

**UV-C IŞIN STRESİNİN SERA ŞARTLARINDA YETİŞTİRİLEN
FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta) ÜZERİNDE BAZI
MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Elif Evşen ÇİL

**Ocak 2006
DENİZLİ**

**UV-C IŞIN STRESİNİN SERA ŞARTLARINDA YETİŞTİRİLEN
FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta) ÜZERİNDE BAZI
MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**Pamukkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Biyoloji Anabilim Dalı**

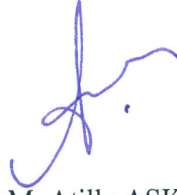
Elif Evşen ÇİL

Danışman : Yard. Doç. Dr. Yeşim KARA

**Ocak , 2006
DENİZLİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

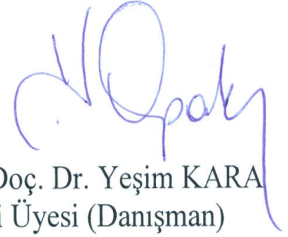
Elif Evşen ÇİL tarafından Yard. Doç. Dr. Yeşim KARA yönetiminde hazırlanan “UV-C Işın Stresinin Sera Şartlarında Yetiştirilen Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta) Üzerinde Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Etkilerinin Araştırılması” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. M. Atilla AŞKIN
Jüri Başkanı



Yard. Doç. Dr. Kudret GEZER
Jüri Üyesi



Yard. Doç. Dr. Yeşim KARA
Jüri Üyesi (Danışman)

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
....../....../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet Ali SARIGÖL
Müdür

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında fikir ve önerileriyle beni yönlendiren, her zaman yanımda hissettiğim değerli danışman hocam Sayın Yard. Doç. Dr. Yeşim KARA' ya; sera düzeneğini oluştururken her türlü yardımı esirgemeyen Seyit Ahmet İNAN' a; tez çalışmam süresince bana destek olan bölüm hocalarıma; istatistiksel hesaplamaları yaparken değerli görüş ve düşünceleriyle bana yol gösteren Sayın Doç. Dr. Yakup KASKA' ya laboratuvar çalışmalarında emeği geçen Biyoloji Bölümü asistanlarına; gösterdiği sabır ve anlayıştan dolayı değerli eşim ile çocuklarım Ömer ve Zeynep' e; beni her zaman azimlendirerek çalışma hırısı veren aileme özellikle de anneme en derinden saygı ve sevgilerimi sunar, teşekkür ederim.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırılmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

İmza :
Öğrenci Adı Soyadı : Elif Evşen ÇİL

ÖZET

UV-C IŞIN STRESİNİN SERA ŞARTLARINDA YETİŞTİRİLEN FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta) ÜZERİNDE BAZI MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÇİL, Elif Evşen

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji ABD

Tez Yöneticisi: Yard. Doç. Dr. Yeşim KARA

Ocak 2006, 45 sayfa

Bu tez çalışmasında, Denizli iklim şartlarında ekolojik olarak yetiştirilebilen Atlanta tipi fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta) endüstriyel bitkisi, otomasyonu yapılmış bir sera modelinde yetiştirilmiş ve oluşturulan UV-C stresinin bitki üzerinde meydana getirdiği morfolojik ve fizyolojik etkiler araştırılmıştır.

Bitkiler 14 gün boyunca sera şartlarında yetiştirilmiştir. Morfolojik olarak kök uzunluğu ve fide yüksekliği ölçülmüş, yapraklardaki element miktarı ve yaprakların tüy yapısı SEM ile analiz edilerek belirlenmiştir. Fizyolojik olarak, 14 gün sonunda yapraklardaki klorofil a, b ve toplam klorofil miktarları UV spektrofotometre cihazı vasıtasıyla ölçülmüştür.

Veriler değerlendirildiğinde; UV-C ışınının morfolojik olarak kök uzunluğunu artırdığı, fide yüksekliğini azalttığı, gövdeyi kalınlaştırdığı, yaprakları sarartarak yaprak ayası alanını küçülttüğü gözlenmiştir. UV-C ışınının fide yüksekliğine tohumların ekiminden sonraki 8. günde önemli etkisi olduğu görülmüştür. UV-C etkisinin, yapraklardaki element miktarını da değiştirdiği, yapraklarda epidermal tüy sayısının artmasına ve tüylerin yapısının bozulmasına neden olduğu bulunmuştur. Fizyolojik olarak ise yapraklardaki klorofil a, b ve toplam klorofil miktarını azaltıcı bir etki yaptığı hesaplanmıştır. Bu azaltıcı etkinin özellikle klorofil b miktarı üzerinde daha çok olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : Stres, Abiyotik stres, UV-C ışını stresi, Sera otomasyonu, Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta)

Prof. Dr. M. Atilla AŞKIN

Yard. Doç. Dr. Kudret GEZER

Yard. Doç. Dr. Yeşim KARA

ABSTRACT**A STUDY ON THE MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL EFFECTS
OF THE STRESS OF THE UV-C RAYS ON THE GREENHOUSE BEANS
(*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta)**

Çil, Elif Evşen

M. Sc. Thesis in Biology

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Yeşim KARA

January 2006, 45 Pages

In this thesis study, we have studied the morphological and physiological effects of the stress of the UV-C rays on the industrial Atlanta type beans (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta). That was raised in an automated greenhouse with the ecological conditions of Denizli.

The plants were grown in the greenhouse for 14 days. After which their root lengths and seedling heights were measured morphologic in; the amount of elements in their leaves and feather structure in their leaves were analyzed with on SEM. Physiologically at the end of the 14 days, chlorophyll a, b and the total chlorophyll were measured with the UV spectrophotometer.

When the data were interpreted, it was seen that UV-C rays morphologically extended the lenght of the root, reduced the height of the seedling, thickened the body, made the leaves yellower and reduced the areal size of the leaves. The effect of the UV-C ray on the height of the seedling was seen to be greatest on the eighth day. It was also observed that the UV-C ray changed the amount of the elements in the leaves and increased the epidermal feather of the leaves as well as damaging their structure. Physiologically, it was calculated that it decreased the amount of chlorophyll a, b and total chlorophyll. It was found that this reducing effect was most effective particularly on chlorophyll b.

Key Words: Stress, abiotic stres, UV-C stress, greenhouse automation, bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta)

Prof. Dr. M. Atilla AŞKIN

Asst. Prof. Dr. Kudret GEZER

Asst. Prof. Dr. Yeşim KARA

İÇİNDEKİLER

Sayfa

Teşekkür.....	i
Bilimsel Etik Sayfası	ii
Özet.....	iii
Abstract.....	iv
İçindekiler	v
Şekiller Dizini	vi
Tablolar Dizini.....	vii
Simge ve Kısaltmalar Dizini.....	viii
 1. GİRİŞ	 1
1.1. Stres Nedir?.....	1
1.2. Bitkilere Etki Eden Stres Faktörleri	2
1.2.1. Sıcaklık Stresi	3
1.2.2. Su Stresi	5
1.2.3. Tuz Stresi	7
1.2.4. Ağır Metal Stresi.....	9
1.2.5. Görünür Radyasyon (Işık) ve Ultraviyole Radyasyon Stresi.....	11
1.3. Strese Karşı Bitkilerin Gösterdiği Tepkiler.....	14
1.4. UV-C Stresinin Morfolojik ve Fizyolojik Etkileri	16
1.5. Genetik Mühendislik ve Stres	19
2. MATERYAL VE METOD.....	20
2.1.Çalışmada Kullanılan Bitki Türünün Tanıtımı	20
2.2. Sera Modelinin Otomasyonu.....	21
2.3. Sera Modelinin Tanıtımı	22
2.4. Bitki Topraklarının Hazırlanması ve Tohumların Ekilmesi.....	25
2.5. UV-C Işını Etkisinin Uygulanması	25
2.6. Klorofil Tayini	26
2.7. Bitki Örneklerinin SEM İle Analiz İçin Hazırlanması.....	26
3. BULGULAR.....	28
3.1. Morfolojik Bulgular	30
3.2. Fizyolojik Bulgular	36
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	37
KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Sera modelinin genel görünüşü	24
Şekil 2.2 Sera modelinin sulama sistemi	24
Şekil 3.1 Ekim ayında sera modelinin iç sıcaklık değerleri.....	28
Şekil 3.2 Ekim ayında sera modelinin bağıl nem değerleri	29
Şekil 3.3 Kasım ayında sera modelinin iç sıcaklık değerleri.....	29
Şekil 3.4 Kasım ayında sera modelinin bağıl nem değerleri	30
Şekil 3.5 UV-C ışınının fasulyede köklenme üzerine etkisi.....	31
Şekil 3.6 UV-C ışınının fasulyede fide yüksekliğine etkisi.....	31
Şekil 3.7 UV-C ışınının fasulyede periyodik olarak fide yüksekliğine etkisi	32
Şekil 3.8 UV-C ışınının fasulyede gövde kalınlığına etkisi	33
Şekil 3.9 UV-C Işınının fasulye yapraklarının morfolojisine etkisi.....	34
Şekil 3.10 Fasulye (<i>Phaseolus vulgaris</i> L. cv. Atlanta) yapraklarının SEM ile	35
çekilen fotoğrafları.....	

TABLÖLAR DİZİNİ**Sayfa**

Tablo 1.1 Çevresel stres faktörleri (Larcher 1995)	2
Tablo 1.2 Işık dalga boyları ve özellikleri (Kocaçalışkan 2004)	12
Tablo 2.1 Fasulye (<i>Phaseolus vulgaris</i> L. cv. Atlanta) bitkisinin sistematigi	20
Tablo 3.1 UV-C ışınının fasulyede kök uzunluğuna etkisi	30
Tablo 3.2 UV-C ışınının fasulyenin fide yüksekliğine etkisi.....	32
Tablo 3.3 Fasulye yapraklarında SEM ile element miktarları analizi sonuçları	34
Tablo 3.4 Yapraklardaki klorofil miktarları	36

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABA	Absisik asit
°C	Celcius
CCC	2-kloretil trimetilamonyum klorür
cm	Santimetre
GA	Gibberellik asit
HPLC	Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi
IAA	Indol asetik asit
Lx	Lüks
m	Metre
MAM	TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi
NADP-ME	Nikoatinamid adenin dinükleotid fosfat - malik enzim
nm	Nanometre
OSK	Oransal su kapsamı
Pa	Pascal
PCR	Polimeraz zincir reaksiyonu
PPO	Polifenoloksidaz
ROS	Reaktif oksijen türleri
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UV	Ultraviyole

1. GİRİŞ

1.1. Stres Nedir?

Türkçe’ de “baskı, zorlama, zorlanma veya yoğun gerginlik” gibi sözcüklerle karşılanan stres sözcüğü kısaca, yaşam için optimal olan koşullardan önemli sapmalar olarak açıklanabilir. Bir çevrede devamlı olarak yada arada sırada oluşan çok sayıdaki olumsuz fakat hemen öldürücü olmayan koşullar stres olarak bilinir. Bir başka yaklaşımla; bitkide metabolizmayı, büyüme ve gelişmeyi etkileyen veya engelleyen, uygun olmayan herhangi bir durum veya madde stres olarak kabul edilir. Stres kavramı, bitki toleransı ile yakından ilişkilidir (Gürel ve Avcıoğlu 2001).

Fizyolojik stresin tanımı *yaralanma, hasar görme gibi fizyolojik sonuçlar doğuran, normal gidişatı değiştiren koşullar grubu* şeklinde basitleştirilebilir. Stresin biyofiziksel olarak tanımı ise *bir güce veya basınca karşı koymadır*. Stres terimi bu yüzden organizmanın fizyolojisinde yer alan değişiklikleri içerdiği için “basınç”ın bir kısmını yansıtır. Gerilme ise stres sonucunda maddesel değişikliklerin oranı olarak tanımlanır. Gerilme, çevre faktörlerine cevap olan fizyolojik değişiklikler olarak karakterize edilebilir (Orcutt ve Nilsen 2000). Biyolojik stresin en iyi ifadesi *normal sistem işleyişini inhibe eden negatif güç yada etki* olabilir. Ancak buradaki *normal* kavramı türler ve ekotipler arasında değişkenlikler gösterebilir. Çünkü bir türün stresli bir çevrede yetişen bireyleri bu durumda adaptasyon mekanizmaları geliştirebilirler.

Stresi farklı bir şekilde tanımlayan Grime (2002); vejetasyonun tümünün yada bir kısmının kuru madde üretim oranını engelleyen dış faktörler, tahribatı ise tahrip sonucu bitki biyomasını kısıtlayan mekanizmalar olarak tanımlamıştır.

Çevresel stres incelenirken “ne zaman?” sorusunun yol açtığı bir zorluk çıkar: Çevresel değerler ne kadar süre devam ederse şartlar stres halini alır. Stres olayı geçici olarak meydana gelse bile bitki canlılığı gerilemeye başlar ve stres devam ettikçe, bu zayıflama daha da ilerler. Bitki kapasitesinin sonuna ulaşıldığında ise o ana kadar belirti göstermeden (latent) kalan zarar, kronik hastalığa veya geri dönüşümsüz (irreversible) bir zarara dönüşebilir (Çakırlar ve Topçuoğlu 1985, Larcher 1995, Lichtenthaler 1996, Taiz ve Zeiger 1998).

1.2. Bitkilere Etki Eden Stres Faktörleri

Bitkiler yaşadıkları doğal ortamlarda olumsuz çevre şartlarına maruz kalırlar. Örneğin; tuzlu topraklarda yetişemeyecek bir bitkinin bu çeşit ortama ekilmesi bitkide doğal olarak bir stres faktörü olarak ortaya çıkar. Levitt’e (1972) göre stres faktörleri biyotik ve fizikokimyasal (abiyotik) faktörler olmak üzere ikiye ayrılır: *Biyotik faktörler*, enfeksiyon oluşturan mikroorganizmaları (fungus, bakteri ve virüs), zararlı hayvanları (böcekler, nematodlar) ve diğer organizmalarla rekabeti içermektedir. *Fizikokimyasal faktörler* ise sıcaklık, su, radyasyon, kimyasal maddeler, manyetik ve elektriksel alanlar gibi çevre faktörleridir.

Orcutt ve Nilsen’ e (2000) göre stres faktörü olarak bilinen stresörün tanımı yapılacak olursa; bitki fizyolojisinde bir değişimi sağlayan biyotik ve abiyotik çevre faktörleridir. Stres, stresörlerin tür adaptasyonu, fizyolojik aklimatasyon, ürün azalması, büyümenin azalması gibi sonuçlar doğuran fizyolojik değişiklikler yapması sonucu olur.

Tablo 1.1 Çevresel stres faktörleri (Larcher 1995)

ABİYOTİK	BİYOTİK
Sıcaklık	Bitkiler
Su	Mikroorganizmalar
Mineraller	Hayvanlar
Gazlar	Antropogenik Etkiler
Mekanik Etkiler	
Radyasyon	

1.2.1. Sıcaklık Stresi

Bitkilerin farklı gelişme kademelerinde farklı minimum, maksimum ve optimum sıcaklık gereksinimleri vardır. Bunlara *kardinal sınırları* denir. Sıcaklık bu limitlere ulaştığında gelişme azalır ve bu limitler dışında daha fazla gelişme olmaz (Öztürk ve Seçmen 1992).

Sıcaklıkla ilgili stresin üç tipi vardır: Isı (yüksek sıcaklık), üşüme (düşük pozitif sıcaklık) ve don (düşük negatif sıcaklık). Her bir stres tipi için bir eşik sıcaklığının belirlenmesi gerekir fakat bu konuda bitki düzeyinde sınırlı veri sağlanabilmiştir. Wery vd (1993) soğuk dönemde yetiştirilen yemeklik tane baklagiller için eşik seviyelerini şu şekilde önermişlerdir:

Don : Kar örtüsü olmadan 0°C' nin altındaki günlük minimum sıcaklık.

Üşüme : 0-10°C arasındaki günlük ortalama sıcaklık.

Isı : 25°C' nin üstündeki günlük maksimum sıcaklık.

Taiz ve Zeiger' in (1998) donma stresi için bildirdiğine göre:

“Donma stresi güney bölgelerde kış boyunca yaşayan ağaçları ve çalıları etkiler. Dayanıklı bitkiler, donma noktasının altındaki sıcaklıklara aktif büyüme dönemlerinde maruz kaldıklarında ciddi hasarlara yada ölüme dayanırlar. Donma sıcaklığı toleransı, tarım için önemlidir. Buz oluşumu bitkilerde donma hasarlarına sebep olur. Tohumlar, mantar sporları gibi dehidrate dokular belli bir sıcaklığa kadar hasar görmeden saklanabilirler. Tamamen sulu, dayanıksız hücreler de çok hızlı bir şekilde donarak yaşayabilirler. Çünkü su kristalleşmeden katılaşır yada çok küçük kristaller oluşur. Bu da hücreye mekanik bir zarar vermez. Eğer donma hızı 10°C' den düşükse buz suyun daha saf olduğu protoplazma dışında oluşur. Protoplazmik su dışarı çıkarak ekstraselüler hücre kristallerine eklenir. Ekstraselüler buz, bitkileri öldürmez ve dokular hasar görmeden ısınabilirler. Orta derecedeki donma hızlarında (10-100°C) buz kristalleri protoplazma içinde oluşur. İnterselüler buz oluşumu hücresel yapıyı bozarak hücre ölümüne neden olur.”

Bitkilere büyüme düzenleyicileri uygulayarak donma toleransını arttırmak mümkün olabilir. Maleik hidrazid, C vitamininin artmasına sebep olan CCC (2-kloretil

trimetilamonyum klorür), potasyum gibberallat uygulamaları dayanıklılığı sağlamaktadır. Ayrıca pürin ve pirimidin, urasil, tiourasil, gliserol ve glikol gibi organik maddeler koruyucu etki sağlar. Etilen, oksin, indol asetik asit (IAA) ve gibberellik asit dayanıklılığı azaltmaktadır (Öncel 1982).

Bazı bitkiler dondurucu olmayan sıcaklıklarda hasar görürler. Mısır (*Zea mays*), domates (*Lycopersicon esculentum*), pamuk (*Gossypium hirsutum*) ve muz (*Musa* sp.) özellikle hassastır ve sıcaklık 10-15°C' nin altına düşerse zarar görürler. Elma (*Malus* sp.), patates (*Solanum tuberosum*) ve asparagus (*Asparagus* sp.) 0-5°C sıcakta zarar görürler. Soğuktan zedelenme türlerine, bitkinin yaşına ve düşük sıcaklığın süresine göre değişik şekillerde ortaya çıkar. Genç fidelerde tipik olarak yaprak büyümesinde indirgenme, solma ve klorosis görülür. Ekstrem şartlarda, kararma ve ölü dokuların ortaya çıkması (nekrosis) yada bitkinin ölümü ile sonuçlanır.

Düşük sıcaklıkların etkisinde kalan bitki dokularında serbest aminoasitler birikmekte ve *prolin*, bu birikimde önemli yer tutmaktadır. Düşük sıcaklıkların sebep olduğu prolin birikimi, sıcaklık düşüşüne karşı bir tepki olarak ortaya çıkmakta ve strese karşı toleransı sağlamaktadır. Prolin, hücrede osmotik konsantrasyonu ayarlayan, hücresel membranları ve enzim aktivitesini koruyan, stres sonrası büyüme için gerekli olan amino grupları ve enerjiyi sağlayan bir aminoasittir. Düşük sıcaklıklar sırasında hücrede çözünür şekerlerin fazla miktarda olması ve buna bağlı olarak su miktarının azalması, bitkilerin prolin biriktirmesini sağlayan iki önemli faktördür. Öncel (1990) soğuğa dayanıklılığı bilinen lahana (*Brassica oleracea* L.) yapraklarında oldukça düşük negatif sıcaklıklarda prolin birikimindeki değişimler ve birikimin dayanıklılıktaki rolünü araştırmıştır. Çalışmada, 0°C' nin hemen üstünde ve altındaki sıcaklıkların etkisine bırakılan lahana fidelerinin yaprak örneklerinde prolin miktarında önemli artışlar bulunmuştur.

Sıcaklık artışı, enzim aktivitesini azaltabilir; daha fazla sıcaklık artışı ise enzim aktivitesini engeller (Orcutt ve Nilsen 2000). Sıcaklık, protein yapısı ve aktivitesi ile membran stabilitesi üzerinde özellikle plazmik ve kloroplastik membranlarda negatif bir etkiye sahiptir. Bu etkilerin ilk sonuçlarından biri fotosentezde azalmaların olmasıdır. C₃ fotosentez yolu yaprak sıcaklığının 30°C' yi aştığı ortamlarda etkisiz hale gelir. Yüksek sıcaklıklarda fotosentez, solunumdan önce engellenir (Taiz ve Zeiger 1998).

Solunum, sıcaklığa daha dayanıklıdır ve sadece ölümcül seviyeye yakın olan sıcaklıklardan etkilenir. Karbon dengesi ve solunum büyüme ve verimi sınırlayıcı hale gelerek bitkinin ölümüne sebep olmaktadır.

Konuyla ilgili yapılan bir diğer araştırmada ise Kabar vd (1994) tohum çimlenmesi sırasındaki polifeneoloksidaz (PPO) aktivitesine yüksek sıcaklık ve tuz streslerinin etkilerini fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Magnum) ve mısır (*Zea mays* L. cv. Merit) üzerinde araştırmışlardır. Bitkilerin tohumlarının embriyo ve besidokularındaki polifenoloksidaz (PPO) enziminin dopa ve katekol substratlarını okside etme yeteneğinin sıcaklık ve tuz faktörlerinden nasıl etkilendiğini tohumların bu stres koşullarının çeşitli düzeylerinde 5 gün boyunca çimlenmeleri sırasında incelemişlerdir. Tuz konsantrasyonu arttıkça fasulye embriyo ve kotiledonundaki dopa oksitleyici PPO aktivitesi düşmüştür. Embriyo ve kotiledondaki katekol oksitleyici PPO' nun genellikle tuz ve sıcaklık faktörüne karşı duyarsız olduğu görülmüştür. Mısır endospermindeki dopa oksidasyonu genellikle tüm sıcaklıklarda (özellikle 20°C' de) tuz seviyesindeki artışla yükselmiştir. Mısırdaki katekol oksidasyonu tuz seviyesindeki artışla tohumun her iki kısmında da belirgin bir biçimde artmıştır. Bu değişik sonuçlar üzerine enzim aktivitesi için optimum sıcaklığın, bitki türü ve çeşidine göre hatta aynı bitkinin farklı organlarında bile değiştiği söylenebilir.

Sıcak hava şartlarında stomaların yaprakları çevreleyen havaya su buharını iletmesi serinletici bir etki yapar. Bitkiler su stresine maruz kaldıklarında stomalardaki koruyucu hücreler yıkılır ve bu da stomaların kapanarak daha fazla su kaybını engeller (Filiz 2002).

1.2.2. Su Stresi

Su stresi; su fazlalığında yada eksikliğinde ortaya çıkabilir. Su fazlalığına örnek su baskınıdır. Su baskını stresi genelde bir oksijen stresidir. Çünkü köklerin oksijen sağlamasını indirger. Düşük oksijen solunum limitlerini, mineral alınımını ve diğer kritik kök fonksiyonlarını değiştirir. Su eksikliği yüzünden oluşan stres daha geneldir ve esas doğru olan terim de *su eksikliği stresidir*.

Doğal çevrede su stresi genellikle yağmur yokluğunda ortaya çıkar. Bu durum, kuraklık olarak bilinir. Laboratuarda ise su stresi, yapraklarda terleme yoluyla su kaybı şeklinde gerçekleşir. Su stresi ayrıca tuz stresi ve osmotik stresin de bir parçasıdır. Su stresinden ortaya çıkan hasar, kurumunun protoplazmaya olan zararlı etkisi ile ilgilidir. Suyun uzaklaştırılması ile birçok ciddi yapısal ve metabolik sonuçlara sebep olan protoplazma hacminin büyümesiyle protoplazmadaki çözünmüş madde miktarının artışına neden olur. Membran ve protein yapısı da kurumadan etkilenir ve metabolizmanın görev yapamamasına neden olur (Gürel ve Avcıoğlu 2001).

Su stresine karşı duyarlı olan önemli proseslerden biri de fotosentezdir. Fotosentez iki şekilde su stresinden etkilenebilir: Birincisi stomaların kapanması atmosferik karbondioksitin girişini engeller. İkincisi ise, hücre özsuyunu azaltır. Ayrıca düşük su potansiyelinin inhibitör etkisi magnezyumun yüksek konsantrasyonu ile de artar (Rao vd 1987).

Su eksikliğinde bitkilerin cevabı şu şekilde olur: Yaprak yüzeyinden transpirasyonla kaybedilen su miktarı köklerle alınan su miktarına eşit oluncaya kadar stomalarını kapatırlar. Üst yüzey epidermal hücrelerinden farklı olarak bekçi hücrelerinin yüzeyi kalın bir kütikula ile kaplı değildir. Sonuçta bekçi hücreler direkt olarak atmosfere su verirler. Eğer buharlaşmayla kaybedilen su miktarı alttaki mezofil hücreleri tarafından karşılanamazsa bekçi hücreler gevşer ve stomatal boşluk kapanır. Bekçi hücreler su kaybına basit bir osmometre gibi cevap verir (Gürel ve Avcıoğlu 2001).

Fitohormonların bitkideki su stresi üzerine olan etkisine gelindiğinde ise; bir çok iyi sulanmış bitkide ABA' nın yaprak mezofil hücre stoplazmalarında sentezlendiği ancak intraselüler pH gradiyenti nedeniyle ABA' in kloroplastlarda akümüle olduğu bulunmuştur (Millbarrow 1984).

Gerek stres koşullarında bitkide biriken gerekse bitkiye dışarıdan tatbik edilen ABA stomaların kapanmasına neden olmakta ve bu yolla bitkinin fazla su kaybetmesini engellemektedir. Bekçi hücrelerindeki turgor basıncını da ABA kontrol eder. Bunun için ABA' in hücre içine girmesine gerek yoktur. Bunun yerine plazma membranının dış yüzeyi ile etkileşir. Bekçi hücreleri ile mezofil hücreleri arasında plazmodezma yoktur. Böylece ABA apoplastik boşluğu geçerek bekçi hücrelerine ulaşır. ABA plazma

membran proton pompasına etki eder ve sonuçta potasyum (K^+) alınır yada bu bekçi hücrelerinden potasyum (K^+) akışını sitimüle eder. Böylece bekçi hücreleri turgorunu kaybeder ve stomalar kapanır. Stomatal kapanma her zaman su eksikliği ile yapraklarda ortaya çıkan sinyallere bağlı değildir. Bazı nedenlerle yaprak mezofil hücrelerinin turgorunda ölçülebilir bir azalma olmadan önce toprağın kurumasına bir cevap olarak da stomalar kapanır (Mansfield ve Atkinson 1990).

Kuraklığın erken etkisi vejetatif büyümenin azalmasıdır. Gövde büyümesi, özellikle de yaprak gelişimi kök gelişiminden daha hassastır. İndirgenmiş yaprak büyümesi su stresi şartları altındaki bitkiler için faydalıdır. Çünkü küçük yaprak yüzeyi ile daha az transpirasyon meydana gelir. Pamuk (*Gossypium hirsutum*) gibi bir çok olgun bitki uzamış su stresine bağlı bir cevap olarak yaşlı yapraklarındaki senesens ve absisyonu hızlandırır. Sadece gövdenin apeks kısmındaki daha genç yapraklar şiddetli su stresi tehlikesi karşısında canlı kalırlar. Bu durum, *yaprak alanı ayarlaması* olarak bilinir. Bu da kısıtlı su şartlarında yaprak alanının ve transpirasyonun azaltılması için bir mekanizmadır. Sadece sürgünler canlı kalarak stres ortadan kalktığında yeni yapraklar üretilir.

Kökler su stresine karşı gövdeye göre daha az hassastır. Köklerdeki osmotik ayarlama su alımını sağlamada yeterlidir ve kökler yapraklardan daha düşük su potansiyelinde bile büyüyebilirler. Nispi kök büyümesi düşük su potansiyeli ile artar. Kök/Gövde oranı kök oranı lehine değişir. Kök/Gövde oranındaki artışla su ihtiyacı azalır. Çünkü böylece kökler daha çok toprak içinde su ararlar.

1.2.3. Tuz Stresi

Tuz, yeryüzündeki yaşam sürecinde karşılaşılan ilk kimyasal stres faktörüdür. Tuzlu habitatlar, kolay çözünen tuzların anormal seviyede yüksek içeriklerine sahiptirler. Okyanuslar ve tuz gölleri tuzlu habitatlardır. Tuzlu topraklar nemli ve kurak iklim koşullarında daha fazla oluşur. Yağmur yetersizliği durumunda tuz toprakta yıkanamadığı için birikir. Toprağın tuz içeriği kışın buzlanmayı önlemek için yollarda kullanılan tuzlarla da artmaktadır. Tuzlar, bitkilerin vejetasyon süresince evaporasyon

ve transpirasyondan kalan kalıntılar olarak bitki bünyesinde birikebilir. Yaprak ve diğer kısımların ölererek yere düşmesiyle, tuzlar yağışlarla toprağa geri dönebilmektedir.

Bitkiler tuza tolerans göstermeleri bakımından iki gruba ayrılırlar:

a)*Halofitler (tuzcul bitkiler)*: Yüksek tuz konsantrasyonlarında yetişebilirler. Tuz seviyesi düşük olan koşullarda yaşayamazlar. Halofitler kendi arasında fakültatif halofitler ve obligat halofitler olarak ikiye ayrılırlar.

b)*Glikofitler*: Tuza karşı duyarlı olan bitkilerdir. Yüksek tuz konsantrasyonlarında yaşayamazlar. Endüstri bitkilerinden mısır, soğan, marul, ceviz, fasulye, turunçgiller tuza yüksek oranda duyarlı, pamuk ve arpa orta derecede toleranslı, şeker pancarı ile hurma yüksek oranda toleranslı bitkilerdir (Taiz ve Zeiger 1998).

Kocaçalışkan' a (2004) göre bitkiler tuz stresinden iki şekilde etkilenir:

a)*Osmotik etki* : Topraktaki tuz miktarının artışı osmotik basıncı artırdığı ve su potansiyelini düşürdüğü için köklerin su alımını engelleyerek bir çeşit kuraklık stresine neden olur.

b)*Toksik etki* : Tuz iyonlarının yüksek konsantrasyonda olması halinde toksik etki gösterir. Özellikle Na^+ iyonları bitkiye fazla alındığında halofit olmayan bitkilerde toksik etki gösterir. Mitoz bölünmenin engellenmesi, bazı enzimlerin inaktivasyonu gibi toksik etkiler görülür.

Bitkiler *tuzdan kaçınma* için tuzu bünyeye almama, tuz eliminasyonu, tuzun seyreltilmesi, tuzun protoplastlardaki bölmelerde biriktirilmesi gibi mekanizmaları gerçekleştirirler. Tuz stresine *tolerans* için ise stres metabolitleri (çözünür karbonhidratlar, aminoasitler) üreterek yüksek tuz konsantrasyonlarının protein ve biyomembranlara vereceği zararlı etkilerden korunmaya çalışırlar.

Tıprıdamaz ve Çakırlar (1989) buğdayın (*Triticum aestivum* L.) Türkiye' de yetiştirilen iki çeşidinde tuz ve su stresinin oransal su kapsamı (OSK), prolin ve betain değişimine etkisini araştırmışlardır. Her iki stres koşulunda da belirlenen buğday çeşitlerinde (Gerek 79, Bezostaya 1) uygulanan stresin derecesi ve süresine bağlı olarak

yaprak OSK azalmıştır. İki stres koşulunda her iki çeşitte de yaprak, gövde ve kök dokularındaki prolin miktarı stresin derecesi ve süresine bağlı olarak artmıştır. Her iki çeşitte yaprak ve gövde dokularındaki betain miktarı stresin derecesi ve süresine bağlı olarak artmıştır. Kök dokusunda ise zamana bağlı olarak azalmıştır.

Konuyla ilgili bir diğer çalışmada ise Çakırlar ve Topçuoğlu (1990) değişik tuz (NaCl) seviyelerinde büyütülen ayçiçeği (*Helianthus annuus* L. cv. Peredovik) bitkisinin gövdesinde serbest, bağlı ve toplam absisik asit (ABA) miktarlarını ortamın tuz konsantrasyonuna ve bitki yaşına bağlı olarak incelemişlerdir. İnceleme sonucunda serbest, bağlı ve toplam ABA miktarları hem ortamdaki tuz konsantrasyonuna hem de bitkinin yaşına göre değişim gösterdiğini bulmuşlardır. Serbest ve bağlı ABA, tuzluluk ve yaş faktörlerine bağlı olarak değişik oranlarda birbirine dönüşebilir. Genel olarak, gövdedeki ABA artışı gövdedeki sentezinden çok, yapraklarda sentezlenerek gövdeye transfer edilen ABA nedeniyle olur.

Aslanargun (2002) İç Anadolu Bölgesi'nde yayılış gösteren *Aegilops* türlerinin tohum çimlenmesi üzerine NaCl'ün etkilerini araştırmıştır. Tohumlar, 25°C sıcaklık, 12 saat fotoperiyotla %0, %1, %2 ve %3' lük NaCl' lü ortamlarda çimlendirilmiştir. Çimlenen tohumların yapraksı gövde ve kök boyları ölçülmüştür. Bazı türlerde kontrole göre çimlenme az olurken bu türlerin %1, %2 ve %3 NaCl' lü ortamlarda iyi çimlendiği görülmüş ancak diğer türlerde artan NaCl derişimi çimlenmeyi engellemiştir. Bir tür dışında kalan diğer türler 30. gün sonunda tuzlu koşullara kısmen uyum göstermişlerdir. Tuzlu ortamların su alınımasını engelleyerek bitki metabolizmasını geriletmesi ve böylece kök ve gövde boyunun gelişimini engellemesi bu konuda bilinenler doğrultusunda olmuştur.

1.2.4. Ağır Metal Stresi

Atık maddeler olarak çeşitli yollarla okyanuslardan ve sulardan topraklara geçen değişik maddeler arasındaki ağır metaller uzun süreli problem oluştururlar. Bunlar, organizmalarda birikmekle ve gıda zincirlerini dolaşmakla kalmaz, aynı zamanda ekosistemde tehlikeli konsantrasyonlarda uzun süreyle kalabilirler. Doğal ortamda, maden bulunduran kayaları veya lavlarla karışık cürufu örten topraklar bitkilere toksik

etki yapacak miktarlarda ağır metalleri (Zn, Pb, Ni, Co, Cr, Cu) ve metaloidleri (Mn, Cd, Se, As) içerirler. Bundan başka ağır metal kirliliği yoğun taşıt trafiğini, değersiz çöplükleri ve lağım pisliklerini içeren endüstriyel bölgelerde de oluşur.

Bitkilerin mikro element olarak çeşitli ağır metallere ihtiyaç duymaları metalik elementlerin özellikle köklerle alınımını, taşınması ve birikmesini kolaylaştırır. Doğal topraklar, bitki dokularında iz miktarda tespit edilen bazı diğer elementleri de içerir. Bu elementlerin birçoğu (özellikle ağır metal olan kadmiyum, kurşun ve arsenik gibi) yüksek oranda toksik olabilir. Bitki için gerekli olan mikro besinler de (bakır, nikel ve çinko gibi) aşırı miktarlarda toksik olabilirler. Bitki, toksik elementlerin girmesini önleyemeyebilir. Ağır metal iyonlarının toksik etkisi; solunum ve fotosentezin elektron transportuna olan müdahale, enerji ve mineral besin alınımının azaltılması ve hayati önem taşıyan enzimlerin inaktivasyonu şeklinde olur (Demet ve Baş 1992).

Bir çok bitki konsantrasyonlarının artması ile ağır metallere duyarlı hale gelir. Diğer streslerde olduğu gibi bitki türlerinin ağır metallere gösterdikleri duyarlılık farklıdır. Birçok tür, arsenik, selenyum, nikel, krom, altın siyanid, kadmiyum ve diğer metaller yada metaloidler bakımından zengin topraklarda iyi gelişirler. Bazı bitki türleri ağır metal fazlalıklarını zararsız kılacak kaçınma mekanizmaları geliştirerek bulaşık habitatlarda büyüyebilirler. Bu kaçınma mekanizmaları; kök hücrelerinin normal seçiciliği ile alınımın azalması, protoplazmayı çevreleyen tabakaların içinden geçişin önlenmesi, stoplazmada kükürt içeren polipeptitlerin (glutatyon ve glutamil türevleri) oluşumu ve vakuolde organik ve inorganik asitler, fenol türevleri ve glikozitler ile komplekslerin oluşumu ve tekrar yer değiştirmesi şeklindedir.

Bazı bitki türleri de metalleri alarak bunları öldürücü seviyelere kadar akümüle ederler. Böyle bitkiler, *akümülatör bitkiler* olarak adlandırılır ve böylece gerçek bir tolerans ortaya çıkar. Akümülatör bitkilerden *Astragalus* (Fabaceae) ve *Stanleya pinnata* (Brassicaceae) selenyumu tohumlarının kuru ağırlığının %10' u kadar akümüle edebilirler (Hopkins 1999).

Bitkiler bu toksik elementlerin yüksek seviyede olanını tolere etmek için iki temel strateji geliştirirler. Bu stratejiler; toksik elementin organik bir molekülle kombinasyonu şeklinde detoksifikasyona uğratılması ile ilgilidir. Bazı bitkiler metalleri düşük

moleküler ağırlıklı organometalik bileşiklere dönüştürürler. Metalleri, sülfür içeren aminoasitler (sistein yada metionin gibi) yada organik asitler ile (asetat, malat, sitrat gibi) kombine ederek dönüştürürler. Bazı bitkiler ise az miktarda sülfürden zengin polipeptidler sentezler. Bunlara *phytochelatin* denir (Grill vd 1985). *Phytochelatin*ler, sadece bakır, civa, kadmiyum, kurşun, çinko ve diğer metal yada metaloidlerin toksik seviyelere ulaşmaları durumunda büyük miktarda bulunur.

Larcher' in (1995) ağır metallere dayanıklılık konusunda bildirdiğine göre; “Ağır metallere dayanıklılığın genetik ve fizyolojik temelinin anlaşılması, şiddetli kirlenmiş alanların yeniden vejetasyona sahip olmaları ve ayrıca biyoindikatör bitkilerin seçimi için uygun türlerin belirlenmesinde, uygun çeşitlerin ıslahında önceden bilinmesi gereken önemli bir husustur.”

1.2.5. Görünür Radyasyon (Işık) ve Ultraviyole Radyasyon Stresi

Işık, yeşil bitkilerin klorofilleri yardımıyla su ve havanın CO₂' ini birleştirerek fotosentez yapabilmeleri için gerekli temel etmendir. Bitkilerin gelişmesinde ışığın renkleri, yoğunluğu (intensitesi) günlük ışıklanma süresi (fotoperiyod) ve gelişme süresi boyunca gelen toplam ışıklanma süresi önemlidir. Bitkilere ulaşan ışığın yoğunluğu ve süresi bitki organlarının morfolojik ve fizyolojik özelliklerini etkiler. Işık yoğunluğu değişirse bitkinin normal fonksiyonları yavaşlar yada sona erer. Bitkiler ışık isteklerine göre ikiye ayrılır:

a)Heliyofitler (güneş bitkileri): Büyüme ve gelişmeleri için bol miktarda ışığa ihtiyaçları vardır. Örneğin; domates, biber, patlıcan, fasulye.

b)Skiyofitler (gölge bitkileri): Az ışık miktarında büyüme ve gelişmesini yapabilen bitkilerdir. Örneğin; çilek, ahududu (Kılınç ve Kutbay 2004).

Güneşten yeryüzüne ulaşan ışık, dalga boyları farklı ışınlardan oluşur (Tablo1.2). Fotosentez olayında etkili olan ve gözle görülebilen ışınlar mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renkli ışınları kapsar. Dalga boyları farklı olan bu ışıkların bitki

üzerinde etkisi de farklı olmaktadır. Bitkilerin özümlemeleri dalga boyu 430-660 nm arasındaki ışıklarda daha hızlı olmaktadır. Yeşil renkli ışınlar (490-550nm) fotosentezde en büyük rolü üstlenirler. Mavi ışık; bitkilerin fazla boylanarak gelişmesini sağlar. Kırmızı ışığın bulunmaması tohumların çimlenmesini ve gelişmesini engeller ve çiçeklenmesini geciktirir. Güneşten gelen kırmızı ve mavi ışıkların geliş yoğunluğu, güneşten gelen ışıkların açısına bağlı olarak değişir.

Soheila ve Mackerness' e (1999) göre güneş enerjisi dünyadaki hayat için çok önemlidir. Dünya yüzeyine ulaşan en kısa dalga boylu güneş ışını elektromanyetik spektrumun bir kısmı olan UV-B ışınlarıdır. Dünyaya ulaşan UV-B' nin miktarı atmosferdeki ozon miktarıyla belirlenir. İnsan aktiviteleri stratosferik ozonun redüksiyonuna sebep olur. Bunun sonucu olarak da ozon tabakasında ilerleyen bir hasar görülmektedir.

Ozon tabakası, güneş ışığındaki UV-B' yi daha az absorbladığından beri dünya yüzeyi; bitkilerin büyümesi, gelişmesi ve fizyolojisi için potansiyel olarak zararlı olan, UV-B radyasyonuna maruz kalmıştır. Canlı dokular için zararlı olan kısa dalga boylu ışınların fiziksel anlamda oluşturduğu etkiler bilinmekle birlikte hücresel ve moleküler mekanizmalar üzerindeki etkileri hakkında çok az şey bilinmektedir. Önceki çalışmalarda genetik özelliklere etkisi bakımından fotosentez gibi birçok önemli fiziksel sürece UV ışınlarının etkileri ortaya çıkarılmıştır. Antioksidan enzimlerindeki artış, patojenlerle ilgili proteinlerin indüksiyonu gibi çok sayıdaki savunma mekanizmasının uyarımı da genetik özelliklerin ortaya çıkmasındaki önemli bir faktördür.

Tablo 1.2 Işık dalga boyları ve özellikleri (Kocaçalışkan 2004)

Renk	Dalga Boyu Aralığı (nm)	Temsilci Dalga Boyu	Frekans (Hz x 10 ⁻¹⁴)	Enerji (eV/foton)
Ultraviyole	<400	254	11,80	4,88
*Mor	400-425	410	7,31	3,02
*Mavi	425-490	460	6,52	2,70
*Yeşil	490-550	520	5,77	2,39
*Sarı	550-585	580	5,17	2,14
*Turuncu	585-640	620	4,84	2,00
*Kırmızı	640-740	680	4,41	1,82
Kızılötesi	740<	1400	2,14	0,88

* Bitkilere yararlı

Günümüze kadar ulaşan çalışmalar, reaktif oksijen türlerinin (ROS) ikincil bir ulaştırıcı gibi hareket ederek bitki hormonları salisilik asit, jasmonik asit ve etileni içeren çok sayıdaki dağıtım yolları için önemli bir rolü olduğunu göstermektedir.

Bitkilerde UV-B radyasyonu maruziyeti ribulaz 1-5 bifosfat karboksilaz/oksijenaz ve klorofil a-b' nin ekspresyonunu redükte etmektedir. Halbuki koruyucu pigment sentezi ile ilgili olan genlerin ekspresyonu artmaktadır (Thompson ve White 1991, Stapleton 1992, Jordan 1996). Son çalışmalar göstermiştir ki, bitkilerin UV-B maruziyeti oksidatif stres yapan *reaktif oksijen türlerini* (ROS) arttırır (Arnots ve Murphy 1991). ROS sadece zararlı bir radikal olarak fonksiyon göstermez, ayrıca birçok genin ekspresyonunu değiştiren sinyal kademelerinin de bir bileşenidir.

Dünya yüzeyindeki UV-B seviyesindeki artış, bitkilerin UV-B' ye karşı oluşturdukları cevapta değişmiş yada artmış pigmentasyon ve antioksidant yolların sitimülasyonunun da dahil olduğu birçok stres reaksiyonunun ortaya çıktığı gösterilmiştir. Smith vd (2000) fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ile yaptıkları çalışmada bitki büyüme regülatörü olan poliaminlerin UV-B stresi boyunca arttığı ve ayrıca UV-B cevabını da kapsadığını göstermiştir. Bu çalışmada 2 haftalık periyotta *Phaseolus vulgaris* L.' nin UV-B' ye duyarlı legümenleri üzerinde UV-B' nin etkileri araştırılmıştır. Primer olarak putrescine' deki düşüşten dolayı UV-B radyasyonuna cevap olarak total serbest poliaminler fark edilir bir düşüş göstermiştir. Serbest poliaminlerin redüksiyonu UV-B ile indüklenen klorofil kaybıyla ilişkilidir.

UV ışınlarından en çok zarar gören moleküller DNA' lardır. Buna karşılık RNA ve proteinler UV' ye karşı daha dayanıklıdır. UV radyasyonu, nükleik asitlerde timin dimerlerinin durmasına sebep olmaktadır. Ayrıca sitozinin hidrasyonuna sebep olarak DNA çift sarmalındaki şeker-fosfat bağlarını da kırmaktadır. Proteinlerin de doğrudan UV radyasyonu ile muameleden etkilendikleri düşünülmektedir. Ayrıca UV maruziyeti hidrojen peroksit üretimine de neden olmaktadır.

Demorrow ve Henry (1977) cüce bezelye (*Pisum sativum*) fidelerini karanlık ve görünür ışıktaki, yalnız veya kombine olarak Ethrel ve UV ışınmasına maruz bırakmışlardır. PPO aktivitesini dört farklı substratla denemişler, UV ve Ethrel

maruziyetinin, polifenol oksidaz (PPO) aktivitesi üzerinde aktivite arttırıcı yada aktivite azaltıcı bir etki yapmadığını bulmuşlardır.

Yakın bir zamanda bitki tepkilerini uyaran susuzluk ve UV-B arasında bir ilişki olduğu bulunmuştur. Bu stres durumları oksidatif patlamayı tetikler. Alexieva vd (2001) buğday ve bezelye üzerinde susuzluk ve UV-B' nin etki ve ilişkisini araştırmışlardır. UV-B uygulandıktan sonra yapraktaki su miktarında herhangi bir değişikliğin olmaması bu durum dışındaki başka değişimlerin oluşumunu inhibe ettiğini, antosiyanin ve fenollerde görülen artışların UV-B ışınlarına maruziyetten sonra ortaya çıktığını görmüşlerdir. Ölçtükleri fizyolojik ve biyokimyasal parametreler, UV-B ışınlarının bezelye ve buğdayın gelişiminde susuzluktan daha güçlü bir stres olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Diğer stresler gibi ultraviyoleye maruz kalan bitkilerde koruma mekanizmaları ortaya çıkar. Savunmada birincil olarak epidermal hücrelerdeki UV-B absorblayan bileşiklerde bir artış olur ve giren UV-B' ye engel oluşturulur. UV-B büyük oranda bu yolla azaltılır. Küçük fakat önemli miktardaki bir kısmı ise alttaki hücre tabakasına nüfuz ederek selüler prosesin yapısını bozar (Day vd 1992). Bu da antioksidant enzim aktivitesindeki ve patogenez ile ilgili proteinlerin üretimindeki artışa sebep olan oksidatif patlamaların dahil olduğu stres cevaplarını tetikler (Kramer vd 1991, 1992). Bitkilerin UV-B radyasyonuna karşı oluşturdukları cevapla ilgili olan önemli bir molekül de salisilik asittir. ROS arttıktan sonra salisilik asit birikir ve UV-B radyasyonuna karşı oluşan cevapta patogenezele ilgili üç proteinin (PR1, PR2 ve PR5) ekspresyonunun regülasyonunda öncelikli olarak görülür (Surplus vd 1998).

1.3. Strese Karşı Bitkilerin Gösterdiği Tepkiler

Stres altında yaşayabilme yeteneğine sahip bitkiler için *dayanıklı*, böyle bir yeteneğe sahip olmayanlar için de *duyarlı* terimi kullanılmaktadır. Bitki türleri optimum çevre şartlarına (sıcaklık, su potansiyeli, tuzluluk gibi) oluşturdukları cevapta yada bunlara karşı gösterdikleri hassasiyet konusunda oldukça değişkendir. Hangi noktada sıcaklık, su potansiyeli yada tuzluluğun stres haline geleceği konusunda bilim adamlarının bulabildiği bir sistem ve cevap yoktur. Bazı bilim adamları bitkinin belli bir strese karşı

başarılı bir şekilde vermiş oldukları cevabı tanımlamak için *strateji* kelimesini kullanırlar. Strateji *bir organizmanın belli çevre şartlarında yaşamasını sağlayan cevapların genetik olarak programlanmış bir sonucu* şeklinde tanımlanabilir (Jones vd 1989).

Bitkilerde stres faktörlerine karşı iki farklı tepki gözlenmektedir: Bunlar; stres faktörlerinden *kaçınma* veya bunlara karşı *tolerans*tır.

Kaçınma : Stres faktörlerinin bitki dokularına girişinin önlenmesi veya azaltılmasını ifade eder. Stres ortadan kalkınca bitki stresten önceki haline geri döner (Orcutt ve Nilsen 2000). Bu mekanizma iki yolla gerçekleşir:

a)Bitkinin çevre ile temas halinde olduğu yüzeylerinde morfolojik ve kimyasal kompozisyondaki değişiklikler: Yaprak ayasının alanı ve kalınlığı, stomaların büyüklüğü ve yoğunluğu, kütikulanın kalınlığı ve kimyasal kompozisyonu, yaprak ve kök salgılarında toksik ve engelleyici komponentlerin oluşumu. Örneğin kaktüs, etli fotosentetik gövdesi ve yaprakların diken şeklinde indirgenmesiyle kuraklığa dayanabilmektedir.

b)Ontogenetik değişimler (stres faktörlerinden mevsimsel olarak kaçınma) : Stres olayından önce dormant ontogenetik faza (tohum, yumru oluşumu) geçiş sağlanarak bitki üretkenliği garantili hale getirilir.

Tolerans : Stres faktörlerinin etkisini elimine etme, azaltma veya tamir etme mekanizmalarını ifade eder. Bu tepki tipi, doku seviyesindeki değişiklikleri (sakızların, yara periderminin oluşumu gibi), subselüler seviyedeki değişiklikleri (duvar ilavelerinin; membran, kloroplast ve hücre duvarı modifikasyonlarının oluşumu gibi) , moleküler (sekonder metabolitlerin, polisakkaritlerin, fenol polimerlerinin ve stres proteinlerinin sentezi) ve submoleküler seviyedeki değişiklikleri kapsamaktadır (Gürel ve Avcıoğlu 2001).

Toleransın ekstrem örnekleri eğreltilerin ve çiçekli bitkilerin heterojenik grubudur (100' den fazla türü bilinir). Bunların hepsi *yeniden doğan bitkiler* olarak bilinir (Gaff 1977). Bir çok bitkinin vejetatif kısımları artan derecedeki dehidrasyonu tolere

edemezken yeniden doğan bitkilerin yaprakları zedelenme olmadan %7' lik su oranına kadar yaşayabilirler.

Bitkiler çoklu biyotik ve abiyotik faktörlere cevap verirler. Bitki stres fizyolojisi adaptasyon ve aklimatasyon arasında önemli bir farklılık göstermelidir. Aklimatasyon (uyarlama) farklı çevre karakterlerine karşı verilen fenotipik cevaptır. Uzun zaman skalasında aklimatasyon mutlaka gelişir. Bitkide özel organlar gelişebilir, yapısal boyutu değişebilir ve biyokütlesi artabilir. Morfolojisi, kimyası, anatomisinde yenilenmeler olabilir. Kısa sürede ise (saniye veya dakika) protein popülasyonu düzenleyici büyüme gösterir. Regülatörler serbest bırakılıp aktif hale geçerler ve translasyon artıp azalabilir. Eğer her bir bireyin morfolojik ve fizyolojik karakterleri değişiyorsa ve diğerinin habitatında büyüyorsa aklimatasyon (iklime alışma) olmuş demektir.

1.4. UV-C Stresinin Morfolojik ve Fizyolojik Etkileri

Morötesi ışıkların (kısa dalgalı ışıklar) büyük kısmı atmosferdeki ozon tabakası tarafından tutulur. Bu ışıklar bitkilerde renk oluşumunu ve büyümeyi engeller, cüceliğe neden olur. Bitkilerde normal büyüme ve gelişme hormonları arasındaki dinamik dengeye bağlıdır. Bitkiler, büyüdükleri ortamdaki ışık koşullarındaki değişimleri duyma yeteneğine sahiptirler. Bitki gelişiminin çimlenme, vegetatif büyüme, reproduktif evreye geçiş, senesens gibi tüm evrelerinin bir dış etken olan ışıktan etkilenmesi ilginçtir. Bu olay, *fotomorfogenez* olarak adlandırılır ve ışık sinyalinin özel bir fizyolojik etkiye çeviren ışığı kabul edici bir pigmente gereklilik gösterir. Bu pigmentlere *fotoreseptör* denir. Yüksek bitkilerdeki en önemli fotoreseptör *fitokrom*dur. Fitokrom pigmenti, spesifik bir proteine bağlı spesifik bir kromofordan yapıldır. Işık koşulları ile bitki hormonları karşılıklı etkileşim içindedirler. Özellikle oksin, etilen ve gibberellin bitki büyüme ve gelişmesinde ışık koşullarından etkilenmektedirler. Değişik kaynaklardan yapılan literatür taramalarında; UV-C ışın stresinin bitkiler üzerindeki etkisiyle ilgili önceden yapılmış çalışmalara çok fazla rastlanılmamıştır.

Kısa dalga boylu UV (UV-C<280nm) nükleik asitler, proteinler ve diğer moleküllerin çoğu ile etkileşime girer. Bu çeşit radyasyon, ıspanakta fotosistem II' nin

bozulması gibi fotosentetik mekanizmaların hasar görmesine ve inhibisyonuna sebep olur (Salter vd 1997).

Ultraviyole ışınlar, bitki büyümesini düzenleyen hormonlara etki ederek bitkilerin bodur kalmasına neden olurlar. Gözle görülemeyen ve kısa dalga boyuna (<400nm) sahip bu ışınlar, yeryüzündeki ışın enerjisinin %2' sini oluştururlar. Fasulye fidelerinde kırmızı ışık, içsel *oksin* düzeyini azaltmakla birlikte, bitkiye dışarıdan oksin uygulanması bu büyüme inhibisyonunu değiştirmemektedir. Kırmızı ışığın etkin olduğu bir diğer sistem de çengel açılıp kapanmasıdır. Fasulye bitkisinin hipokotilindeki çengel, kısa bir kırmızı ışık uygulaması ile açılır, bu da fitokrom pigmentinin çengel açılmasındaki rolünü ortaya koymaktadır. Çengel içeren bu kısımlar kesilip IAA içine konursa, çengel açılmasının inhibe olduğu gözlenir. Bu veriler kırmızı ışığın terminal organlardan çengele oksin gelmesini azaltarak etkin olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmalar kırmızı ışığın, oksin yıkımı üzerine etkin olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, araştırmalar kırmızı ışığın IAA' in yıkımından sorumlu IAA-oksidaz enziminin düzeyine etki ettiğini de göstermiştir (Palavan-Ünsal 1993).

Etilen, çengel açılmasında düzenleyici bir etkiye sahiptir ve fitokrom pigmenti de etilen meydana gelişini kontrol etmektedir. Fitokrom muhtemelen, etilen üretimini flavanoidlerin veya diğer polifenollerin sentezlerini etkileyerek düzenlemektedir.

Palavan-Ünsal' a (1993) göre; birçok bitkiye dışarıdan *gibberellin* uygulanması, bitkinin kırmızı ışığa vereceği gelişimsel cevabı önlemektedir. Örneğin, kırmızı ışık fasulye bitkisinde çengel açılmasını teşvik etmekte ve bu etki gibberellin tarafından inhibe edilmektedir. Gibberellinler aynı zamanda kırmızı ışığın teşvik ettiği flavanoid sentezini de önlemektedir. Bütün bu verilere rağmen kırmızı ışığın etken olduğu bazı gelişimsel olaylar gibberellinler tarafından aksi yöne çekilememektedir. Işığın büyümeye etkisi içsel gibberellin sentezi yolu ile olmamakta, fakat büyük bir olasılıkla gibberellinlere duyarlılıkta farklılıklar olmaktadır. Verilere göre ışık; ya gibberellin reseptörlerine bağlanmayı değiştirmekte ve böylece gibberellinlere olan ilgi zayıflamaktadır, yada reseptör moleküllerinin sentezini inhibe etmektedir. Böylelikle de bağlanma yerinin sayısı azalmaktadır. Günümüzde ışığın dokuların gibberellinlere hassasiyetine etki ettiği hakkındaki görüşler daha çok kabul görmekte, bu da muhtemelen yeni spesifik gibberellinlerin reseptörlerinin meydana gelmesi nedeniyle

olmaktadır. Ayrıca gövde segmentleri, kırmızı ışık uygulamasından önce ABA ile muamele edilirlse hem büyüme ve hem de gibberellin artışına ket vurulur. Bu sadece bir ABA-gibberellin ilişkisi değildir. Çünkü, ABA uygulaması yaprak açılmasında da inhibe edici etkiye sahip olmakla birlikte, bundan çok sonra gibberellin düzeyinde geçici artışlar meydana gelmektedir.

Casati ve Andreo (2000) fasulyenin üç farklı kültürü ile yaptıkları çalışmada bitkilerin gövde ve köklerdeki NADP-ME' de 8 saatlik UV-B radyasyonu maruziyeti sonucunda fark edilir bir artış meydana geldiğini görmüşlerdir. Benzer bir indüklemeye 8 saatlik UV-C maruziyeti sonucunda yaprak ve gövdelerde de görmüşler, ancak köklerde böyle bir durum ortaya çıkmamıştır. Sonuçta UV-B ve UV-C maruziyetinden sonra farklı sinyaller NADP-ME indüklenmesinde rol almaktadır.

Gregianini vd (2003) *Psychotria brachyceras* (Rubiaceae)' nin uç çeliklerine günde 4 veya 16 saat UV uygulayarak besi ortamında inkübe etmişlerdir. Metanolik ekstratların yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) analizlerinde; kontrol grubu çeliklerde günlük 16 saatlik UV-C uygulamasından sonra brakiserin içeriğinin 10 kat arttığını, günlük 4 saatlik uygulamada yapraklardaki alkaloidlerin miktarının 2 katına çıktığını görmüşlerdir. Ayrıca UV-B maruziyeti alkaloid miktarını da 2 katına çıkarmıştır. İn vitro brakiserin tekli oksijeni giderebilmektedir. *Brakiserin* UV radyasyonuna karşı potansiyel bir *koruyucu* rol oynamaktadır. Bunu da UV' yi filtre ederek yapar ve reaktif oksijen süpürücüdür. Bu nedenle UV radyasyonu farmasötik çalışmalar için bu bileşenlerin veriminin arttırılmasında kullanılabilir.

Bitkiler daha az radyasyon almak amacıyla yaprak pozisyonlarının gelen ışıkla açılacak şekilde oluşumu gibi kaçınma davranışları gösterirler. Güçlü ışığın etkileri, özellikle yosunlarda ve pteridofitlerde sürgünlerin yuvarlanarak katlanmaları veya asimilat oluşturan dokunun kloroplast hareketleri ile azaltılabilmektedir. Katlanmamış yapraklara sahip tropik bitkilerde antosiyanin, karartıcı bir filtre gibi görev yaparak mezofili koruyabilmektedir. Ayrıca, güçlü ışıktaki kloroplastlarda lutein ve karoten gibi koruyucu pigment miktarlarında artma görülür.

1.5. Genetik Mühendislik ve Stres

Fizyolojik değişiklikleri içeren streslerin keşfi, diğer fizyolojik proseslerin değerlendirilmesi için yeni teknolojilerin geliştirilmesiyle sonuçlanabilir. Örneğin, polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) teknolojisinde kullanılan enzim, yüksek ısı şartlarına dayanıklı olan bakteri türünden elde edilmiştir. Biyoteknolojideki gelişmelerle birlikte bitkilerde stresin kontrol altına alınması konusunda çalışmalar yapılmaktadır.

Tarımda çevre streslerine toleranslı ürünleri geliştirmek gittikçe daha önemli hale gelmektedir. Genelde ürünler yaklaşık %25' lik verimle sınırlandırılır. Bu sınırlandırmada çevre streslerinin büyük önemi vardır. Ayrıca kasaba ve şehirlerde yetişen ürünlerin kalitesi ekilebilir alanlarla sınırlıdır. Kenar kesimler tarım için daha elverişlidir. Gelişmiş ülkelerde ürün yetiştirmek için kaliteli alanlar kullanılır. Gelişmemiş ülkelerde bu alanların kalitesi düşüktür.

Çevre stresiyle birlikte elde edilebilir ürünleri geliştirmek için aynı strese karşı doğal bitkilerin nasıl cevap verdikleri ve cevabın mekanizmasının anlaşılması çok önemlidir. Bilim adamları stresi tolere edebilecek yeni genler keşfedebilirler. Bunun için, zor çevre şartlarında bitki fizyolojisiyle çalışmak gerekir. Stresin tolerans mekanizması bilinirse, doğal bitki türlerindeki genler spesifik metabolizmaların stres koşulları altında ürünleri arttırmak için kullanılabilir. Bu olay, genetik mühendisliğinde atılacak ilk adım olduğundan çok önemlidir.

Genetik mühendisliğinin ürünleri geliştirmedeki yeteneği, ekonomik ve uygulama yönünden uygun şartlarda olması önem taşır. Eğer bitkinin herbivorlara karşı savunmasında gelişme olursa bu, ürün üretiminde önemli etkiler doğurabilir. Bitkinin pestisitler (böcek ilaçları) ve herbisitler (yabani ot ilaçları) karşı direnç göstermesindeki bir gelişme, tarımsal pratikte çok etkilidir. Ayrıca kimyasal ürün üreten şirketler için büyük finansal kaynak olarak önemlidir. Bu nedenle bitki stres fizyolojisi çalışması; tarım endüstrisi ekonomisinde, ürün yönetim pratiğinde, yeni ürün çeşitliliğinde, teknoloji gelişiminde çok önemlidir (Orcutt ve Nilsen 2000).

2. MATERYAL VE METOD

2.1.Çalışmada Kullanılan Bitki Türünün Tanıtımı

Deney materyali olarak seçilen fasulye bitkisi tek yıllık, otsu, yaprakları basit, çiçekleri monoklin ve zigomorf simetriye sahip sarılıcı veya tırmanıcı tipik bir legümen bitkidir. Çiçekleri 5 sepal ve 5 petallidir. Üst petal genel olarak büyük olup *veksillum* (bayrakçık), kanat şeklinde olan yanlardaki 2 petal *ala* (kanatçık), alttaki 2 petal ise birleşmiş olup *karina* (kayıkçık) adını alır. Çiçek tomurcuk halindeyken alalar karınayı, veksillum da alayı örter (Küçüker 1998).

Fasulyenin meyve tipi ise legümandır. Kökleri, kazık kök sistemine sahiptir. Gövdesi *tendrill* adı verilen özel sülük yapıları ile bir desteğe tırmanır. Tohumları endospermasızdır ve yüksek oranda yedek besin maddesi içerirler (Seçmen vd 1998).

Tablo 2.1 Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta) bitkisinin sistematigi
(www.hort.purdue.edu/newcrop/nexus/Phaseolus_vulgaris_nex.htm)
(13.01.2006)

<u>Kingdom</u>	: <i>Plantae</i> (Bitkiler)
<u>Subkingdom</u>	: <i>Tracheobionta</i> (Vasküler bitkiler)
<u>Division</u>	: <i>Magnoliophyta</i> (Çiçekli bitkiler)
<u>Class</u>	: <i>Magnoliopsida</i> (Dikotiledonlar)
<u>Subclass</u>	: <i>Rosidae</i>
<u>Order</u>	: <i>Fabales</i>
<u>Family</u>	: <i>Fabaceae</i> (Baklagiller)
<u>Genus</u>	: <i>Phaseolus</i> L. (Fasulye)
<u>Species</u>	: <i>Phaseolus vulgaris</i> L.

2.2. Sera Modelinin Otomasyonu

Seralar, iklim koşullarının uygun olmadığı zamanlarda ekonomik olarak bitkisel üretim için gerekli çevre koşullarının (sıcaklık, nem, CO₂, ışık ve hava gibi) sağlandığı kontrollü yetiştirme ortamlarıdır. Bu ortamlara iklim koşulları kontrol edilerek bitki gelişmesi için uygun mikro klimanın sağlanması amaçlanmaktadır. Bitkilerin büyümeleri ve gelişmeleri için, sera içi sıcaklığının belirli sınırlar arasında tutulması ve özellikle soğuk mevsimlerde seraların ısıtılması gerekmektedir. Belirli aralıklarla, seranın toprak nemine göre sulanması gerekmektedir.

Tarım yapılan topraklarda zamanla oluşan toprak yorgunluğu, tuzluluk, nemotod gibi zararlılar toprağı yetiştirme ortamı bakımından olumsuz kılmışlardır. Toprak yerine kum, perlit, ponza, odun talaşı gibi malzemeler ve yalnızca suyun kullanılması 17. yüzyıldan beri bilinmektedir. Su kültürü (hydroponic) olarak adlandırılan bu teknoloji özellikle seralarda bir çok ülkede yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde ise seracılıkta genellikle yetiştirme ortamı olarak toprak kullanılmaktadır. Fidelerin son dikim yeri olan serada toprak hazırlığı, bir önceki ürünün hasadının bitimiyle başlar. Toprak hazırlığı, hasat artıklarının temizlenerek sürüldüğü ve her türlü önlemlerin alındığı geniş kapsamlı bir faaliyettir. Bundan başka temizlik, toprağın fiziksel yapısını düzeltme ve gübreleme işlemlerinin yapılması gerekir (Yüksel 2004).

Seralarda bitki yetiştirmenin en önemli nedeni; mevsim dışında türler yetiştirmek ve biyoteknolojik olarak doku kültürü laboratuvarlarında elde edilen yeni türlerin bu tür ortamlara adaptasyonlarını sağlamaktır. Seraların yapımı ve çeşitleri iklimden iklime değişmekte ama ana tasarım ve içerik aynı kalmaktadır. Bir seranın en önemli amacı optimum ürün üretimi ve maksimum kar için uygun çevre oluşturmak ve devamını sağlamaktır (Fosdick 2003). 17. yüzyılda ilk kez Hollanda' da seralar üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalara göre; camla çevrilmiş yapı hem güneş ışığının girmesine izin vermekte hem de dışarıdaki sıcaklıktan bağımsız olarak bitkilerin gelişimine, çiçek açmasına ve meyve verimine olanak veren bir klima işlevi görmektedir (Nelson, 2003).

Genel bir tanım ile *otomasyon*, bir sistemin (bina, fabrika, sera gibi) kontrolünün insan eli değmeden kapalı bir çevirim döngü içinde otomatik olarak yapılmasıdır. Sera içindeki , sıcaklık, nem, basınç, ışık vb. değerlerin yetiştirilen bitki türüne göre

düzenlenmesi ve belirli oranlarda tutulması gerekmektedir. Bu işlem otomasyon sistemi olmadan yapılmaya çalışıldığı zaman, düzensiz olmakla birlikte, serada 24 saat bir insanın gözlem yapması ve anında müdahale etmesini gerektirir. Oysaki yapılması gereken elektronik bir otomasyon sistemi kurularak, sera için gereken işlemlerin otomatik olarak yapılmasıdır (İnan 2002).

Sera modelinin yapısına sensörler ve kontroller yerleştirilerek genel seralar için de uygulanabilirliği test edilmiştir. Dış değişkenleri algılamak için basit bir mantık programı yazılmış ve bu programla aynı zamanda havalandırma kontrol edilerek istenen bir iç çevre oluşturulmuştur. Seraları havalandırmanın üç amacı vardır: *Birincisi* yaza doğru artan sıcaklıkla camla çevrili seradan gelen solar radyasyonun etkisini azaltmak; *ikincisi* özellikle kışın içeride artan nem miktarını azaltmaktır. *Üçüncü* amaç ise sera içinde aynı seviyede, düzgün bir hava akımını sağlamaktır. Bu sayede bitki stresi azaltılabilir. Çünkü, taze hava desteği bitkilere fotosentez için uygun seviyede CO₂ sağlar ve bitkiler üzerindeki buğulaşma miktarını azaltarak aynı zamanda bitki hastalıkları sıklığını da azaltır.

Bir serada kontrol edilen en genel çevresel koşul, hava sıcaklığı, hava bağıl nemi ve CO₂ konsantrasyonudur. Bu sera modelinde, değişkenler hissedildiğinde kararlar havalandırma mantığı tarafından verilmekte; fan ve ısıtıcı işletilmektedir. Bu sera modelinde hava sıcaklığı ve bağıl nem hissedilmekte, fan ve ısıtıcı kontrol edilmektedir. Modelin kontrol programı QUICK BASIC yazılımı (Version 4. 1) kullanılarak yazılmıştır. Yazılım, MS-DOS promptu ile çalışır (Hoff ve Bern 2003).

2.3. Sera Modelinin Tanıtımı

Fasulyelerin yetiştirileceği sera modeli 50x120x40cm boyutlarında ahşap malzemeden yapıldı. Üst kısmına 30 cm yükseklikte çatı şekli verildi. Modelin iki uzun yan kenarı 4mm kalınlığında şeffaf cam ile, kısa yan kenarlardan biri 40x50cm boyutlarında 3mm kalınlığında şeffaf plexiglass ile kapatıldı. Plexiglass' ın üst ortası kesilerek 12cm' lik fanın yerleştirilmesiyle modelin havalandırma sistemi kuruldu. Diğer yan kenar ise 40x50cm' lik şeffaf sera naylonu ile kapatıldı. Modelin çatı kısmı da şeffaf sera naylonu ile kaplandı.

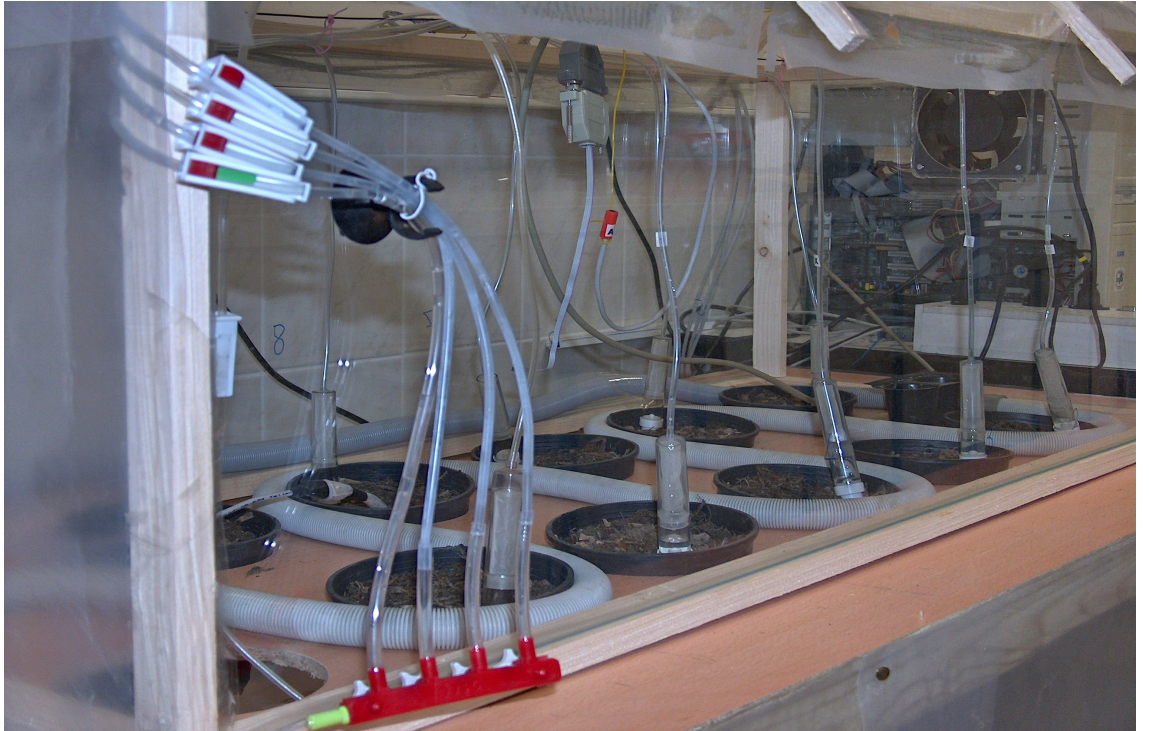
Bitkilerin gün uzunluğuna bağlı olarak gelişim gösterdikleri devreye *fotoperiyot* denir (Kılınç ve Kutbay 2004). Bitkilerin günlük fotoperiyotları ayarlanarak, birçok gelişme işlemleri denetim altına alınabilir. Fasulyelerde UV-C etkisini oluşturabilmek için sera modelinin iç kısmına çatıdan aşağı doğru 30 watt' lık UV lamba (Philips CE lamp, TUV-C 30W/G30 T8 long life, Made in Holland [λ]_{submax}=254nm) yerleştirildi. Kontrol grubu fasulyelerin UV-C ışınlarından etkilenmemesi için sera modeli içinde karton levha ile küçük bir odacık oluşturuldu. Kontrol grubunun güneş ışığı alabilmesi için, sera modeli pencere kenarına doğru konuldu. UV-C lambanın zararlı etkilerinden korunmak ve UV-C ışınlarının etrafa dağılmasını önlemek için modelin çevresi tamamen alüminyum folyo ile kaplandı. Kontrol grubu için kullanılan odacık ile deney grubu için kullanılacak odacık arasındaki karton levhanın üzeri de alüminyum folyo ile kaplandı (Şekil 2.1).

Sera modelinin sulama sistemi kan merkezlerinde kullanılan steril kan verme setleri ve 5mm çapında şeffaf plastik borulardan oluşturuldu. Su tankı olarak 20 litrelik plastik su bidonu kullanıldı (Şekil 2.2). Su bidonunun içine bilgisayar programının komutlarına göre istenen miktarda su verebilen küçük bir su pompası yerleştirildi.

Sera modeli, üzerinde 15 cm' lik saksıların girebileceği şekilde oyuklar bulunan özel bir masanın üzerine oturtuldu. Masanın alt kısmı ayaklarının etrafından şeffaf sera naylonu ile tamamen kapatılarak dış çevreyle ilişkisi önlendi.



Şekil 2.1 Sera modelinin genel görünüşü



Şekil 2.2 Sera modelinin sulama sistemi

2.4. Bitki Topraklarının Hazırlanması ve Tohumların Ekilmesi

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta) tohumlarının ekileceği saksıların içine funda toprağı, kırmızı toprak ve perlit karışımı konuldu. Bu karışım; %50 oranında funda toprağı, %25 oranında kırmızı toprak ve %25 oranında perlitin (doğal madde) homojen bir şekilde karıştırılmasıyla oluşturuldu. Perlit, toprağın nemini tutması amacıyla toprak karışımına katılmıştır. Fasulye tohumlarından 15' er tane alınarak eşit aralıklarla saksılara steril edilmeden ekimi yapıldı. Yapılan deneyler sırasında fasulye tohumlarının %10' luk çamaşır suyu (sodyum hipoklorit) ile yüzeysel sterilizasyona tabi tutulduklarında genellikle çimlenemediği görüldü. Bu nedenle tohumlar, steril edilmeden ekildi. Ancak, ekilen tohumların hepsinin çimlenmediği, bazılarının çürüdüğü görüldü. İstatistiksel hesaplamalar için çimlenebilen fasulye tohumları 14 gün boyunca yetiştirilerek gerekli ölçümler yapıldı. Her ölçüm, üç tekrarlı olarak gerçekleştirildi.

2.5. UV-C Işını Etkisinin Uygulanması

Işık yoğunluğu istenen deney şartlarının sağlanmasında büyük önem taşır. UV- C etkisi için sera düzeneğinin çatı bölümünden aşağı doğru indirilen 30 watt' lık UV lamba (Philips CE lamp, TUV-C 30W/G30 T8 long life, Made in Holland [$\lambda_{\text{max}}=254\text{nm}$]) kullanıldı. Kocaçalışkan' a (2002) göre yapılan hesaplamada; taban alanı $0,6\text{m}^2$ olan sera modelinin içine yerleştirilen UV-C lambanın ışık yoğunluğu 18500Lx ' tür. Kontrol grubunun sera şartlarında UV-C ışınlarından etkilenmemesi için sera içinde karton levha ile ayrı bir odacık oluşturuldu. Sera modeli, güneş ışığı alan bir pencere kenarına yerleştirilerek kontrol grubunun güneş ışığı alması sağlandı.

Çalışmamızda fotoperiyod 16 saat karanlık, 8 saat ışık olacak şekilde düzenlendi. 8 saatlik güneş ışığı alan kontrol grubunun bulunduğu odacığın etrafı 8 saat sonunda kapatılarak güneş ışığı alması engellendi. Kontrol grubunun 8 saat güneş ışığı aldığı durumda stres uygulanan deney grubunun da otomatik bir prizle günlük 8 saat UV-C ışını alması sağlandı. Fakat UV-C ışını sürekli olarak verilmeyip; yazılan bilgisayar programı ile parametrik olarak verildi. Bu parametreye göre; UV-C lambanın, günlük 8 saat boyunca 10 saniye yanıp 90 saniye sönmesi sağlandı. Bu parametre, çalışılmak

istenen günlük UV-C miktarına göre bilgisayar programından istenildiği şekilde ayarlanabilmektedir.

2.6. Klorofil Tayini

Klorofil tayini Arnon' a (1949) göre yapılmıştır. Kontrol grubu ve UV-C etkisindeki deney gruplarından ayrı ayrı 0,5gram yaprak alınarak, %80' lik 10ml asetonla (CH_3COCH_3 , MA=58,08, d=0,78-Merck) 3 dakika boyunca porselen havanda ezildi. Oluşan ekstratlar tüplere alınıp 3000 rpm' de 10 dakika santrifüj (EBA-20 Hettich Zentrifügen) edildi. Üstte kalan sıvı kısım (süpernatant) alınarak ağzı kapalı deney tüplerine konuldu ve buzdolabında bekletildi. 1 gün sonra pigment ekstratlarının 645 ve 663nm dalga boylarındaki absorbans değerleri UV spektrofotometrede (CHEBIOS s.r.l.-Optimum One UV-VIS Spectrophotometer) okundu (Kocaçalışkan ve Kadioğlu 1990).

Ölçümler üç tekrarlı olarak yapılmış, verilerin istatistiki değerlendirmesi "MINITAB Release 13 for Windows" istatistiksel paket programı ile yapılmıştır. Sonuçlarda ortalama değerler, standart sapmalar ve standart hatalar verilmiştir.

2.7. Bitki Örneklerinin SEM İle Analiz İçin Hazırlanması

14 gün boyunca yetiştirilen fasulye fidelerinin kontrol grubu ve UV-C etkili deney gruplarına ait apikal yapraklarından geliş güzel parçalar alınarak 9 cm' lik petrilere konuldu. Petrilerdeki yaprak örnekleri 65°C' lik etüvde 24 saat boyunca kurutuldu. Kurutulan yapraklardaki element miktarı ve yaprakların epidermal tüy yapısı SEM ile TUBİTAK-MAM' da (Gebze-Kocaeli) incelendi.

Taramalı elektron mikroskobu optik kolon, numune hücresi ve görüntüleme sistemi olmak üzere üç kısımdan oluşur. Optik kolon kısmında; elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları numuneye doğru hızlandırmak için yüksek gerilimin uygulandığı anot plakası, ince elektron demeti elde etmek için kondenser

mercekleri, demeti numune üzerinde odaklamak için objektif merceği, bu merceğe bağlı çeşitli çapta apatürler ve elektron demetinin numune yüzeyini taraması için tarama bobinleri yer almaktadır. Mercek sistemleri elektromanyetik alan ile elektron demetini inceltmekte veya numune üzerine odaklamaktadır. Tüm optik kolon ve numune 10^{-4} Pa gibi bir vakumda tutulmaktadır. Görüntü sisteminde, elektron demeti ile numune girişimi sonucunda oluşan çeşitli elektron ve ışımaları toplayan dedektörler, sinyal çoğaltıcıları ve elektron demetini görüntü ekranıyla senkronize tarayan manyetik bobinler bulunmaktadır (<http://www.istanbul.edu.tr/eng/metallurji/sem.htm> 05.01.2006).

Taramalı elektron mikroskopunda (SEM) görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla elde edilir. Modern sistemlerde bu algılayıcılardan gelen sinyaller dijital sinyallere çevrilip bilgisayar monitörüne verilmektedir.

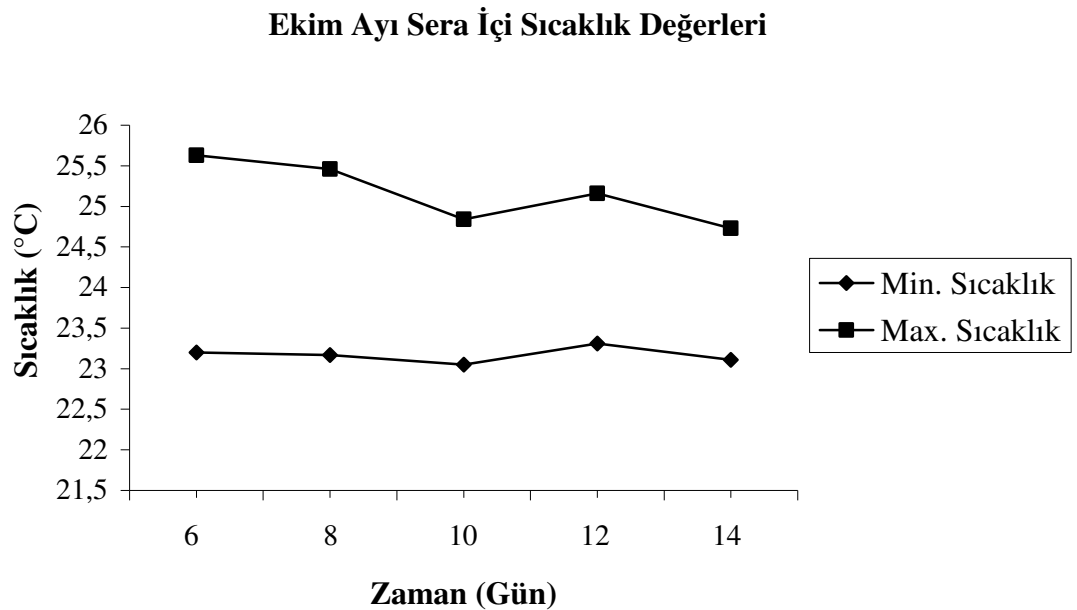
Numune üzerine odaklanan elektron demeti, numune atomları ile ayrıca elastik girişimlerde de bulunabilir. Bu girişimlerde demet elektronları, numune atomlarının çekirdeğinin çekim kuvveti ile saptırılarak numune yüzeyinden geri saçılmaktadır. Bu elektronlar geri saçılmış elektronlar olarak tanımlanır ve objektif merceğin altında yer alan özel üç adet silikon dedektörde toplanarak görüntü oluşumunda kullanılır. Böyle bir görüntü geri saçılmış elektron görüntüsü olarak tanımlanır. Geri saçılmış elektron miktarı, numunenin atom numarasıyla orantılıdır.

SEM ile incelenen organik numunelerin yüksek vakuma dayanıklı olması gerekmektedir. Özellikle böcek türleri, polenler, selüloz türü organik numuneler kurutulduktan ve altın kaplandıktan sonra düşük voltaj altında incelenebilir. Analiz için uygun şekilde hazırlanan fasulye yapraklarının yüzeyi TÜBİTAK-MAM' da altınla kaplandıktan sonra SEM ile incelenmiştir.

3. BULGULAR

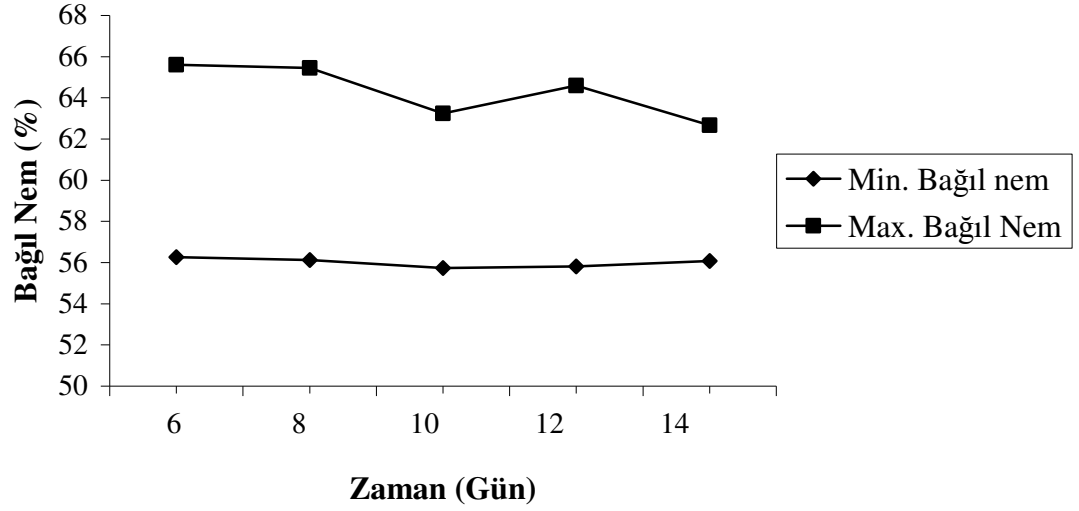
Tez çalışmamızda deney materyali olarak kullanılan fasulye bitkisinin; uygulanan abiyotik stres faktörüne karşı iki çeşit tepki verdiği görülmüştür: Bitki, stresin etkisini bir tolerans mekanizması geliştirerek veya kaçarak azaltmaya çalışmıştır.

İstatistiksel hesaplamalar için fasulye tohumları ekim ve kasım aylarında ekilerek ölçümler yapılmıştır. Fasulye fidelerinin 14 gün boyunca gelişebilmesi için sera modelinin ortam şartları (sıcaklık, nem, hava) bilgisayar programından istenilen şekilde ayarlanmıştır. Sera içi sıcaklık ve bağıl nem değerleri sera modelindeki sıcaklık ve nem sensörlerinden alınmıştır. Ekim ve Kasım aylarında tohumlar ekildikten sonra 6., 8., 10., 12. ve 14. günlerdeki minimum-maksimum sıcaklık ve bağıl nem verileri Şekil 3.1, 3.2, 3.3, 3.4' teki gibi olmuştur.



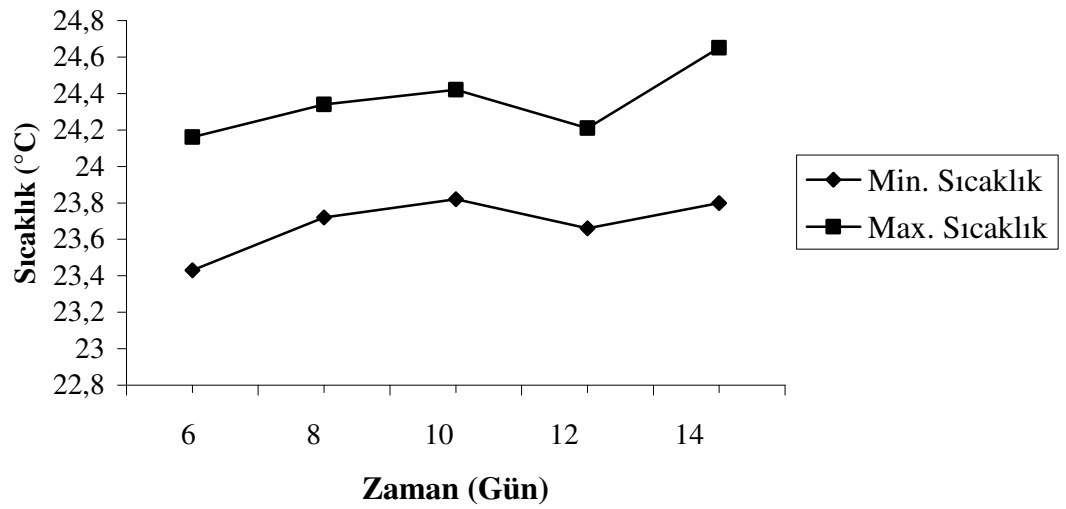
Şekil 3.1 Ekim ayında sera modelinin iç sıcaklık değerleri

Ekim Ayı Sera İçi Bağıl Nem Değerleri



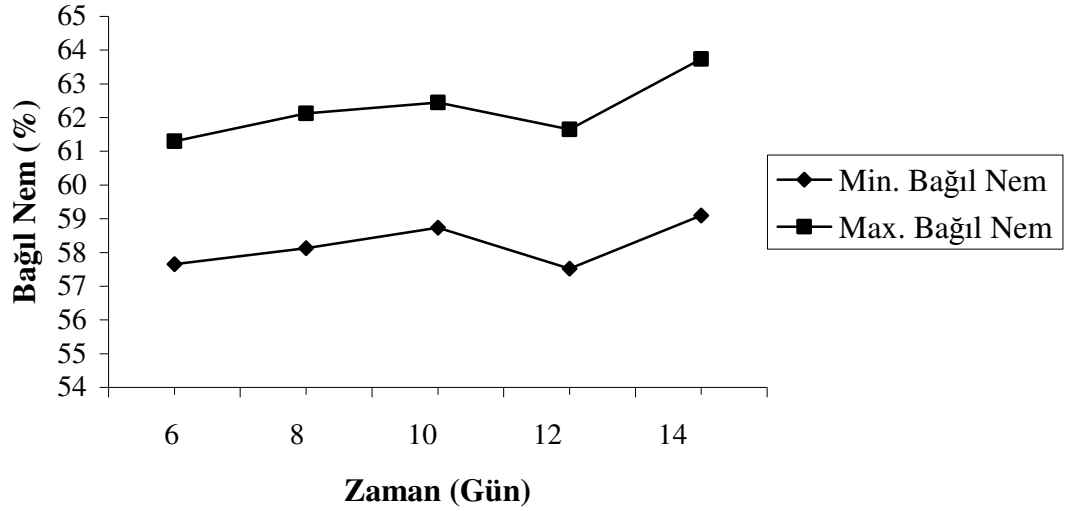
Şekil 3.2 Ekim ayında sera modelinin bağıl nem değerleri

Kasım Ayı Sera İçi Sıcaklık Değerleri



Şekil 3.3 Kasım ayında sera modelinin iç sıcaklık değerleri

Kasım Ayı Sera İçi Bağıl Nem Değerleri



Şekil 3.4 Kasım ayında sera modelinin bağıl nem değerleri

Bütün ölçümler üç tekrarlı olarak yapılmış; elde edilen verilerin istatistiksel anlamda değerlendirmesi “MINITAB Release 13 for Windows” istatistiksel paket programında *t-testi* ile yapılmıştır. Sonuçlarda ortalama değerler ve standart sapmalar verilmiştir.

3.1. Morfolojik Bulgular

14 gün sonra fasulye fideleri sökülerek kontrol grubu ile deney grubunun kök uzunlukları ölçülmüştür. UV-C ışını etkisindeki deney grubu ile güneş ışığıyla yetiştirilen kontrol grubunun *kök uzunlukları* karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($t = 2,67$, $P < 0,02$). Tablo 3.1’ de istatistiksel hesaplamalar sonucunda bulunan ortalama değerler, standart sapmalar ve standart hatalar verilmiştir.

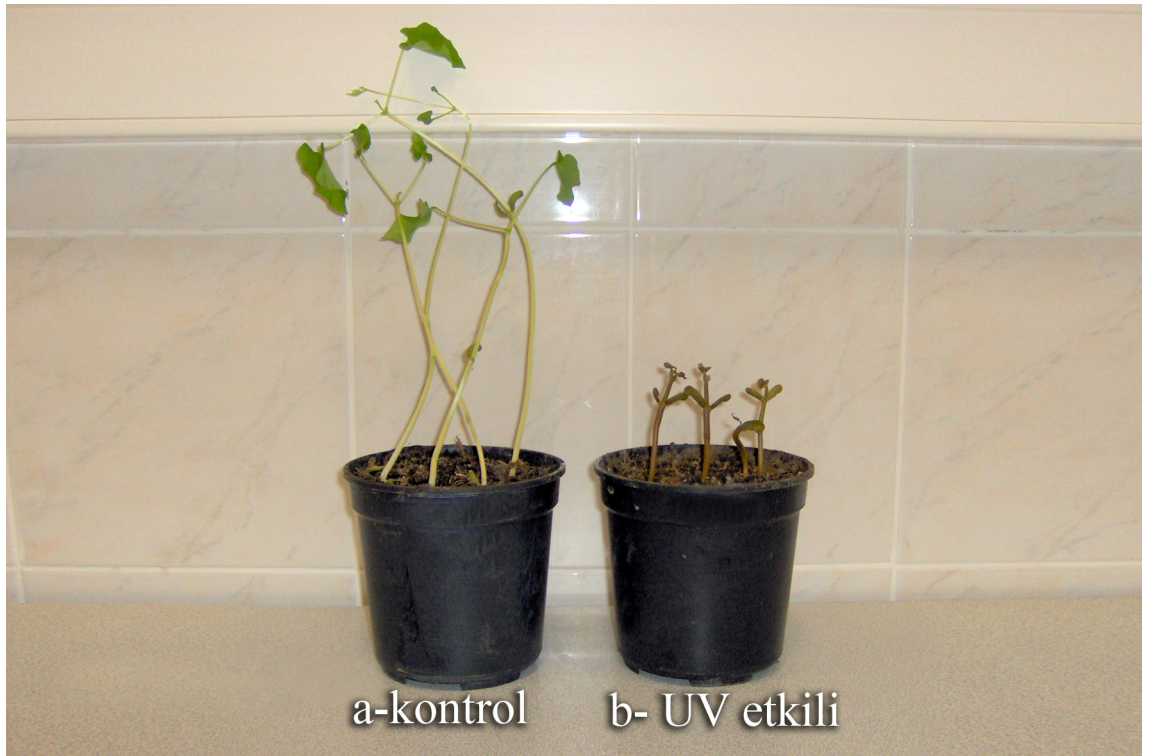
Tablo 3.1 UV-C ışınının fasulyede kök uzunluğuna etkisi

	Ortalama Kök Uzunluğu (cm)	Standart Hata
Kontrol	16,56 ± 4,10	1,3
UV-C Etkili	20,36 ± 3,54*	0,58

*t ($P < 0,02$)



Şekil 3.5 UV-C ışınının fasulyede köklenme üzerine etkisi



Şekil 3.6 UV-C ışınının fasulyede fide yüksekliğine etkisi

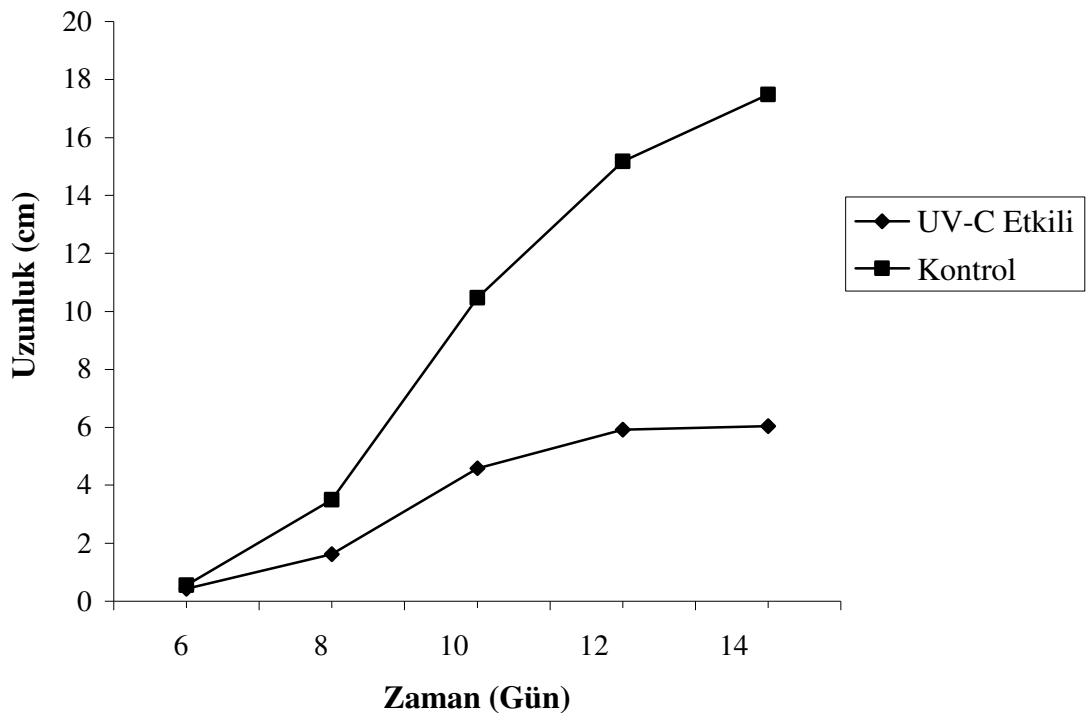
UV-C ışını etkisindeki deney grubu ile güneş ışığıyla yetiştirilen kontrol grubunun fide yükseklikleri karşılaştırıldığında; UV-C ışınının bitkinin büyümesine önemli bir etkisi olduğu bulunmuştur ($P < 0,0001$). Bu fark; çimlenmenin 6. gününde istatistiksel olarak anlamlı değilken ($t = 1,81$, $P < 0,09$) UV-C ışını çimlenmenin 8. gününden itibaren etkisini göstermeye başlamış ve bu etki diğer günlerde de devam etmiştir. Her iki grup için çimlenmeden sonraki 8. , 10. , 12. ve 14. günlerdeki fide yükseklikleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak en büyük farkın 8. günde ortaya çıktığı bulunmuştur ($t = 13,76$, $P < 0,0001$). Tablo 3.2' de istatistiki hesaplamalar sonucunda bulunan ortalama değerler, standart sapmalar ve standart hatalar verilmiştir.

Tablo 3.2 UV-C ışınının fasulyenin fide yüksekliğine etkisi

Periyot(Gün)	Ortalama Fide Yüksekliği (cm)	
	Kontrol	UV Etkili
6	$0,55 \pm 0,196$	$0,43 \pm 0,149$
8	$3,50 \pm 0,411$	$1,627 \pm 0,247^{**}$
10	$10,47 \pm 2,11$	$4,600 \pm 0,650^{**}$
12	$15,18 \pm 1,64$	$5,924 \pm 0,590^{**}$
14	$17,49 \pm 1,72$	$6,054 \pm 0,580^{**}$

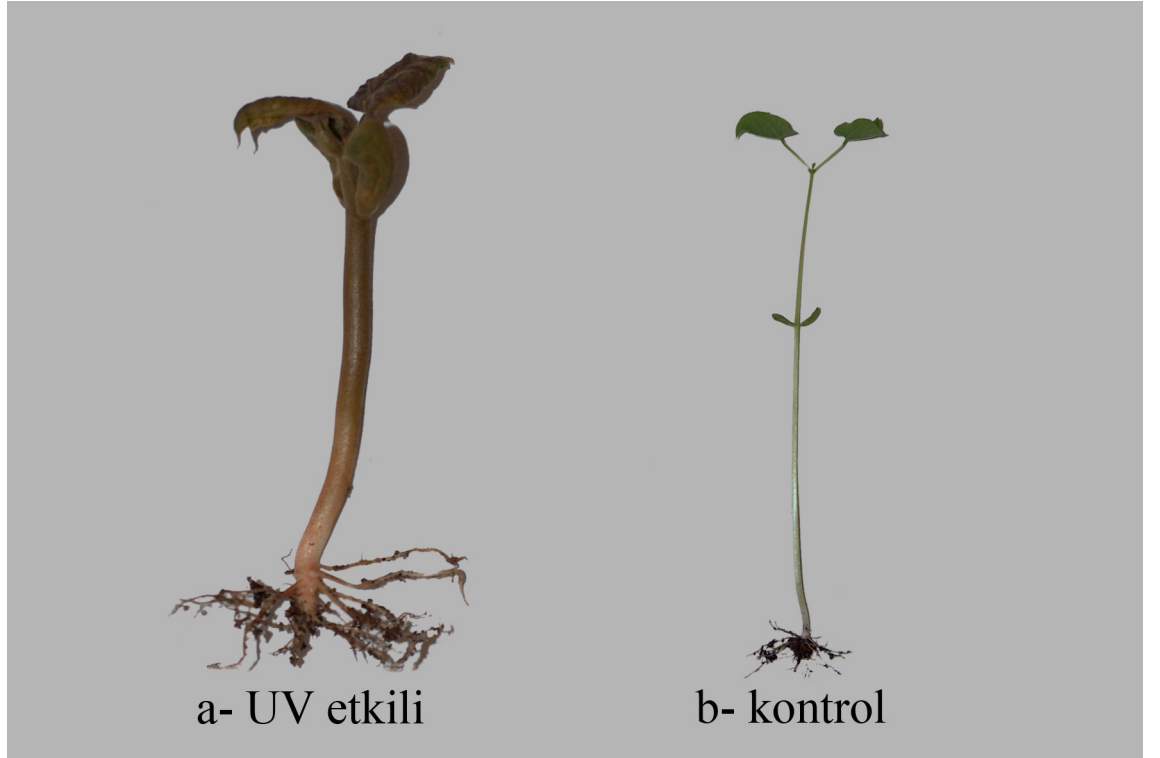
$^{**}t$ ($P < 0,0001$)

Fasulyede Fide Yükseklikleri Farkı



Şekil 3.7 UV-C ışınının fasulyede periyodik olarak fide yüksekliğine etkisi

UV-C ışınının fasulyede fide yüksekliğine yaptığı etki gövde kalınlığında da kendini göstermiştir. Güneş ışığı ile normal gelişimini sürdüren kontrol grubu fasulye fideleri yeşil ve normal kalınlıkta bir gövdeye sahipken; UV-C ışını etkisi altındaki deney grubu fasulye fidelerinin gövdesi fide yüksekliğine oranla kalınlaşmış ve kararmıştır. Bu durum, UV-C ışını günlük bir saat kesintisiz uygulandığı zaman gözlenmiştir.



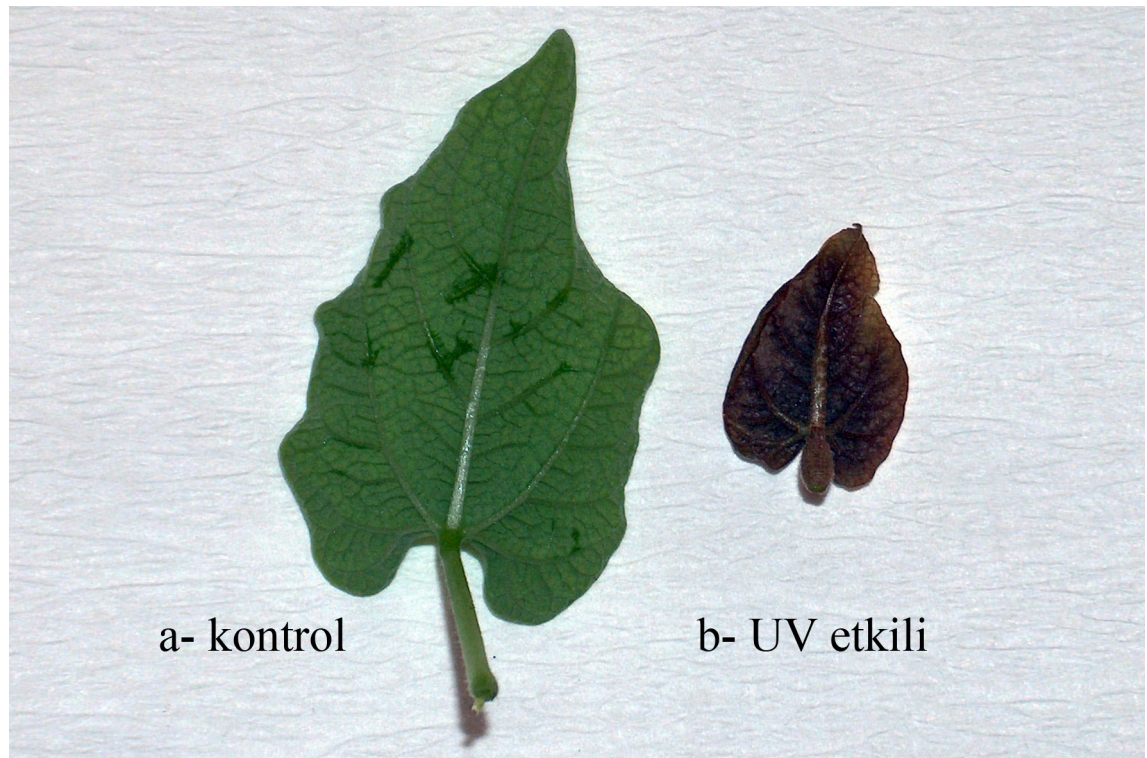
Şekil 3.8 UV-C ışınının fasulyede gövde kalınlığına etkisi

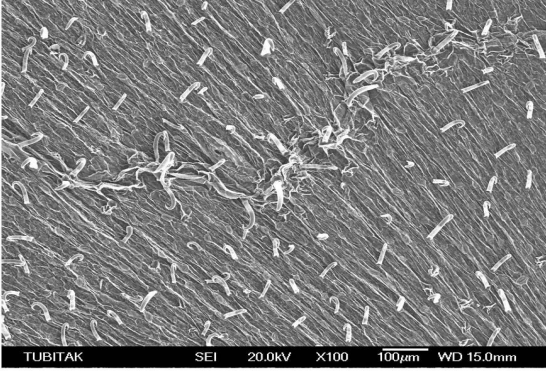
Tablo 3.3 Fasulye yapraklarında SEM ile element miktarları analizi sonuçları

Element	Ağırlık %		Atomik %	
	Kontrol	UV-C Etkili	Kontrol	UV-C Etkili
Oksijen (O)	16,19	66,38	29,78	82,58
Alüminyum (Al)	13,66	1,73	14,90	1,28
Kükürt (S)	22,59	1,69	23,68	1,05
Potasyum (K)	5,28	9,66	3,98	4,92
Kalsiyum (Ca)	0,95	8,06	0,69	4,00
Demir (Fe)	29,79	0,38	15,70	0,13
Bakır (Cu)	3,63	3,37	1,68	1,06

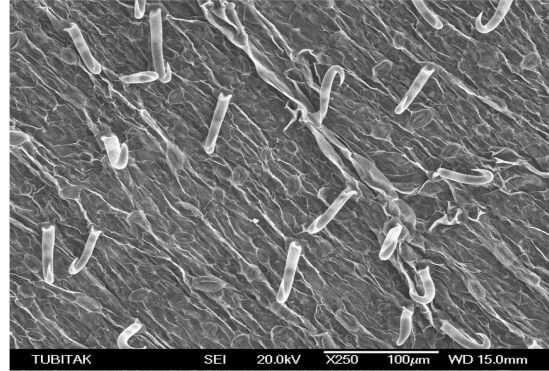
TÜBİTAK-MAM' da SEM ile yapılan analiz sonuçlarına göre kontrol grubu ile UV-C ışını etkisi altındaki deney grubu arasında element miktarları bakımından farklılıklar olduğu görülmüştür (Tablo 3.3).

TÜBİTAK-MAM' da çekilen SEM fotoğraflarına göre; UV-C ışını uygulanan deney grubu fasulye yapraklarında, epidermal tüy yapısının değiştiği görülmüştür (Şekil 3.10). Ayrıca deneyler sırasında, UV-C ışını etkisi altındaki deney grubu fasulye yapraklarının nekroze olarak yaprak ayasının küçüldüğü gözlenmiştir (Şekil 3.9).

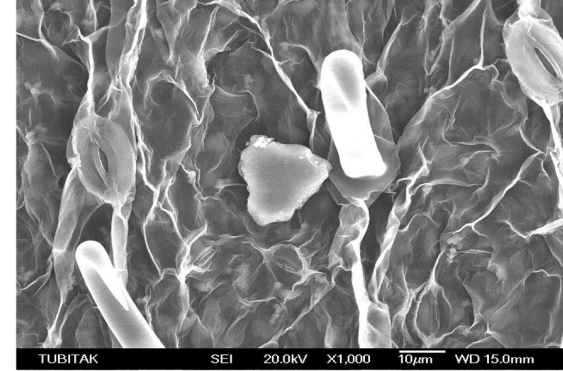
**Şekil 3.9** UV-C Işınının fasulye yapraklarının morfolojisine etkisi



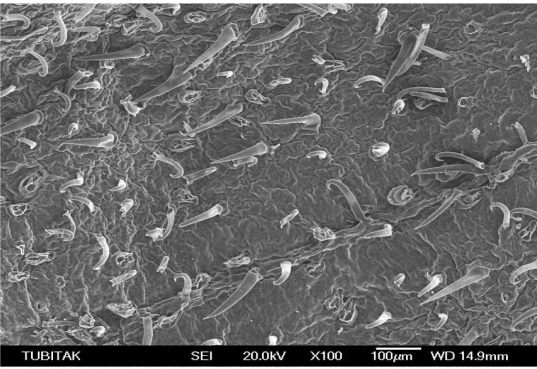
a



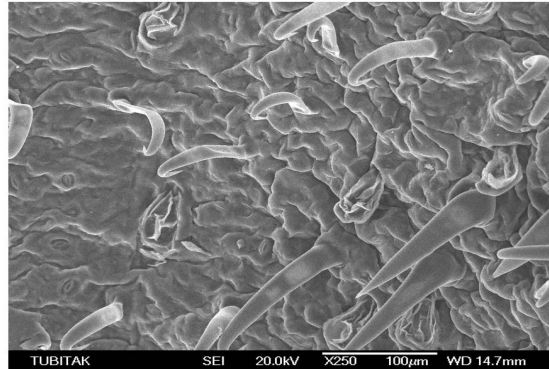
b



c



d



e



f

Şekil 3.10 Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta) yapraklarının SEM ile çekilen fotoğrafları
a-b-c: Kontrol grubu fasulye yapraklarının epidermal tüy yapısı
d-e-f: UV-C etkili deney grubu fasulye yapraklarının epidermal tüy yapısı

3.2. Fizyolojik Bulgular

14 gün boyunca yetiştirilen UV-C ışını etkisi altındaki deney grubu ile güneş ışığı alan kontrol grubu fasulye fidelerinin apikal yapraklarından alınarak Arnon' a (1949) göre *klorofil a*, *b* ve *toplam klorofil miktarı* tayinleri yapılmıştır. Ekstratların 663 ve 645nm' deki absorbans değerleri UV spektrofotometre (CHEBIOS s.r.l.-Optimum One UV-VIS Spectrophotometer) ile üç tekrarlı okunduktan sonra klorofil a, b ve toplam klorofil miktarları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan değerler istatistiksel olarak t-testi ile değerlendirildiğinde UV-C ışınının fasulye yapraklarındaki klorofil miktarını azaltıcı yönde etkili olduğu görülmüştür. Kontrol grubu ile UV-C etkili deney grupları istatistiksel olarak *klorofil a* miktarı bakımından karşılaştırıldığında; iki grup arasında önemli fark bulunmuştur ($t = 7,23$, $P < 0,0001$). Bu farkın klorofil b üzerinde daha fazla olduğu bulunmuştur ($t = 15,68$, $P < 0,0001$). Yapraklardaki toplam klorofil miktarı bakımından iki grup istatistiksel olarak karşılaştırıldığında aralarında önemli fark olduğu görülmüştür ($t = 14,34$, $P < 0,0001$).

Tablo 3.4 Yapraklardaki klorofil miktarları

	Klorofil a (mg/g yaprak)	Klorofil b (mg/g yaprak)	Toplam Klorofil (mg/g yaprak)
Kontrol	0,217 ± 0,033	0,172 ± 0,009	0,390 ± 0,031
UV-C Etkili	0,130 ± 0,009**	0,072 ± 0,019**	0,202 ± 0,023**

**t ($P < 0,0001$)

UV-C ışını solunum olayını da etkileyerek oksijen tüketimini azaltmaktadır. Bu etkiyi en aza indirmek için bazı özel pigmentler bulunmaktadır (Kocataş 1994).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Güneşten gelerek atmosfere giren ışık, bitkiye ulaşınca kadar nicelik ve nitelik yönünden değişir. Atmosferin en dış katmanı olan iyonosfer tabakasına giren ışığın dalga boyu 225-3200nm arasındadır. Bitkiler fizyolojik olarak bu ışığın 400-700nm dalga boyundaki ışınlarından yararlanabilirler. Stratosferde bulunan ozon tabakası (ozonosfer) UV ışınları absorbe eder. Atmosferin ilk katmanı olan troposferdeki su buharı, CO₂ ve O₂ dalga boyu 1100-3200nm arasındaki ışınları absorbe eder. Bu şekilde güneşten çıkan ışığın ancak %47' si yeryüzüne ulaşabilir. Çoğu, atmosferin üst tabakalarında yansıma, kırılma ve absorpsiyon olaylarıyla kaybolur. Bitkiler de yapraklarına gelen ışığı dalga boyuna, yaprağın yapısına ve pozisyonuna bağlı olarak absorbe eder, yansıtır yada geçirirler. Yapraklar, kızılötesi ışınların %70' ini yansıtırken görünür bölge ışınlarının %6-12' sini, UV ışınlarının ise sadece %3' ünü yansıtabilir. Kısa dalga boylu UV (UV-C<280nm); nükleik asitler, proteinler ve diğer moleküllerin çoğu ile etkileşime girer. Bu çeşit radyasyon, ıspanakta fotosistem II' nin bozulması gibi fotosentetik mekanizmaların hasar görmesine ve inhibisyonuna sebep olur (Kocaçalışkan 2004).

Yaprağa gelen UV, yapraktaki kütikula, mum ve süberin tarafından ve yaprak içinde bulunan fenolik bileşikler tarafından absorplanır. Bitkilerdeki nükleik asitler, proteinler, IAA, ABA ve flavoproteinler de UV ışınlarını absorplayabilir. Nükleik asitlerin UV ışınlarını absorplaması sonucunda protein sentezinde değişiklikler olabilir. Proteinlerin UV ışınlarını absorbe etmesi ise zarlardaki protein ve lipidlerin değişikliğe uğraması sonucunda zarların geçirgenliği ve iyonik dengenin etkilenmesine yol açar (Gürel ve Avcıoğlu 2001).

Çalışmamızda UV-C ışınlarına maruz kalan fasulye fidelerinin büyümesindeki azalma fotosentezin inhibisyonu ve yaprak genişlemesindeki azalma sonucu ortaya

çıkmiş olabilir. Bitkilerin uç kısımlarında sentezlenen IAA ile yapraklarda sentezlenen ABA, UV ışın reseptörü oldukları için bu hormonların konsantrasyonlarındaki değişiklikler bitkilerdeki düzensiz büyümenin sebebi olabilir. Bu düzensizlikler yaprak absisyonu, çiçek gelişiminin engellenmesi, apikal dominansinin kaybı şeklinde belirebilir.

Smith vd (2000) fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ile yaptıkları çalışmada iki haftalık periyotta serbest poliaminlerin redüksiyonunun UV-B ile indüklenen klorofil kaybıyla ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Tez çalışmamızda ise UV-C etkisiyle klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarında kontrol grubuna göre önemli azalmalar olduğu bulunmuştur. Bu azalmanın özellikle klorofil-b miktarında daha çok olduğu istatistiksel olarak hesaplanmıştır. UV-C ışınlarının fasulyede stres oluşturmaları sonucu klorofil a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) ve klorofil b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) miktarlarında oluşan azalmalardaki bu farklılığın nedeni klorofil a ve b molekülleri arasındaki yapı farkı olabilir. Buna göre; klorofil a' da 3. karbon atomuna metil grubu bağlanmasına karşın klorofil b' de aynı karbona aldehit bağlanmıştır. Kimyasal yapılarında görülen bu farklılığa ek olarak klorofil a ve b molekülleri hem çözünürlük hem de ışığı absorbe etmeleri bakımından birbirine benzemezler. Klorofil a petrol eterinde iyi çözünürken; klorofil b için en iyi çözücü metil alkoldür. Her iki klorofil için de maksimum ışık absorpsiyonu mavi-mor ışınlar bölgesinde olup klorofil a için en yüksek ışık absorpsiyonu 429nm, klorofil b için ise 453nm dalga boyundadır. Her iki klorofil molekülü de ikinci maksimum ışık absorpsiyonunu kırmızı ışınlar bölgesinde gösterirler. Bu bölgedeki ışık absorpsiyonu klorofil a için 660nm, klorofil b için 642nm dalga boyundadır (Bozcuk 1997).

Çalışmamızda, uygulanan UV-C ışınlarından daha az etkilenmek amacıyla fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Atlanta) bitkisi değişik kaçınma davranışları geliştirmiştir. Yaprığın üst yüzeyinde bulunan yoğun trikoma örtüsü veya epidermis ve hipodermal dokudaki kalınlaşmış duvarlar bir filtre gibi rol oynamakta ve güçlü UV-C radyasyonunun etkisini azaltmaya çalışmaktadır. Özellikle epidermiste oluşturulan tüyler, epidermisin koruyucu görevini destekler niteliktedir. Epikütikular mum ve hücre özsuyundaki çözünmüş flavonoidler tarafından UV' nin etkili absorpsiyonu nedeniyle yüksek bitkilerin protoplazmaları radyasyon zararından büyük ölçüde korunabilir. Koruyucu pigmentlerin sentezinin UV-C tarafından

uyarılmasıyla bitkiler, bu maddeleri biriktirmeye çalışırlar (Larcher 1995). Bu tez çalışmamızda da fasulye yapraklarının UV-C etkilerinden korunabilmek için yaprak yüzeyindeki kütikula tabakasını kalınlaştırdığı ve epidermiste oluşturulan tüylerin yapısının UV-C ışını etkisiyle değiştiği görülmüştür.

Bitkilerin çevresel strese karşı oluşturdukları cevaplar bitki fizyolojistlerinin ve ekolojistlerin temel araştırma konusudur. Aynı zamanda bu konu zirai bilimciler için de önemlidir. Stres cevabının anlaşılması; susuzluğa, tuzluluğa ve diğer verimi sınırlayıcı şartlara dayanabilen strese dayanıklı türlerin geliştirilmesi için önemlidir.

Giderek artan dünya nüfusu, sanayileşme ve kentleşme ile daralarak kirlenen tarımsal üretim alanlarının günümüz toplumlarını beslenme, hatta açlık sorunuyla karşı karşıya getirmektedir. Araştırmacılar bu sorunu çözmek için bitki yetiştirme ortamı olan toprağın ıslahı ve kaybının önlenmesine yönelik yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Bunun yanı sıra doğada çok değişik olumsuz koşullarda yetişebilen bitkilerdeki genetik potansiyeller farklı yöntemlerle tarımsal üretimi yapılan bitkilere aktarılmaya çalışılmaktadır. Bitkilerin ortama adaptasyon çalışmaları da seralarla yapılmalıdır.

Tez çalışmamızın bulguları ışığında, bir bitkinin hassas olduğu stres faktörlerinin etkileri sera ortamında en aza indirgenerek bitkiden çok daha fazla verim alınabilir. Günümüzde artık her türlü adaptasyon çalışmaları seralarda bilgisayar destekli olarak yapılmaktadır. Bu çalışmada kullandığımız fasulye gibi endüstriyel bitkilerin öncelikle sera şartlarında yetiştirilip daha sonra adaptasyonu ile bitkilerin doğal ortamda ekolojik etkilere karşı direnci arttırılabilir, ekonomik anlamda verimli bitki türleri üretilir. Bu da ülkemiz ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Alexieva, V. , Sergiev, I. , Mapelli, S. , Karanov, E. (2001) The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stres markers in pea and wheat. ***Plant, Cell and Environment***, s1337–1344.
<http://www.blackwellpublishing.com> (09.10.2005)
- Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplast Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*, ***Plant Physiology***, s1-15.
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/pagerender.fcgi?artid=437905&pageindex=1> (03.01.2006)
- Arnots, T. & Murphy, T. M. (1991) A comparison of the effects of a fungal elicitor and ultraviolet radiation on ion transport and hydrogen peroxide in rose cells. ***Environmental and Experimental Botany***, s209–216.
- Aslanargun, B. A. (2002) İç Anadolu Bölgesi’ nde Yayılış Gösteren *Aegilops* Türlerinin Tohum Çimlenmesi Üzerine NaCl’ ün Etkileri, ***Ekoloji Çevre Dergisi***, Sayı: 44 ISSN: 1300-1361: s17-20.
- Bozcuk, S. (1997) Bitki Fizyolojisi, Metabolik Olaylar, İkinci Baskı, ***Hatiboğlu Yayinevi***, Ankara, s117-120.
- Casati, P. , Andreo, C. S. (2000) UV-B and UV-C induction of NADP-malic enzyme in tissues of different cultivars of *Phaseolus vulgaris* (bean), ***Universidad Nacional de Rosario***, Suipacha.
<http://www.blackwellpublishing.com> (09.10.2005)
- Çakırlar, H., Topçuoğlu, Ş. F. (1985) Stres Terminolojisi. ***Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği Sempozyum 7***, 13-17 Mayıs, Erzurum
- Çakırlar, H., Topçuoğlu, Ş. F. (1990) Tuz Stresinde Büyütülen Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Gövdesinde Tuz Konsantrasyonuna ve Yaşa Bağlı Olarak Absisik Asit (ABA) Miktarının Değişimi, Atatürk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi ***10. Ulusal Biyoloji Kongresi Botanik Bildirileri***, 18-20 Temmuz 1990, Erzurum
- Day, T. A. , Vogelmann, T. C. , DeLucia, E. H. (1992) Are some plant forms More effective than others at screening out ultraviolet-B radiation? ***Oecologia***, s513–519.

- Demet, Ö. , Baş, L. (1992) Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller, *Ekoloji Çevre Dergisi*, Sayı: 5: s42-46.
- Demorrow, J. M. , Henry, E. W. (1977) Substrate comparability vs. polyphenol oxidase activity in ethrel and ultraviolet-treated “little marvel” dwarf pea (*Pisum sativum*) tissue, *Plant Growth Regulator Working Group’s Annual Symposium*, Hot National Park, Arkansas 71901
<http://www.blackwellpublishing.com> (19.10.2005)
- Filiz, M. (2002) Sera İnşası ve Kliması, Üniversite Kitapları, *Akademi Kitabevi*, İzmir, s34-35.
- Fosdick, D. (2003) Gardener supplies veggies in Antarctica. *Associated Pres*.
<http://www.blackwellpublishing.com> (19.10.2005)
- Gaff, D. F. (1977) Desiccation tolerant vascular plants of southern Africa. *Oecologia* 31: s95-109.
<http://www.google.com.tr> (17.11.2005)
- Gregianini, T. S. , Silveira, V. C. , Porto, D. D. , Kerber, V. A. (2003) Alkaloid Brachycerine is Induced by Ultraviolet Radiation and is a Singlet Oxygen Quencher(para) The Photochemistry and Photobiology.
http://www.zoeticzone.com/p/articles/mi_qa3931/is_200311/ai_n9312538
(03.11.2005)
- Grill, E. , Winnacker, E. L. , Zenk, H. (1985) Phytochelatins, the principal heavy metal complexing peptides of higher plants, *Science* **230**, s674-678.
<http://www.google.com.tr> (17.11.2005)
- Grime, J. P. (2002) Plant strategies vegetation processes and ecosystem properties, *John Wiley*, Second Edition, Chichester, s185-191.
- Gürel, A. , Avcıoğlu, R. (2001) Bitki Biyoteknolojisi-I, Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya, s288-326.
- Hoff, S. J. , Bern, C. J. (2003) Model for Testing Greenhouse Ventilation Logic, *Iowa State University* B. S. AE 504, s1-36.
- Hopkins, W. G. (1999) Introduction to Plant Physiology , Second Edition, *John Wiley&Sons, Inc.* , s125-141.
- İnan, S. A. (2002) Meyve Fidanı Çoğaltılmasında Kullanılan Köklendirme Seralarının Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 94s
- Jones, H. G. , Flowers, T. J. , Jones, M. B. (1989), Plants under Stress: Biochemistry, Physiology and Ecology and Their Application to Plant Improvement , *Cambridge Univ. Pres*, 272s
<http://www.google.com.tr> (19.11.2005)

- Jordan, B. R. (1996) The effects of UV-B radiation on plants: a molecular perspective. In Advances in Botanical Research, *Academic Press*, Boca Raton, s97-162.
- Kabar, K. , Atıcı, Ö. , Kocaçalışkan, İ. (1994) Effect of High-Temperature and Salt (NaCl) Stresses on Polyphenoloxidase Activity During Seed Germination, Tr. J. Of Botany 21 *TÜBİTAK*, s1-7.
- Kılınç, M. , Kutbay, H. G. (2004) Bitki Ekolojisi, *Palme Yayıncılık*, Ankara, s333-372.
- Kocaçalışkan, İ. , Kadioğlu, A. (1990) Bitki Fizyolojisi Laboratuar Kılavuzu, *Atatürk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Yayını*, s22-23.
- Kocaçalışkan, İ. (2002) Bitki Kültürleri (Organ, Doku ve Hücre), DPÜ Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Bölümü, ISBN-975-8201-47-6, Kütahya, s37.
- Kocaçalışkan, İ. (2004) Bitki Fizyolojisi, DPÜ Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Bölümü, Kütahya, s280-399.
- Kocataş, A. (1994) Ekoloji Çevre Biyolojisi, *Ege Üniversitesi Fen Fak. Biyoloji Bölümü*, 564s
- Kramer, G. F., Horman, H. A., Krizek, D. T., Mirecki, R. M. (1991) Influence of UV-B radiation on polyamines, lipid peroxidation and membrane lipids in cucumber, *Phytochemistry* 20, s2101-2108.
- Kramer, G. F., Krizek, D. T., Mirecki, R. M., (1992) Influence of photosynthetically active radiation and spectral quality on UV-B induced polyamine accumulation in soybean. *Phytochemistry* 31, s1119-1125
- Küçük, O. (1998) Bitki Morfolojisi, I. Kapalı Tohumlu Bitkiler, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları*, İstanbul, s175-190.
- Larcher, W. (1995) Physiological Plant Ecology, Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups, *Springer-Verlag*, Berlin, 385s
- Levitt, J. (1972) Responses of Plants to Enviromental Stresses, *Academic Pres*, New York, 697s.
http://www.sidney.ars.usda.gov/grasshopper/Handbook/IV/iv_4.htm (18.09.2005)
- Lichtenthaler, H. K. (1996) Vegetation stres: An introduction to the stress concepts in plants, *J. Plant Physiology*, s148.
- Mansfield, T. A. , Atkinson, C. J. (1990) Stomatal behavior in water stressed plants. Stress Responses in Plants Adaptation and Acclimation Mechanisms, *Wiley-Liss*, New York, s241-264.
- Milborrow, B. V. (1984) Inhibitors. Advanced Plant Physiology, *Pitman*, London, s76-110

- Nelson, P. V. (2003) Greenhouse Operation and Management Sixth Edition, 692 s.
<http://www.google.com.tr> (17.11.2005)
- Orcutt, D. M. , Nilsen, E. T. (2000) The Physiology of Plants Under Stress-Soil and Biotic Factors, Virginia Polytechnic Institute and State University, **John Wiley&Sons, Inc.**, s4-15.
- Öncel, I. (1982) Bitkilerde Üşüme ve Donma Stresinin Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkileri, **Atatürk Üniversitesi Fen Fak. Der.** Cilt 1, Özel Sayı 1, s451-460.
- Öncel, I. (1990) Düşük Sıcaklıklarda Lahana (*Brassica oleracea* L.) Yapraklarında Serbest Prolin Birikimi, **Ondokuz Mayıs Üni. Fen-Edebiyat Fak. Dek. Fen Dergisi**
- Öztürk, M. A. , Seçmen, Ö. (1992) Bitki Ekolojisi, **Ege Üniversitesi Basımevi**, İzmir, s180.
- Palavan-Ünsal, N. (1993) Bitki Büyüme Maddeleri, **İÜ Yayınları**, No:3677, İstanbul, s163-203.
- Rao, I. M. , Sharp, R. E. , Boyer, J. S. (1987) Leaf magnesium alters photosynthetic response to low water potentials in sunflower. **Plant Physiology**, s1214-1219.
- Salter, A. H. , Koivuniemi, A. & Strid, A. (1997) UV-B and UV-C irradiation of spinach PSII preparation in vitro. Identification of different fragments of the D1 protein depending upon irradiation wavelength, **Plant Physiology and Biochemistry**, s809–817.
- Seçmen, Ö. , Gemici, Y. , Görk, G. , Bekat, L. , Leblebici, E. (1998) Tohumlu Bitkiler Sistematiği, **Ege Üniversitesi Basımevi**, İzmir, 396s.
- Smith, J. , Burritt, D. , Bannister, P. (2000) Ultraviolet-B radiation leads to a reduction in free polyamines in *Phaseolus vulgaris* L. , Botany Department, **Otago University**, PO Box 56, Dunedin, New Zealand.
<http://www.blackwellpublishing.com> (09.10.2005)
- Soheila, A. , Mackerness, H. (1999) Plant responses to ultraviolet-B (UV-B:280-320 nm) stres: What are the key regulators? Department of Plant Genetics and Biotechnology, **Horticulture Research International**, Wellesbourne, CV
<http://www.blackwellpublishing.com> (09.10.2005)
- Stapleton, A. E. (1992) Ultraviolet radiation and plants: burning questions. **Plant Cell**, s1353–1358.
- Surplus, S. L. , Jordan, B. R. , Murphy, A. M. , Carr, J. P. , Thomas, B. , A-H-Mackerness, S. (1998) Ultraviolet-B-induced responses in *Arabidopsis thaliana*: role of salicylic acid and reactive oxygen species in the regulation of transcripts encoding photosynthetic and acidic pathogenesis-related proteins. **Plant, Cell & Environment** 21: s685–694.
<http://www.blackwellpublishing.com> (09.10.2005)

- Taiz, L. , Zeiger, E. (1998) Plant Physiology, **Sinauer Associates Inc.** , Sunderland, Massachusetts, s591-623.
- Thompson, W. F. , White, M. J. (1991) Physiological and molecular studies of light-regulated nuclear genes in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, s423–466.
- Tıprıdamaz, R. , Çakırlar, H. (1989) Buğday (*Triticum aestivum* L.) Bitkisinin Türkiye’de Yetiştirilen İki Çeşitinde Tuz ve Su Stresinin Oransal Su Kapsamı, Prolin ve Betain Değişimine Etkisi, Doktora Tezi, **Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, s124-147.
- Wery, J., Turc, O., Lecoer, J. (1993) Mechanisms of resistance to cold, heat and drought in cool-season legumes with special reference to chickpea and pea. In: Singh KB, Saxena MC, Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Food Legumes, ICARDA, **A Wiley-Sayce Co-Publication**, New York, s145-152.
- Yüksel, A. N. (2004) Sera Yapım Tekniği, **Hasad Yayıncılık Ltd. Şti.** , s184-232.
- <http://www.blackwellpublishing.com> (09.10.2005)
- <http://www.google.com.tr> (17-19.11.2005)
- http://www.hort.purdue.edu/newcrop/nexus/Phaseolus_vulgaris_nex.html (13.01.2006)
- <http://www.istanbul.edu.tr/eng/metalurji/sem.htm> (05.01.2006)
- <http://www.pubmedcentral.nih.gov> (03.01.2006)
- <http://www.sciencedirect.com/science/journals> (11.08.2005)
- <http://www.sidney.ars.usda.gov> (18.09.2005)
- <http://www.zoeticzone.com> (03.11.2005)

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı	: Elif Evşen ÇİL
Ana Adı	: Meryem
Baba Adı	: Kadir
Doğum Yeri ve Tarihi	: Denizli - 1976
Lisans Öğrenimi	: DEÜ Buca Eğitim Fak. Fen Bilgisi Öğretmenliği
Görevi	: MEB Fen Bilgisi Öğretmeni
Yabancı Dili	: İngilizce

Evli ve iki çocuk annesi olan Elif Evşen ÇİL, 1996 yılından bu yana değişik ilköğretim okullarında fen bilgisi öğretmenliği yapmıştır. Halen Denizli-Merkez A. Demireren-M. Musoğlu İlköğretim Okulu fen bilgisi öğretmeni olarak görevine devam etmektedir.