığına gelmesi beklendikten sonra, üzerlerine 20 ml saf su eklenmiştir. Örnekler gece boyunca çalkalayıcıda inkübasyona bırakılmıştır. Meydana gelen iyon sızıntısını belirlemek amacıyla ilk okumalar EC metre (WTW TetraCon 325 model, InoLab Cond Level 1, Weilheim, Germany) vasıtası ile yapılmıştır. Otoklavda 121°C’de 15 dakika tutularak dokuların öldürülmesi sağlanmıştır ve sonra yine EC metre ile ikinci okuma oda sıcaklığında yapılmıştır. Hücre membran zararlanması aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır:

$$\% \text{ İyon Sızıntısı} = ( O.D_1 / O.D_2 ) \times 100$$

O.D<sub>1</sub> = 1. Okuma değeri      O.D<sub>2</sub> = 2. Okuma değeri

$$\% \text{ Zararlanma} = [ ( \% \text{ İyon sız. (U.)} - \% \text{ İyon sız. (K.)} ) / 100 - \% \text{ İyon sız. (K.)} ] \times 100$$

U= Uygulama

K= Kontrol

Bu yöntemle çeşitlerin hücre membran zararlanmaları yüzde (%) olarak belirlenmiştir. Hücre membran zararlanmasını gösteren veriler kullanılarak her çeşidin %50 zararlanma gösterdiği sıcaklık değerleri grafiklerle belirlenmiştir. Buna göre de çeşitlerin ortalama yüksek sıcaklık toleransları belirlenmiştir.



**Şekil 5. Hücre Membran Zararlanması ve Yüksek Sıcaklık Stres Toleransının Tespiti Sırasında Su Banyosunda Yüksek Sıcaklık Uygulamasından Bir Görünüm**

### 3.3. İstatiksel analizler

Deneme, ‘Tesadüf Parselleri’ deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Uygulamalar arasındaki farklılık ‘Duncan’ testi ile 0,05 önem seviyesinde ortaya konulmuştur.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

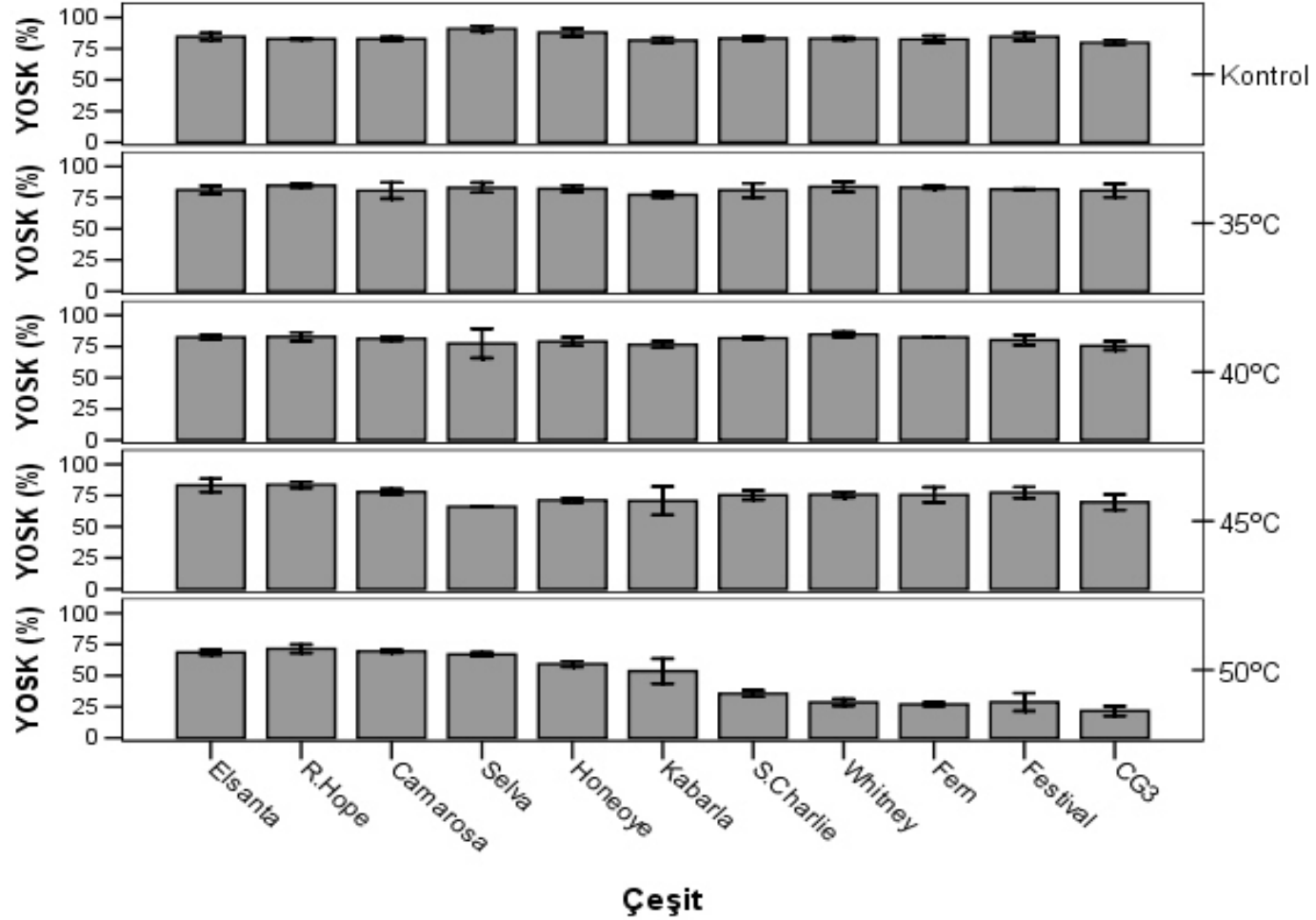
### 4.1. Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK)

Genel olarak çeşitlerin YOSK'larında 45°C'ye kadar önemli bir değişim görülmemekle beraber, 50°C'ye gelindiğinde dikkat çekici bir değişim göze çarpmaktadır (Şekil 6). Kontrol grubu ile 35 ve 40°C uygulamalarında YOSK miktarının tüm çeşitlerde %75 ve üzerinde olduğu belirlenmiştir. 45°C'de; çeşitler arasında bu oranın ~%60–70 arasında olduğu tespit edilmiştir. 50°C'de; CG<sub>3</sub>, Festival ve Fern çeşitleri en düşük, Elsanta, R.Hope ve Camarosa çeşitleri ise en yüksek YOSK'na sahip olduğu görülmüştür. Bu değerlerden yola çıkarak, Elsanta, R. Hope ve Camarosa çeşitleri ~%70 ile en yüksek YOSK'na sahip iken, Whitney, Fern, Festival ve CG<sub>3</sub> çeşitlerinin ~%30–35 ile en düşük YOSK'na sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1'de, uygulama sıcaklıklarının çilek çeşitlerinin yapraklarındaki YOSK üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Uygulamalara ve çeşitlere göre ortalama YOSK değerlendirildiğinde Elsanta (%80,59) ve R. Hope (%81,70) ortalama ile en yüksek YOSK'na sahip iken, CG<sub>3</sub> (%64,06) en düşük YOSK'na sahip olmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise, kontrolde ortalama %84,13 ile en yüksek YOSK tespit edilirken 50°C uygulamasında ortalama %47,10 ile en düşük YOSK belirlenmiştir. Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca çeşit ve sıcaklık uygulamaları arasındaki interaksiyon %5 seviyesinde önemli olmuştur (Ek 1).

### 4.2. Turgor Kaybı (TK)

Çilek çeşitlerinin TK genel olarak YOSK ile aynı doğrultuda olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, 45°C'ye kadar çilek yaprak örneklerindeki TK'nda önemli bir değişim göze çarpmazken 50°C'lik yüksek sıcaklık uygulamasıyla birlikte belirgin bir değişim tespit edilmiştir. Kontrol grubu ile 35 ve 40°C uygulamalarında tüm çeşitler için TK'nın ~% 15–20 olduğu belirlenmiştir. 45°C'de bu oranın ~%20 seviyesinde olduğu belirlenmiştir. 50°C'de, Elsanta, R.Hope ve Camarosa en az TK (~%20–25) gösteren çeşitler iken, Fern, Festival ve CG<sub>3</sub> en fazla turgor kaybı (~%60) gösteren çeşitler olmuştur.



Şekil 6. Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Çeşitlerinin Yaprak Oransal Su Kapsamındaki (YOSK) Değişim. Dikey Barlar Tekerrürlerin  $\pm$  SS' larını Göstermektedir

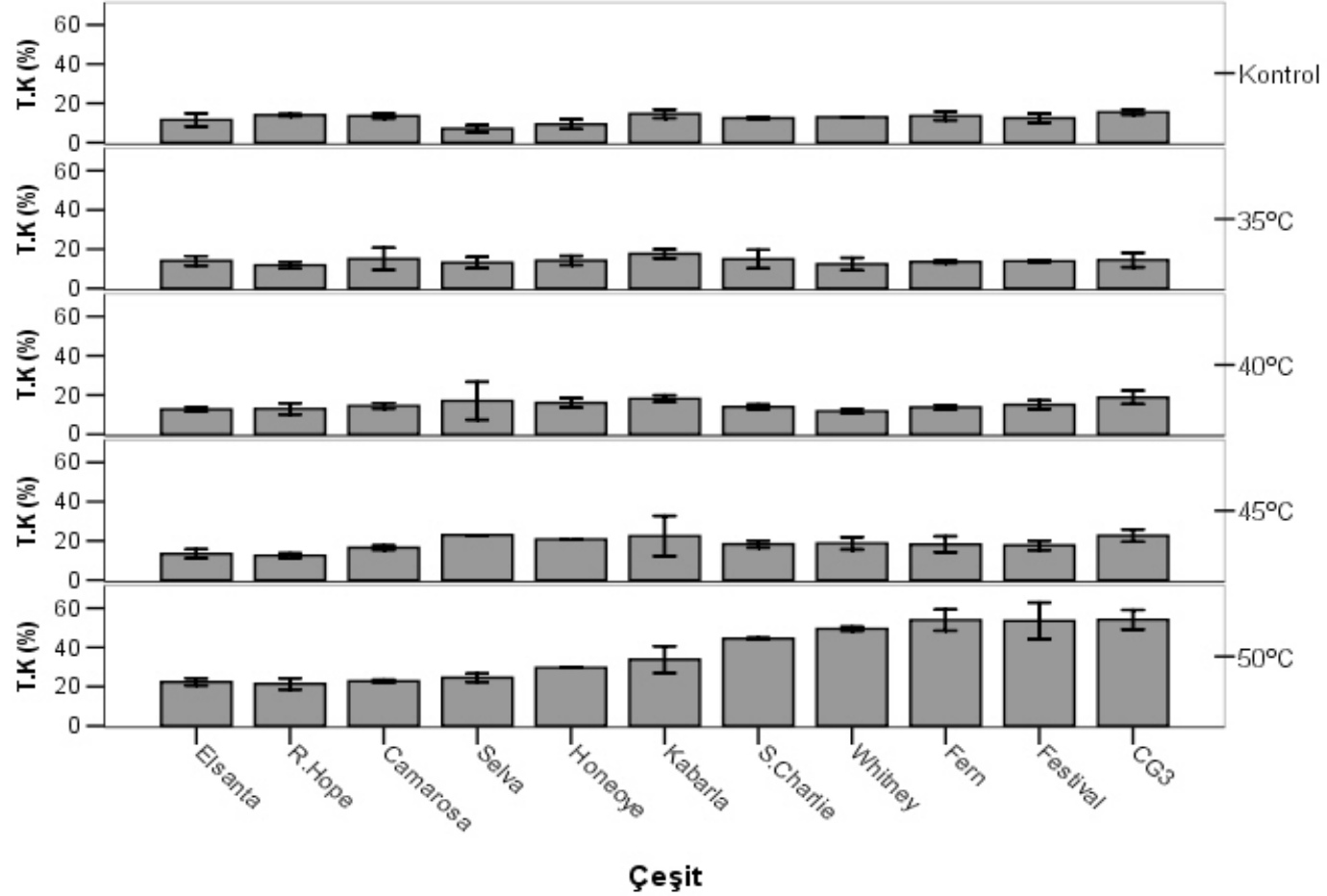


**Çizelge 1. Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Yapraklarındaki Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK)**

Çeşitler	YOSK (%)
Elsanta	80,59 <sup>ab</sup>
R.Hope	81,70 <sup>a</sup>
Camarosa	78,61 <sup>bc</sup>
Selva	78,54 <sup>bc</sup>
Honeoye	76,19 <sup>c</sup>
Kabarla	73,44 <sup>d</sup>
S.Charlie	73,18 <sup>d</sup>
Whitney	73,32 <sup>d</sup>
Fern	72,18 <sup>d</sup>
Festival	71,41 <sup>d</sup>
CG <sub>3</sub>	64,06 <sup>e</sup>
Uygulamalar (°C)	
Kontrol	84,13 <sup>a</sup>
35	81,67 <sup>b</sup>
40	80,49 <sup>b</sup>
45	75,57 <sup>c</sup>
50	47,10 <sup>d</sup>
ANOVA	
Çeşit	*
Uygulama	*
Çeşit × Uygulama	*

\*0,05 seviyesinde önemli

Çizelge 2’de, uygulama sıcaklıklarının çilek çeşitlerinin yapraklarındaki TK üzerindeki önem derecesi gösterilmiştir. Uygulamalar ve çeşitlere göre ortalama TK değerlendirildiğinde Elsanta (%14,49) ve R. Hope (%14,05) ortalama en düşük TK’na sahip iken, CG3 (%26,04) en yüksek TK’na sahip olmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise kontrolde ortalama %12,38 ile en düşük TK tespit edilirken, 50 °C uygulamasında ortalama % 38,70 ile en yüksek TK belirlenmiştir. Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. 35 ve 40°C uygulamaları arasında istatistikî olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Ayrıca çeşit ve sıcaklık uygulamaları arasındaki interaksiyon %5 seviyesinde önemli olmuştur (Ek 2).



Şekil 7. Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Çeşitlerinin Turgor Kaybındaki (TK) Değişim. Dikey Barlar Tekerrürleri  $\pm$  SS' larını Göstermektedir.

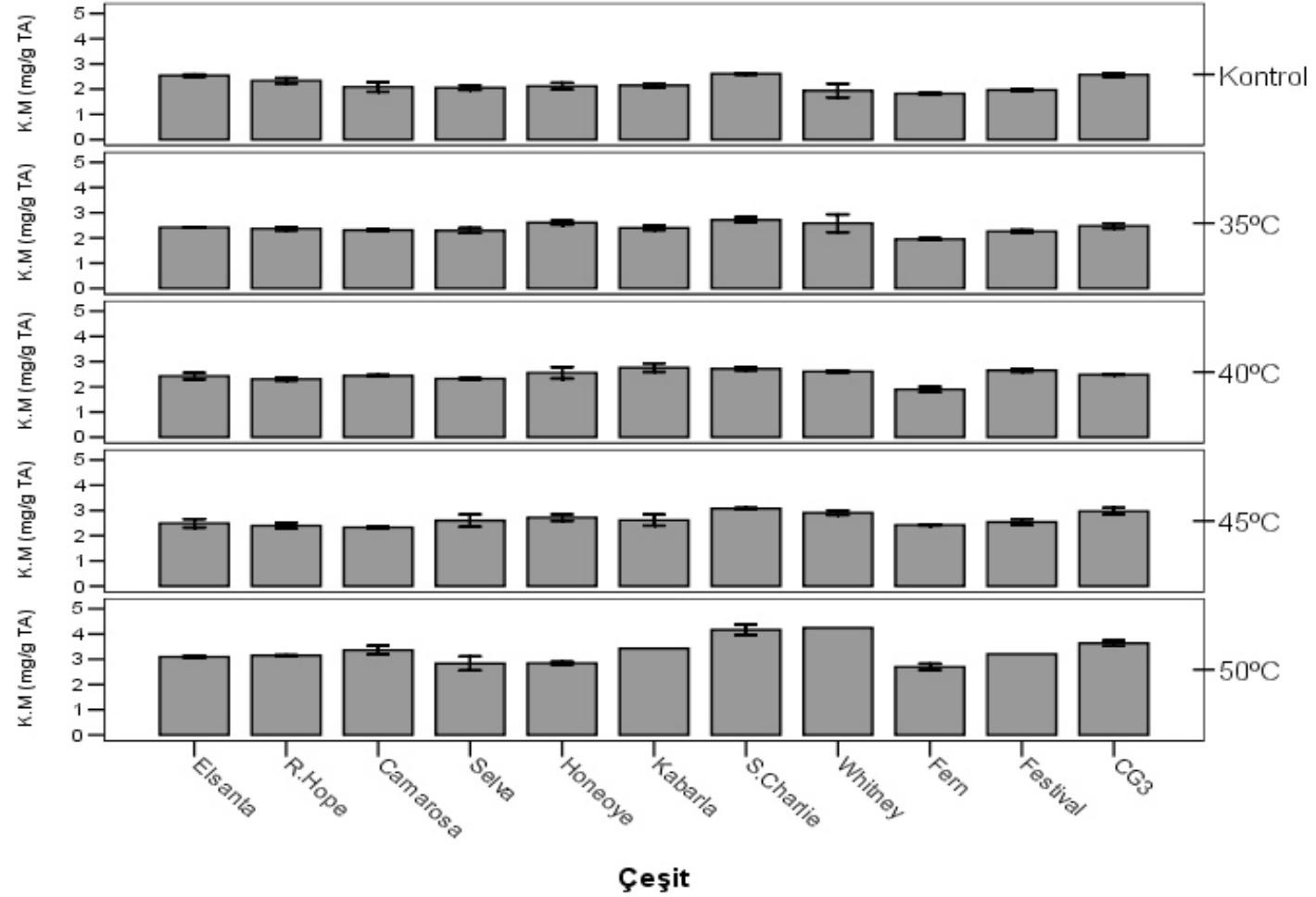
**Çizelge 2. Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Yapraklarındaki Turgor Kaybı (TK)**

Çeşitler	TK (%)
Elsanta	14,49 <sup>gh</sup>
R.Hope	14,05 <sup>h</sup>
Camarosa	16,30 <sup>fg</sup>
Selva	15,80 <sup>fgh</sup>
Honeoye	17,81 <sup>ef</sup>
Kabarla	20,29 <sup>cd</sup>
S.Charlie	19,64 <sup>de</sup>
Whitney	19,56 <sup>de</sup>
Fern	23,63 <sup>b</sup>
Festival	21,83 <sup>bc</sup>
CG <sub>3</sub>	26,04 <sup>a</sup>
Uygulamalar (°C)	
Kontrol	12,38 <sup>d</sup>
35	14,09 <sup>c</sup>
40	14,88 <sup>c</sup>
45	18,04 <sup>b</sup>
50	38,70 <sup>a</sup>
ANOVA	
Çeşit	*
Uygulama	*
Çeşit × Uygulama	*

\* 0,05 seviyesinde önemli

#### 4.3. Klorofil Miktarı (KM)

Sıcaklık uygulamaları ile birlikte klorofil miktarındaki değişimler Şekil 8’de verilmiştir. Çeşitler arasındaki yüksek sıcaklığın etkisine bağlı olarak KM’ları incelendiğinde, kontrol grubunda ~ 2,8 mg/g TA ortalamasına sahip iken, 35 °C’de ~ 3 mg/g TA, 40°C’de 3 mg/g TA, 45 °C’de ~3,2 mg/g TA ve 50 °C’de, S.Charlie ve Whitney çeşitleri ~5 mg/g TA ile en yüksek, Fern çeşidi ise ~2–2,5 mg/g TA ile en düşük KM’na sahip olduğu tespit edilmiştir. Uygulama sıcaklıklarına bağlı olarak çeşitlerin KM’larında göreceli olarak artış tespit edilmiştir.



Şekil 8. Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Çeşitlerinin Klorofil Miktarı (KM) Değişimi. Dikey Barlar Tekerrürlerin SS' larını Göstermektedir. (TA= Taze Ağırlık)

**Çizelge 3. Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Yapraklarındaki Klorofil Miktarı (KM)**

Çeşitler	KM (mg/g TA)
Elsanta	2,58 <sup>cd</sup>
R.Hope	2,46 <sup>efg</sup>
Camarosa	2,53 <sup>def</sup>
Selva	2,39 <sup>g</sup>
Honeoye	2,55 <sup>cde</sup>
Kabarla	2,55 <sup>cde</sup>
S.Charlie	2,99 <sup>a</sup>
Whitney	2,64 <sup>c</sup>
Fern	2,17 <sup>h</sup>
Festival	2,45 <sup>fg</sup>
CG <sub>3</sub>	2,81 <sup>b</sup>
Uygulamalar (°C)	
Kontrol	2,21 <sup>e</sup>
35	2,40 <sup>d</sup>
40	2,49 <sup>c</sup>
45	2,63 <sup>b</sup>
50	3,24 <sup>a</sup>
ANOVA	
Çeşit	*
Uygulama	*
Çeşit × Uygulama	*

\* 0,05 seviyesinde önemli

Çizelge 3’de, uygulama sıcaklıklarının çilek yapraklarındaki KM üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Uygulamalar ve çeşitlere göre, S.Charlie 2,99 mg/g TA ile en yüksek KM’na sahip iken, Fern 2,17 mg/g TA ile en düşük KM’na sahip olmuştur. Uygulamalar ile karşılaştığında ise kontrolde ortalama 2,2 mg/g TA ile en düşük KM tespit edilirken, 50 °C uygulamasında ortalama 3,3 mg/g TA ile en yüksek KM belirlenmiştir. Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca çeşit ve sıcaklık uygulamaları arasındaki interaksiyon % 5 seviyesinde önemli olmuştur (Ek 3).

**Çizelge 4. Çilek Çeşitlerinin Kontrol Örnekleri ile 50 °C Uygulamasında Belirlenen Klorofil Miktarları (KM) Arasındaki Değişim Oranları (%)**

ÇEŞİTLER	KM (mg/g TA)		DEĞİŞİM ORANI (%)
	KONTROL	50°C	
Elsanta	2,7	3,2	+10
Redlands Hope	2,5	3,1	+12
Camarosa	2,3	3,4	+22
Selva	2,1	3,2	+22
Honeoye	2,2	3,0	+16
Kabarla	2,2	3,5	+26
Sweet Charlie	2,9	4,3	+28
Whitney	2,0	4,2	+44
Fern	1,8	2,9	+22
Festival	2,0	3,4	+28
CG <sub>3</sub>	2,8	4,9	+42

Oransal olarak kontrol ile uygulamalarda en yüksek sıcaklık olan 50 °C'deki çeşitlerin KM'ları karşılaştırılarak değişim oranları (%) Çizelge 4'de gösterilmiştir. Buna göre tüm çeşitlerin KM'larında artış gözlemlenmiştir. Görüldüğü gibi sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak %42 ve 44 ile CG<sub>3</sub> ve Whitney çeşitlerinin KM'larında artış görülürken, %10 ve 12 ile Elsanta ve R.Hope çeşitleri sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak en az miktarda değişim göstermiştir.

#### 4.4. Lipid Peroksidasyonu (MDA)

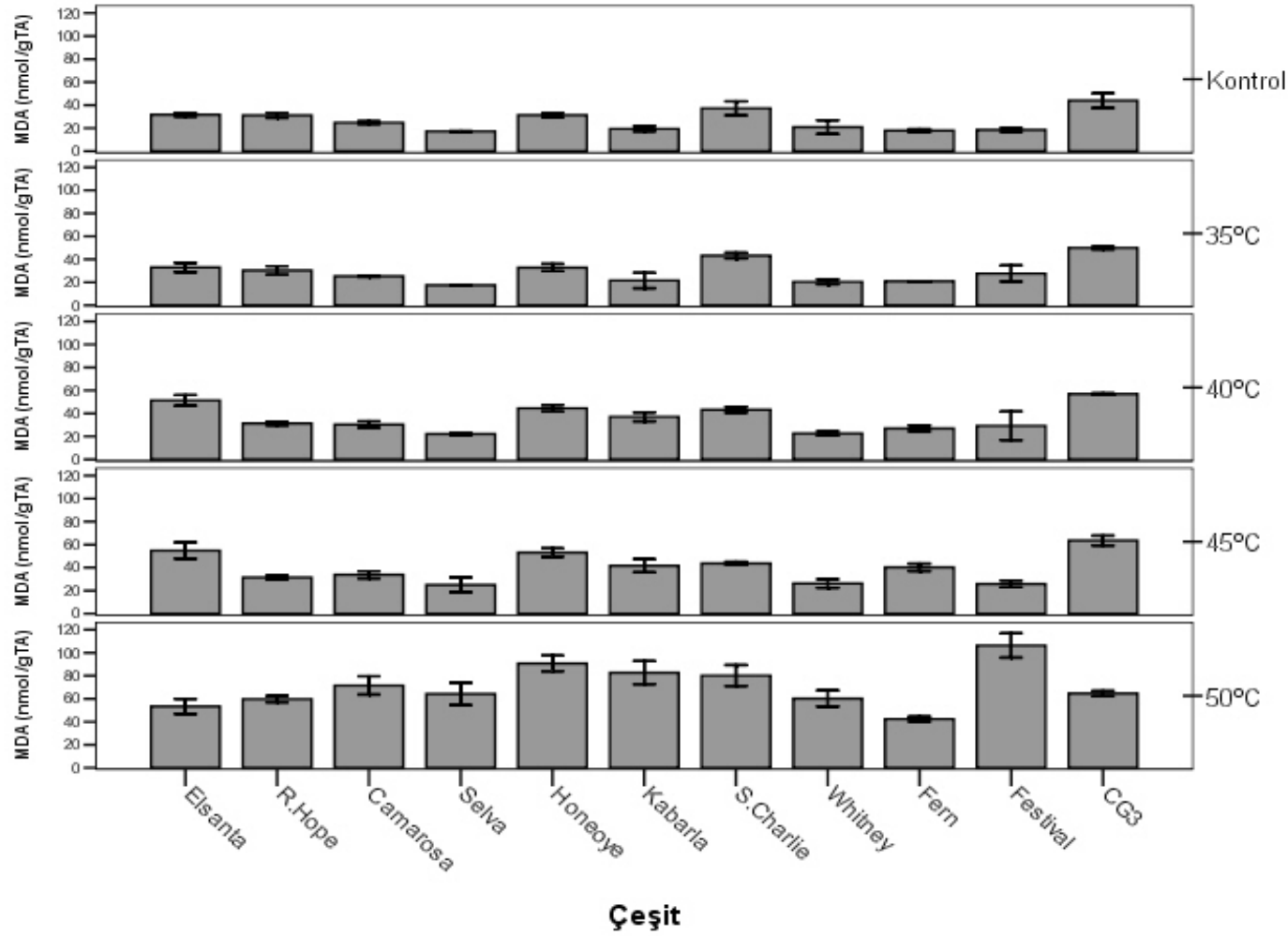
Şekil 9'da, sıcaklık uygulamalarına göre MDA miktarları karşılaştırıldığında, kontrol, 35, 40 ve 45°C'ye kadar çeşitler arasında önemli bir fark oluşmazken, 50°C' de tüm çeşitlerin MDA miktarları arasında önemli derecede farklılıklar oluşmuştur. 50°C uygulamasında, MDA miktarı Festival çeşidinde ~120 nmol/g TA ve Honeoye çeşidinde ~110 nmol/g TA ile en yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Fern, CG<sub>3</sub> ve Elsanta çeşitlerinde ise ~50–60 nmol/g TA ile en düşük MDA miktarı görülmüştür.

**Çizelge 5. Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Yapraklarındaki MDA miktarları**

Çeşitler	MDA(nmol/g TA)
Elsanta	46,21 <sup>b</sup>
R.Hope	36,79 <sup>d</sup>
Camarosa	38,02 <sup>cd</sup>
Selva	29,19 <sup>e</sup>
Honeoye	51,77 <sup>a</sup>
Kabarla	40,31 <sup>c</sup>
S.Charlie	51,53 <sup>a</sup>
Whitney	30,70 <sup>e</sup>
Fern	29,44 <sup>e</sup>
Festival	40,07 <sup>cd</sup>
CG <sub>3</sub>	54,31 <sup>a</sup>
Uygulamalar (°C)	
Kontrol	26,95 <sup>e</sup>
35	29,97 <sup>d</sup>
40	35,41 <sup>c</sup>
45	38,77 <sup>b</sup>
50	71,05 <sup>a</sup>
ANOVA	
Çeşit	*
Uygulama	*
Çeşit × Uygulama	*

\* 0,05 seviyesinde önemli

Çizelge 5'te uygulama sıcaklıkları itibariyle çilek çeşitlerinin yapraklarındaki MDA miktarlarının önemi belirlenmiştir. Uygulamalara ve çeşitlere göre MDA miktarı değerlendirildiğinde CG<sub>3</sub> (54,31 nmol/g TA), Honeoye (51,77 nmol/g TA) ve S.Charlie (51,53 nmol/g TA) ortalama en yüksek değere sahip iken, Fern (29,44 nmol/g TA), Selva (29,19 nmol/g TA) ve Whitney (30,70 nmol/g TA) ortalama en düşük değere sahip olmuştur. Uygulamalarla karşılaştırıldığında ise, kontrolde ortalama 26,95 nmol/g TA ile en düşük MDA miktarı tespit edilirken, 50°C uygulamasında ortalama 71,05 nmol/g TA ile en yüksek MDA miktarı belirlenmiştir. Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca çeşit ve sıcaklık uygulamaları arasındaki interaksiyon, % 5 seviyesinde önemli olmuştur (Ek 4).



Şekil 9. Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Çeşitlerinin MDA (Malondialdehyde) Miktarları. Dikey Barlar Tekerrürlerin  $\pm$  SS' larını Göstermektedir. (TA=Taze Ağırlık)



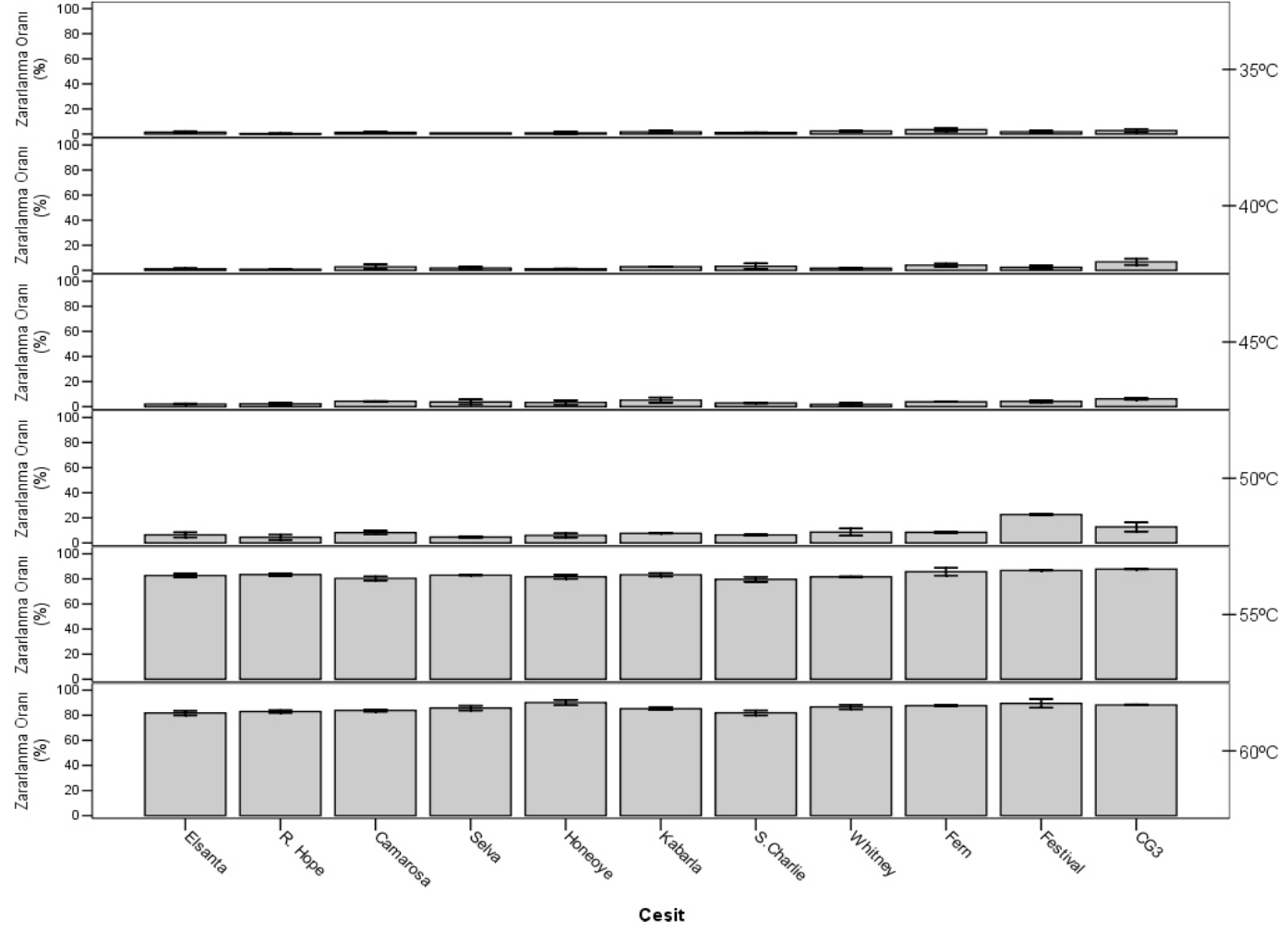
**Çizelge 6. Çilek Çeşitlerinin Kontrol Örnekleri ile 50 °C Uygulamasında Belirlenen Malondialdehyde (MDA) Miktarları Arasındaki Değişim Oranları (%)**

ÇEŞİTLER	MDA(nmol/g TA)		DEĞİŞİM ORANI (%)
	KONTROL	50°C	
Elsanta	35	60	+42
Redlands Hope	32	62	+48
Camarosa	27	80	+66
Selva	18	75	+76
Honeoye	32	100	+68
Kabarla	20	96	+79
Sweet Charlie	47	100	+53
Whitney	30	70	+57
Fern	20	45	+55
Festival	20	116	+82
CG <sub>3</sub>	50	70	+28

Kontrol ve 50°C uygulamasının karşılaştırıldığı Çizelge 6'da, Kabarla ve Festival çeşitlerinde MDA miktarında %79 ve 82'lik bir artış belirlenmiştir. En düşük değişim oranı %28, 42 ve 48 ile sırasıyla CG<sub>3</sub>, Elsanta ve R.Hope çeşitlerinde meydana gelmiştir.

#### 4.5. Hücre Membran Zararlanma Oranı

Yüksek sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak çilek çeşitlerinin hücre membran zararlanma oranlarının karşılaştırıldığı (Şekil 10) çalışmada değerlendirmeye alınan 11 çeşit arasında 50°C'ye kadar olan sıcaklık uygulamaları arasında önemli bir fark görülmemiştir. Ancak 55°C'lik uygulama, çeşitlerin zararlanma oranlarında önemli farklılıklara neden olmuştur. Buna göre Honeoye, CG<sub>3</sub>, Fern ve Festival 35°C'de % 10'a yakın bir zararlanma gösterirken, bu oran 50°C'de ~% 20, 55°C'de %85 ve 60°C'de ~%90'ın üzerindeki zararlanma oranıyla en yüksek seviyede zararlanma göstermişlerdir. Elsanta, Hope, S.Charlie çeşitleri ise 50°C'de ~% 10, 55°C'de ~% 80 ve 60°C'de ~%85 zararlanma göstererek diğer çeşitlere göre nispeten daha düşük zararlanma oranına sahip olmuştur.



**Şekil 10. Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çiçek Çeşitlerinin Hücre Membran Zararlanma Oranları. Dikey Barlar Tekerrürlerin  $\pm$  SS' larını Göstermektedir.**

**Çizelge 7. Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Yapraklarındaki Hücre Membran Zararlanması**

Çeşitler	Zararlanma Oranı (%)
Elsanta	31,42 <sup>e</sup>
R.Hope	28,96 <sup>g</sup>
Camarosa	35,35 <sup>ab</sup>
Selva	30,13 <sup>f</sup>
Honeoye	35,96 <sup>a</sup>
Kabarla	34,05 <sup>c</sup>
S.Charlie	30,75 <sup>ef</sup>
Whitney	25,24 <sup>h</sup>
Fern	35,76 <sup>a</sup>
Festival	34,54 <sup>bc</sup>
CG <sub>3</sub>	32,45 <sup>d</sup>
Uygulamalar (°C)	
35	1,65 <sup>f</sup>
40	2,55 <sup>e</sup>
45	3,51 <sup>d</sup>
50	8,83 <sup>c</sup>
55	83,08 <sup>b</sup>
60	85,51 <sup>a</sup>
ANOVA	
Çeşit	*
Uygulama	*
Çeşit × Uygulama	*

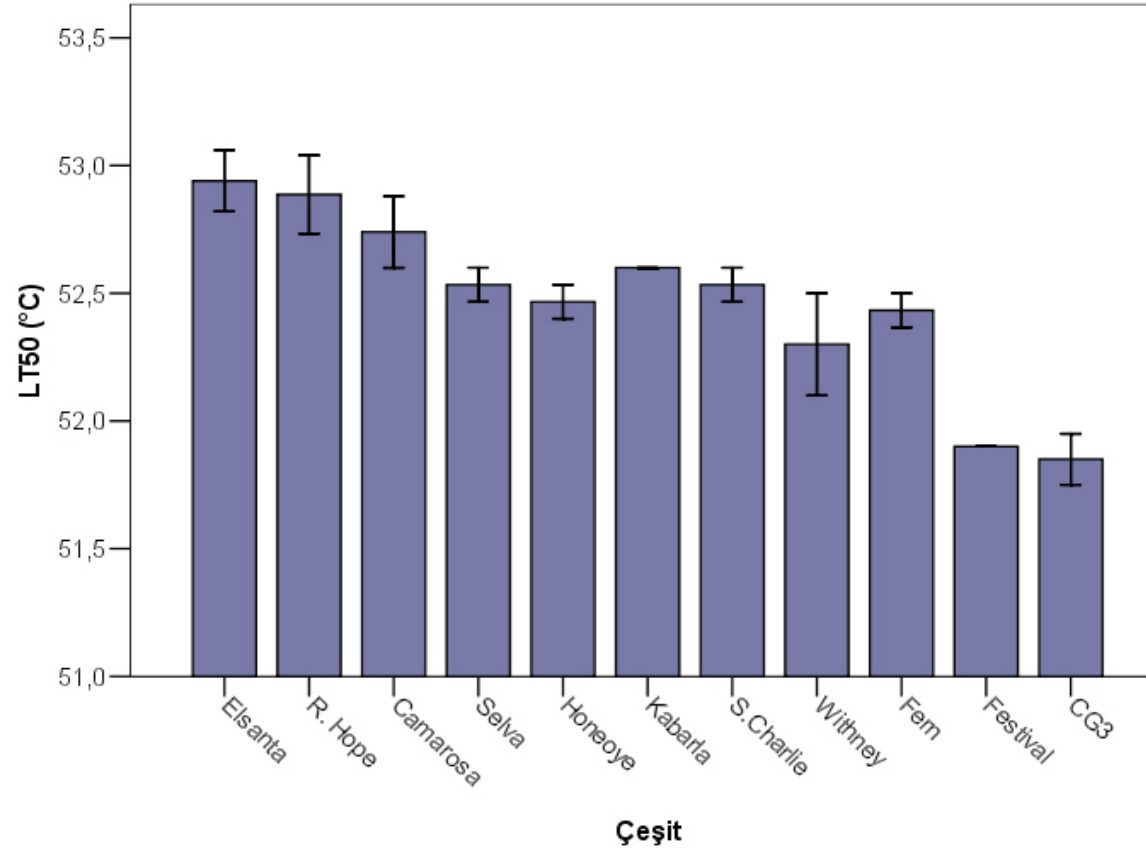
\* 0,05 seviyesinde önemli

Çeşitler ve uygulama sıcaklıkları itibariyle çilek çeşitlerinin yapraklarındaki zararlanma oranları Çizelge 7’de verilmiştir. Uygulamalar ve çeşitlere göre ortalama hücrel membran zararlanma oranları değerlendirildiğinde Fern (%35,76) ve Honeoye (%35,96) en yüksek değere sahipken, Whitney (%25,24) en düşük zararlanma oranına sahip olmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise 35°C’de %1,65 ile en düşük ve 60°C’de ise %85,51 ile en yüksek zararlanma oranı tespit edilmiştir. Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca çeşit ve sıcaklık uygulama arasındaki etkileşim, %5 seviyesinde önemli olmuştur (Ek 5).

#### 4.6. Yüksek Sıcaklığa Tolerans (LT<sub>50</sub>)

LT<sub>50</sub> (Lethal temperature) değeri, bir popülasyondaki bireylerin %50'sinin yüksek zarara maruz kaldığı veya öldüğü sıcaklık derecesidir. Çeşitlerin ortalaması değerlendirildiğinde LT<sub>50</sub> değeri 52,94°C olan Elsanta çeşidinin göreceli olarak tolerant olduğu, LT<sub>50</sub> değeri 51,85°C olan CG<sub>3</sub> çeşidinin ise diğer çeşitlere göre daha hassas olduğu tespit edilmiştir. Diğer çeşitlerin LT<sub>50</sub> değerlerinin ise; R.Hope; 52,88, Camarosa; 52,74, Selva; 52,33, Honeoye; 52,46, Kabarla; 52,60, S.Charlie; 52,53, Whitney; 52,30, Fern; 52,43 ve Festival; 51,90°C olduğu belirlenmiştir.(Şekil 11).

Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çeşitlerin bu denemedeki önem seviyesi incelendiğinde, %5 önemli olmuştur (Ek 6).



Şekil 11. Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Çilek Çeşitlerinin Yüksek Sıcaklık Toleransları (LT<sub>50</sub>) Değerleri. Dikey Barlar Tekerrürlerin ± SS' larını Göstermektedir.

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yüksek sıcaklık stresi; belirli bir sürede, belirli bir eşik seviyesinin üzerinde, bitki büyüme ve gelişmesi için geri dönüşümsüz zararlanmaya neden olan sıcaklıktaki artış olarak tanımlanmaktadır. Yüksek sıcaklık stresi, özellikle optimum büyüme sıcaklığındaki 1,5–6°C'lik artış ile fotosentezin inhibisyonuna, hücre membran zararlanmasına ve senesense bağlı hücre ölümlerine neden olarak büyüme ve gelişmeyi sınırlayan abiyotik stres koşullarından biridir (Yıldız ve Terzi, 2007).

Yüksek sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak değerlendirilen 11 çeşitte 50°C'lik uygulamada YOSK'larının doğrusal olarak azaldığı, buna karşılık TK'nın ise artış gösterdiği belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıkla birlikte transpirasyon artmakta ve bu da yapraklardaki su kapsamının azalmasına ve turgor kaybı oluşumuna neden olmaktadır. Su kaybı ile birlikte hücrel bir sinyal iletimi tetiklenir ve bir dizi gen grubu uyarılır. Böylelikle strese karşı cevap mekanizması harekete geçirilmiş olur. YOSK ve TK, bitkinin su dengesini belirlemede önemli bir göstergedir. Çünkü bitkinin tam doygunluğa ulaşabilmesi için gerekli olan net ve kaybedilen su miktarını ifade eder (Gonzalez ve Gonzalez-Vilar, 2001). Uzun çayır otu ve çok yıllık kara çayır bitkilerinde 38, 42 ve 46°C'lik yüksek sıcaklık uygulamalarının ardından, YOSK'nda yükselen sıcaklığa bağlı olarak azalma görüldüğü kaydedilmiştir (Xu ve ark., 2006). Bu veri deneme sonuçlarını desteklemektedir. Gülen ve Eriş (2003)'in '*Camarosa*' çilek çeşidinde yapmış oldukları araştırmada, yüksek sıcaklık uygulamalarının YOSK'nı azalttığı, TK'nı arttırdığını tespit etmişlerdir. Araştırmacıların bulguları ve bu çalışmadan elde edilen sonuçların aynı doğrultuda olduğu görülmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, yüksek sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak çeşitler arasında klorofil miktarında %10 ila 44 arasında bir artış olduğu belirlenmiştir ancak fizyolojik açıdan KM parametresinin genotip sel bir farklılık göstermediği görülmüştür. Bitkiler yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında klorofil biyosentezi etkilenmektedir. Yüksek sıcaklıklar, klorofil biyosentezinde klorofilin iki öncü molekülü olan 5-aminolevulinik asit ve protoklorofillitin sentezinden sorumlu enzimlerin inhibisyonuna neden olmaktadır (Havaux,1998). Yüksek sıcaklıkta klorofil biyosentezinin inhibe olması nedeniyle fotosentetik aktivite azalmaktadır. Diğer taraftan, buğdayın klorofil biriktirme yeteneğinin 35°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda

zarar gördüğü bildirilmiştir. Liu ve Huang (2000) *Agrostis palustris*'de yaptıkları çalışmada klorofil içeriğinin uygulanan yüksek sıcaklık (35/25°C) ile arttığını bildirmiştir. Bu çalışmada ise, KM ve çeşitlerin sıcaklık toleransları arasında doğrusal bir ilişki saptanamamıştır.

Denemeden elde edilen MDA sonuçlarına göre, yüksek sıcaklık uygulamalarıyla birlikte MDA oluşumunda artış olduğu belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıklara maruz kalan bitkilerde, membran yapısında oluşan geri dönüşümsüz farklılıklar sonucu membran akışkanlığındaki değişiklikler, membran bileşenlerinin yeniden düzenlenmesi veya lipid içeriğindeki değişimlerden kaynaklanmaktadır (Yıldız ve Terzi, 2007). Yağ asitlerinin parçalanması sonucu peroksid iyonları ve MDA açığa çıkmaktadır. Bu, hücre zarı stabilitesi ile MDA miktarının birbiri ile ilgili parametreler olduğunu göstermektedir (Eiberger ve ark., 2002). Liu ve Huang (2000)'a göre yüksek sıcaklık uygulamalarıyla birlikte *Agrostis palustris* bitkisinde MDA oluşumunda artış gözlemlenmiştir. Ayrıca sıcaklık stresinin 56. gününde kontrol bitkilerine göre strese maruz bırakılmış bitkilerde MDA miktarının 2,6 kat artmış olduğu tespit edilmiştir. Denemede elde edilen sonuçlara göre kontrol grubu bitkilerine göre 50°C uygulamasındaki çilek bitkilerinin MDA miktarları ortalama 3,1 kat artmıştır. Amutha ve ark. (2007)'nin hassas (ARM242 ve EC 68415) ve dayanıklı (Morden CO 4) ayçiçeği çeşitlerinde yapmış oldukları yüksek sıcaklık stresi çalışmasında, 39°C'ye kadar yükseltilen deneme sıcaklığında MDA oluşumunda önemli derecede artış (82 ve 75 µmol) belirlenmiştir. Bezelye bitkisine 10–15 dakika boyunca uygulanan 42°C'lik sıcaklık lipid peroksidasyonunun ürünü olan MDA miktarında artışa neden olmuştur (Kurganova ve ark.1997). Bu çalışmada elde edilen MDA miktarlarını her çeşit içinde, uygulanan sıcaklık dereceleri açısından değerlendirmek daha anlamlı olacaktır. Bu şekilde MDA miktarlarındaki artış daha belirgin görülebilmektedir.

İyon sızıntısı testi ile belirlenen zararlanma oranı sonuçları, YOSK, TK ve MDA sonuçları ile paralellik göstermektedir. 50°C'ye kadar çeşitlerin zararlanma oranları arasında önemli bir fark görülmezken, 55 ve 60°C'de çarpıcı bir artış meydana gelmiştir. Gülen ve Eriş (2003)'e göre iyon sızıntısı, hücre zarı termostabilitesini ölçmede etkili bir yöntemdir ve doğrudan sıcaklık zararlanmasında kullanılan bir göstergedir. Song ve ark., (2006)'nın iki saz (*Phragmites communis* Trin.) çeşidinde yapmış oldukları yüksek sıcaklık stresi araştırmasında, yüksek sıcaklığın iyon sızıntısını

tetiklediğini tespit etmişlerdir. Burada sonuçları verilen çalışma, Song ve ark. (2006)'nın yapmış oldukları çalışma ile aynı doğrultudadır.

Değerlendirmeye alınan 11 çilek çeşidinin stres tolerans noktasını (LT<sub>50</sub>) belirlemek amacıyla yapılan denemede, çeşitlerin stres tolerans noktalarının 51,8 ve 52,9°C arasında değiştiği belirlenmiştir. Çeşitler arasında ~52°C ile Festival ve CG<sub>3</sub> en düşük toleransa sahip iken, 52,94°C ile Elsanta toleransı en yüksek çeşit olarak tespit edilmiştir. LT<sub>50</sub>, bir populasyondaki bireylerin %50'sinin yüksek zarara maruz kalarak ölümle sonuçlandığı sıcaklık derecesidir. Küresel ısınma nedeniyle artan sıcaklıklar, çilek gibi gerek örtü altında gerekse açıkta yetiştiriciliği yapılan bitkilerde verimliliği sınırlandıran faktörlerin başında gelmektedir. Yükselen sıcaklıklarla birlikte yavaşlayan fotosentez sebebiyle kültür çeşitlerinin gelişiminde ve veriminde önemli miktarda gerileme yaşanmaktadır. Bu durumdaki bitki ya ortamdaki değişime uyum sağlayamayıp ölecektir ya da tolerans gösterip yaşamını devam ettirecektir. Tolerans, stres altındaki bitkilerde görülen bir durumdur. Yüksek sıcaklık stresine tolerans ise, bitkinin uygun olmayan sıcaklık derecelerinde yaşamını devam ettirip, büyüebilme kapasitesidir. Tolerans sırasında bitkide ya hiçbir zararlanma oluşmaz veya onarılabılır bir zarar meydana gelir. Araştırmalar, gece sıcaklıklarında her 1°C artışa karşılık pirinç mahsulü veriminin yüzde 10 düştüğünü göstermektedir<sup>8</sup>. Ayrıca TÜSİAD, sıcaklıktaki her 1°C'lik artış nedeniyle yaşanan ürün kaybının Türkiye ekonomisine 1 milyar YTL'lik yük getireceğini bildirmiştir<sup>9</sup>. Çilek çeşitlerinin yüksek sıcaklığa tolerans noktaları ile ilgili literatür bilgisi mevcut olmadığından gelecekte çilekte yüksek sıcaklıklara dayanıklı veya toleransı yüksek çeşitlerin ıslahı için var olan çeşitlerin toleranslarının belirlenmesi verimli çeşitler elde edilmesinde büyük önem arz etmektedir. Bu da bitkilerin yüksek sıcaklık stresine karşı geliştirdikleri mekanizmanın açıklanabilmesi ile mümkün olacaktır. Bu bilgiler ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda LT<sub>50</sub>'nin, tür ve çeşitlerin yüksek sıcaklığa toleranslarını belirlemede önemli bir parametre olduğu görülmektedir.

---

<sup>8</sup><http://www-r10-netkuresel-isinmaya-hayir-seo.blogspot.com/2007/08/kresel-snma-ve-kresel-ktlk.html>

<sup>9</sup><http://www.kureselisinmaveetkileri.com/bir-derecelik-sicaklik-artisinin-maliyeti-1-milyar-ytl.html/>



Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde bazı çilek çeşitlerinin yüksek sıcaklıklara toleranslarının belirlenmesinde zararlanma oranı, YOSK, TK ve MDA'nın etkili olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, KM'nda sıcaklık uygulamalarıyla birlikte artış görülmesine rağmen, çalışmanın amacına yönelik doğrudan etkisi olduğu tespit edilmemiştir. Bu verilere göre değerlendirmeye alınan 11 çilek çeşidi arasında, Elsanta, R. Hope ve Camarosa çeşitlerinin yüksek sıcaklığa göreceli olarak tolerant oldukları, Whitney, Fern, Festival ve CG<sub>3</sub> çeşitlerinin ise nispeten daha hassas çeşitler olduğu ortaya konulmuştur. Dolayısıyla, bu çalışma çilekte yüksek sıcaklığa toleransın çeşitler bazında araştırıldığı temel bir çalışma olması nedeniyle özgün sonuçları içermektedir. Ayrıca yüksek sıcaklık stresinin moleküler mekanizmasına ve yüksek sıcaklığa dayanıklı çilek çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik ileriki çalışmalara ışık tutması bakımından önem arz etmektedir.

**KAYNAKLAR**

AĞAOĞLU, Y.S. 1986. Üzümsü Meyveler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No.984, s.290–377.

ALMESELMANI, M., P.S. DESHMUKH, S.R. SAIRAM, S.R. KUSWAHA, T.P. SINGH. 2006. Protective Role of Antioxidant Enzymes Under High Temperature Stress. *Plant Science*, 171:382–388.

AMUTHA,R., S.MUTHULAKSMI, W.B. RANI, K. INDIRA, P.MAREESWARI, 2007. Studies on Biochemical Basis of Heat Tolerance in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(4):234–238.

ARORA, R., D.S. PITCHAY, B.C. BEARCE. 1998. Water-Stress-Induced Heat Tolerance in Geranium Leaf Tissues: A Possible Linkage Through Stress Proteins? *Physiologica Plantarum*, 103:24–34.

CHAITANYA, K.V., D. SUNDAR, A. REDDY. 2001a. Mulberry Leaf Metabolism Under High Temperature Stress. *Biologia Plantarum*, 44 (3):379-384.

CHAITANYA, K.V., D. SUNDAR, S. MASILAMANI, A.R. REDDY, 2001b. Variation in Heat Stress-Induced Antioxidant Enzyme Activities Among Three Mulberry Cultivars. *Plant Growth Regulation*, 36(2):175–180.

CHAOYING, L., L. XIXIANG, Z. ENHUI. 2006. The Method of Heat Tolerance Evaluation at Seed Germination in Radish. *China Vegetables*, CAB Abstracts: 20073282754.

DE BELIE, N., W. HERPPICH, J. DE BAERDEMAEKER. 2000. A Kinetic Model For Turgor Loss in Red Cabbage Cells During Mild Heat Treatment. *Journal of Plant Physiology*, 157(3):263–272.

DONGGI, L., N. AHSAN, K. YOUNG. 2007. A Proteomic Approach in Analyzing Heat-Responsive Proteins in Rice Leaves. *Proteomics*, 7(18):3369-3383.

EIBERGER, M.S. R. HAEFS, G. NOGA. 2002. Calcium Deficiency-Influence on the Antioxidative Defense System in Tomato Plants. *J. Plant Physiol.*, 159:733–742.

FLETCHER, R.S., T. SILIMMON, C.Y. MCAULEY, L.S. KOTT. 2005. Heat Stress Reduces the Accumulation of Rosmarinic Acid and the Total Antioxidant Capacity in Spearmint (*Mentha Spicata* L.). *J. Sci. Food Agric.*, 85:2429–2436.

GONZALEZ, L., and M. GONZALEZ-VILAR. 2001. Determination of Relative Water Content. *Handbook of Plant Ecophysiology Techniques*, 14:207–212.

- GUERRERO, F. and D., J.E. MULLET. 1988. Reduction of Turgor Induces Rapid Changes in Leaf Translatable RNA. *Plant Physiol.*, 88(2): 401–408.
- GÜLEN, H., ve A. ERİŞ. 2003. Some Physiological Changes in Strawberry (*Fragaria × ananassa* Cv. Camarosa ) Plants Under Heat Stress. *J. Hort. Sci. Biotech.*, 78:894–898.
- GÜLEN, H., ve A. ERİŞ. 2004. Effect of Heat Stress on Peroxidase Activity and Total Protein Content in Strawberry Plants. *Plant Science*, 166:739–744.
- GÜREL, A., ve R. AVCIOĞLU. 2001. Bitki Biyoteknolojisi, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları. S.Ü Vakfı Yayınları, 21:297.
- GÜLSOY, E., ve H. YILMAZ. 2004. Van Ekolojik Koşullarında Farklı Örtü Tiplerinin Bazı Çilek Çeşitlerinin Adaptasyonu Üzerine Etkileri. *Y.Y.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1):50–57.
- HALE, M.G., and D.M. ORCUTT. 1987. *The Physiology of Plants Under Stress*, p.206.
- HAVAUX, M. 1998. Carotenoids as Membrane Stabilizers in Chloroplast. *Trends Plant Sci.*, 3: 147-151.
- JIANG, Y., and B. HUANG. 2001. Drought and Heat Stress Injury to Two Cool-Season Turfgrasses in Relation to Antioxidant Metabolism and Lipid Peroxidation. *Crop Science*, 41(2):436–442.
- KADIR, S., and G. SIDHU. 2006. Strawberry (*Fragaria × ananassa* Dutch.) Growth and Productivity as Affected by Temperature. *HortScience*, 41(6):1423–1430.
- KALOO, G., 1988. Breeding Vegetable Crops for Tolerance to Stress Environments. *Vegetable Breeding*, 2:165–202.
- KUMAR, M., G. KUMAR, V. SRIKANTHBABU, M. UDAYAKUMAR. 2007. Assessment of Variability in Acquired Thermotolerance: Potential Option to Study Genotypic Response and the Relevance of Stress Genes. *Journal of Plant Physiology*, 164:111–125.
- KURGANOVA, L. N., A. P. VESELOV, Y.V. SINITSINA, E. A. ELIKOVA. 1997. Lipid Peroxidation Products as Possible Mediators of Heat Stress Response in Plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 99.
- LEDESMA, N.A., S. KAWABATA, N. SUGIYAMA. 2004. Effect of High Temperature on Protein Expression in Strawberry Plants. *Biologia Plantarum*, 48(1):73–79.

- LEVITT, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Academic Pres, p.497.
- LIU X., and B. HUANG. 2000. Heat Stress Injury in Relation to Membrane Lipid Peroxidation in Creeping Bentgrass. *Crop Science*, 40: 503–510.
- LOIK, M.E., and J. HARTE. 2004. High-Temperature Tolerance of *Artemisia Tridentata* and *Potentilla Gracilis* Under a Climate Change Manipulation. *Oecologia*, 108:224–231.
- LUND, A., P. BLUM, D. BHATTRAMAKKI, T. ELTHON. 1998. Heat Stress Response of Maize Mitochondria. *Plant Physiol.*, 116:1097–1110.
- MCKERSIE, B.D., and Y.Y. LESHEM. 1994. Stress and Stress Coping in Cultivated Plants, p.256.
- MOHAMMADI, V., M.R. BIHAMTA, A.A. ZALI. 2007. Evaluation of Screening Techniques for Heat Tolerance in Wheat. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(6):887–892.
- MORAN, R., and D. PORATH. 1980. Chlorophyll Determination in Intact Tissues Using *N,N*-Dimethylformamide. *Plant Physiol.*, 65(3):478–479.
- OKIE, W.R., 2004. Register of New Fruit and Nut Varieties. *HortScience*, 39(6):1517–1521.
- OMAE, H., A. KUMAR, K. KAHIWABA, M. SHONO. 2005. Midday Drop in Leaf Water Content is an Effective Trait for Evaluating Germplasm for Heat and Drought Tolerance in Snap Bean (*Phaseolus Vulgaris*). *JIRCAS Research Highlights*, 25.
- ÖZCAN, S., E. GÜREL, M. BABAOĞLU. 2001. Bitki Biyoteknolojisi II. Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları. Selçuk Üniversitesi Basımevi, s.456.
- RAJINDER, S.D., P.P. DHINSA, T.A. THORPE. 1981. Leaf Senescence: Corralated with Increased Levels of Membrane Permability and Lipid Peroxidation and Decreased Levels of Superoxide Dismutase and Catalase. *J. Exp. Botany*, 32(126):93–101.
- REYES, M.A., L.J. CORCUERA, L. CARDEMIL. 2003. Accumulation of HSP70 in *Deschampsia Antarctica* Desv. Leaves Under Thermal Stress. *Antarctic Science*, 15:345–352.
- RISTIC, Z., U. BUKOVNIK, P.V. PRASAD. 2007. Correlation Between Heat Stability of Thylakoid Membranes and Loss of Chlorophyll in Winter Wheat Under Heat Stress. *Crop Sci.*, 47:2067-2073.

- SAIRAM, R.K., G.C SRIVASTAVA, D.C. SAXENA. 2000. Increased Antioxidant Activity Under Elevated Temperatures: A Mechanism of Heat Stress Tolerance in Wheat Genotypes. *Biologica Plantarum*, 43(2):245–251.
- SHAO, L., Z. SHU, S.L. SUN, C.L. PENG. 2007. Antioxidant of Anthocyanins in Photosynthesis Under High Temperature Stress. *J.Integr. Plant Biol.*, 49(9):1341–1351.
- SONG, L., W. DING, M. ZHAO, B. SUN, L. ZHANG. 2006. Nitric Oxide Protects Against Oxidative Stress Under Heat Stress in the Calluses from Two Ecotypes of Reed. *Plant Science*, 171(4):449–458.
- TEWARI, A.K., and B.C. TRIPATHY, 1998. Temperature-Stress-Induced Impairment of Chlorophyll Biosynthetic Reactions in Cucumber and Wheat. *Plant Physiol.*, 117(3):851–858.
- TÜRKOĞLU, Z., ve Ş. BİLGİNER. 2006. Selva Ve Camarosa Çilek Çeşitlerinde Bazı Bitki Aktivatörlerinin Erkencilik, Verim, Kalite ile Yapraklardaki Besin Element Düzeylerine Etkileri. II. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu. s. 284–289.
- VERHEUL, M.J., A. SØNSTEBY, S.O. GRIMSTAD. 2005. Interactions of Photoperiod, Temperature, Duration of Short-Day Treatment and Plant Age on Flowering of *Fragaria X Ananassa* Duch. cv. Korona *Scientia Horticulturae*, 103(2):167–177.
- WAGSTAFFE, A., and N.H. BATTEY. 2004. The Optimum Temperature for Long-Season Cropping in The Everbearing Strawberry ‘Everest’. *J. Hort. Sci. & Biotech.*, 79:917–922.
- WAHID, A., and T. J. CLOSE. 2007. Expression of Dehydrins Under Heat Stress and Their Relationship With Water Relations of Sugarcane Leaves. *Biologia Plantarum*, 51(1):104–109.
- WAHID, A., S. GELANI, M. ASHRAF, M.R. FOOLAD. 2007. Heat Tolerance in Plants: An Overview. *Environmental and Experimental Botany*, Doi: 10.1016/J.Envexpbot.2007.05.011.
- XU, S., J. LI, X. ZHANG, H. WEI, L. CUI. 2006. Effects of Heat Acclimation Pretreatment on Changes of Membrane Lipid Peroxidation, Antioxidant Metabolites, and Ultrastructure of Chloroplasts in Two Cool-Season Turfgrass Species Under Heat Stress. *Environmental and Experimental Botany*, 56:274–285.
- YILDIZ, M., ve H. TERZİ, 2007. Bitkilerin Yüksek Sıcaklık Stresine Toleransının Hücre Canlılığı Ve Fotosentetik Pigmentasyon Testleri İle Belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(1–2):47–60.

YIN, H., Q. CHEN, M. YI. 2008. Effects of Short-Term Heat Stress on Oxidative Damage and Responses of Antioxidant System in *Lilium Longiflorum* . Plant Growth Regulation, 54(1):45–54.

YUBERO-SERRANO, E.M., E.MOYANO, N. MEDINA-ESCOBAR, J. MUNOZ-BLANCO, J.L. CABALLERO, 2003. Identification of a Strawberry Gene Encoding a Non-Specific Lipid Transfer Protein That Responds to ABA, Wounding and Cold Stress. Journal of Experimental Botany, 54(389):1865.

ZAHARIEVA, M., E. GAULIN, M. HAVAUX, E. ACEVEDO, P. MONNEVEUX. 2001. Drought and Heat Responses in the Wild Wheat Relative *Aegilops geniculata* Roth.: Potential Interest for Wheat Improvement. Crop Science, 41:1321–1329.

**EKLER****Ek-1 Yaprak Oransal Su Kapsamı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: YOSK

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş model	32247,139(a)	54	597,169	67,648	,000
Kesişme	707843,415	1	707843,415	80185,323	,000
Çeşit	2872,927	10	287,293	32,545	,000
Uyg. Sıc.	20414,780	4	5103,695	578,152	,000
Çeşit*Uyg. Sıc	7304,423	40	182,611	20,686	,000
Hata	706,207	80	8,828		
Toplam	789273,236	135			
Düzeltilmiş Toplam	32953,347	134			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Ek-2 Turgor Kaybı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: TUR KAY

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	16758,966(a)	54	310,351	49,221	,000
Kesişme	49533,939	1	49533,939	7855,925	,000
Çeşit	1490,155	10	149,015	23,633	,000
Uyg. Sıc.	10072,154	4	2518,039	399,353	,000
Çeşit* Uyg.Sıc.	3624,475	40	90,612	14,371	,000
Hata	510,729	81	6,305		
Toplam	66686,459	136			
Düzeltilmiş Toplam	17269,695	135			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Ek-3 Klorofil Miktarının İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: mg/g TA

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	33,474(a)	54	,620	39,120	,000
Kesişme	953,046	1	953,046	60144,960	,000
Çeşit	7,209	10	,721	45,497	,000
Uyg. Sıcaklığı	23,254	4	5,814	366,879	,000
Çeşit * Uyg. Sıc.	5,809	40	,145	9,164	,000
Hata	1,410	89	,016		
Toplam	1007,707	144			
Düzeltilmiş Toplam	34,884	143			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Ek-4 Lipid peroksidasyonu İnteraksiyonu Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/g TA

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	45813,278(a)	43	1065,425	60,980	,000
Kesişme	205777,616	1	205777,616	11777,848	,000
Uyg. Sıc.	26056,943	3	8685,648	497,130	,000
Çeşit	9064,961	10	906,496	51,884	,000
Uyg.Sıc * Çeşit	8283,620	30	276,121	15,804	,000
Hata	1170,596	67	17,472		
Toplam	258019,211	111			
Düzeltilmiş Toplam	46983,874	110			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)



**Ek-5 Zararlanma Oranı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: %zararlanma

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	239657,687(a)	65	3687,041	2077,441	,000
Kesişme	148704,261	1	148704,261	83786,505	,000
Uyg. Sıc	228908,589	5	45781,718	25795,429	,000
Çeşit adı	460,429	10	46,043	25,943	,000
Uyg.Sıc*Çeşit adı	602,276	50	12,046	6,787	,000
Hata	172,156	97	1,775		
Toplam	409404,538	163			
Düzeltilmiş Toplam	239829,843	162			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Ek-6 Sıcaklık Stres Toleransı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: LT 50

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	3,106(a)	10	,311	25,246	,000
Kesişme	80648,792	1	80648,792	6555877,238	,000
Çeşit	3,106	10	,311	25,246	,000
Hata	,234	19	,012		
Toplam	83394,781	30			
Düzeltilmiş Toplam	3,339	29			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

## TEŞEKKÜR

Bu konuda çalışmam için beni yönlendiren, tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübesini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hatice GÜLEN' e teşekkür ederim.

Hayatım boyunca olduğu gibi tez çalışmam sırasında da manevi desteğini benden esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Laboratuar çalışmalarım sırasında yardım ve desteğini gördüğüm Arş. Gör. Sergül ATLAR' a teşekkür ederim.

Tezin deneme aşamasında yardım aldığım sera personeline teşekkür ederim.

Çalışma materyali olarak kullanılan çilek fidelerini temin eden YALTIR A.Ş. (Adana)'ye teşekkür ederim.

Çalışmada kullanılan Actagro 7-7-7 besin solüsyonunu temin eden Hekimoğlu Sözmen Ltd. Şti. (Mersin)' ne teşekkür ederim.

Bu çalışma TÜBİTAK-TOVAG tarafından 108 O 063 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1983 yılında Bursa'da doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimini Bursa'da tamamlamıştır. 2002 yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitkisel Üretim Bölümü'nde eğitim öğretime başladıktan sonra 2006 yılında mezun olmuştur. Aynı yıl U.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başlamıştır.