



T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI



BİBERDE KURAKLIK STRESİNİN HAFİFLETİLMESİNDE UV-B
UYGULAMALARI

SÜMEYRA ALTINTAS

EYLÜL 2024

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

BİBERDE KURAKLIK STRESİNİN HAFİFLETİLMESİNDE UV-B
UYGULAMALARI

SÜMEYRA ALTINTAS

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Bengü TÜRKYILMAZ ÜNAL

EYLÜL 2024

Sümeýra ALTINTAS tarafından **Prof. Dr. Bengü TÜRKYILMAZ ÜNAL** danışmanlığında hazırlanan “**Biberde Kuraklık Stresinin Hafifletilmesinde UV-B Uygulamaları**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoteknoloji** Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Dilek ÜNAL
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Bengü TÜRKYILMAZ ÜNAL
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin TÜRKER
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/...../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Prof. Dr. Mustafa KARATEPE
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Sümevra ALTINTAS

ÖZET

BİBERDE KURAKLIK STRESİNİN HAFİFLETİLMESİNDE UV-B UYGULAMALARI

ALTINTAS, Sümeyra

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Bengü TÜRKYILMAZ ÜNAL

Eylül 2024, 59 sayfa

İklim değışiklikleri ve antropojenik etkiler nedeniyle kullanılabilir su miktarı giderek azalmakta, çok sayıda tarım arazisi kuraklığa maruz kalmaktadır. Kuraklıkla başa çıkmak ve gıda güvenliğini sağlayabilmek için kolay uygulanabilir, ucuz ve etkili stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmanın amacı, biberde kuraklığın neden olduğu değışimleri belirlemek ve UV-B hazırlamanın bu stresin hafifletilmesindeki etkisini araştırmaktır. UV-B hazırlama (15' ve 30') yapılan ve /veya kuraklığa (0,5 M ve 1 M Polietilen glikol 6000) maruz bırakılan tohumlar torf dolu saksılara ekilerek 24±2 °C sıcaklık, 16 saat aydınlık/ 8 saat karanlık fotoperiyot ve %45 nem koşullarında büyüme odasında fide gelişimine bırakılmıştır. 120. günde tesadüfi deneme desenine göre hasat edilen fidelerde morfolojik ölçümlerin (kök ve sürgün uzunluğu ile taze ve kuru ağırlıkları) yanı sıra fizyolojik-biyokimyasal analizler (klorofil, karotenoid, çözünebilir toplam protein ve toplam fenolik madde miktarları ile DPPH ve CAT aktivite tayinleri) yapılmıştır. Kuraklığın İnan biber çeşidi üzerinde negatif etkiler meydana getirdiği, UV-B hazırlama ile bu etkilerin hafiflediği saptanmıştır. Kuraklık stresi altında bitki yetiştirebilmek, verimi ve kaliteyi artırabilmek için UV-B hazırlama tekniklerinin kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Abiyotik stres, *Capsicum annuum* L., Kuraklık, Priming, UV-B

SUMMARY

UV-B TREATMENTS IN ALLEVIATING DROUGHT STRESS IN PEPPER

ALTINTAS, Smeyra

Nigde mer Halisdemir University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biotechnology

Supervisor : Prof. Dr. Beng TRKYILMAZ NAL

June 2024, 59 pages

Due to climate change and anthropogenic effects, the amount of usable water is decreasing and many agricultural lands are exposed to drought. In order to cope with drought and ensure food security, easy-to-apply, cheap and effective strategies are needed. The aim of the study is to determine the changes caused by drought in pepper and to investigate the effect of UV-B preparation in alleviating this stress. Seeds that were subjected to UV-B priming (15' and 30') and/or drought (0.5 M and 1 M Polyethylene glycol 6000) were planted in peat-filled pots and left to develop seedlings in the growth room at 24±2 °C temperature, 16-hour light/8-hour dark photoperiod and 45% humidity. Seedlings were harvested according to a randomized trial design on the 120th day and morphological measurements (root and shoot length, fresh and dry weights) as well as physiological-biochemical analyses (chlorophyll, carotenoid, soluble total protein and total phenolic substance amounts, DPPH and CAT activities) were performed. It was determined that drought had negative effects on İnan pepper variety and these effects were alleviated with UV-B priming. It was concluded that UV-B priming techniques can be used to grow plants under drought stress and to increase yield and quality.

Key words: Abiotic stress, *Capsicum annuum* L., drought, priming, UV-B

ÖN SÖZ

Çalışmada gıda maddesi ve ilaç ham maddesi olarak kullanılan biberde kuraklığın neden olduğu değişimleri belirlemek, UV-B ile hazırlamanın bu stresin hafifletilmesindeki etkilerini araştırmak ve bu konuda literatür bilgisine katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmam esnasında, çalışmalarına ve araştırmalarına rehberlik eden, bilgisini, birikimini ve her türlü konuda yardım ve desteklerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Bengü TÜRKİYILMAZ ÜNAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca deneylerin yapım aşamasında yardımlarda bulunan değerli arkadaşım Sayın Nurevşan GÜNDOĞDU'ya teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmamda birçok konuda yardımları olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin TÜRKER ve yüksek lisans dönem arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Bu yüksek lisans tezim boyunca her daim yanımda bulunan bu çalışmaya teşvik eden sevgili eşim Cengizhan ARICAN'a, annem Ayşe ALTINTAS'a ve babam Mahmut ALTINTAS'a ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xi
SİMGE VE KISALTMALAR	xii
BÖLÜM I	1
GİRİŞ	1
1.1 Bitkilerde Kuraklık Stresi	1
1.1.1 Fiziksel kuraklık (su kıtlığı)	1
1.1.2 Fizyolojik kuraklık	2
1.2 Biber (<i>Capsicum annuum L.</i>)	6
1.3 Kuraklığın Biber Üzerinde Etkileri	8
1.4 Bitkilerde Kuraklığa Tolerans Mekanizmaları	9
1.4.1 Morfolojik mekanizmalar	9
1.4.2 Fizyolojik mekanizmalar	10
1.4.3 Biyokimyasal mekanizmalar	12
1.5 Kuraklık Stresinin Etkilerinden Korunmak İçin Biberde Çeşitli Uygulamalar	12
1.5.1 Priming uygulamaları	13
1.5.2 Bitki büyüme düzenleyicileri	14
1.5.3 Yönetim uygulamaları	15
1.5.4 Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR)	15
1.6 UV-B	15
1.7 UV-B ile Kuraklık Stresi Giderimi	18
BÖLÜM II	22
MATERYAL METOD	22
2.1 Bitki Materyali	22
2.2 Bitkilerin Yetiştirilmesi	22

2.3 Klorofil Tayini	23
2.4 Toplam Protein Miktarının Belirlenmesi.....	23
2.5 Antioksidan Enzim Tayini	24
2.5.1 Karotenoid miktarı	24
2.5.2 DPPH radikal süpürme aktivite tayini	24
2.6 Katalaz (CAT) Enzim Aktivite Tayini.....	24
2.7 Toplam Fenolik Madde Tayini	25
2.8 İstatistiki Değerlendirme.....	25
BÖLÜM III.....	26
BULGULAR VE TARTIŞMA.....	26
3.1 Biberin Büyüme Parametreleri	26
3.2 Biberin Klorofil Miktarları	27
3.3 Biberde Toplam Çözünebilir Protein Miktarı	29
3.4 Antioksidan Madde Miktarları ile Enzim Aktiviteleri.....	30
3.4.1 Biber karotenoid miktarları.....	30
3.4.1 Biber antioksidan enzim aktiviteleri.....	30
3.4.1.2 Radikal süpürme aktivite (DPPH) verileri	30
3.4.2.1 Katalaz enzim aktivitesi	32
3.5 Toplam Fenolik Madde İçeriği	33
BÖLÜM IV.....	34
SONUÇLAR.....	34
KAYNAKLAR.....	35
ÖZ GEÇMİŞ.....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Kserofit bitkilerin fiziksel kuraklığa verdiği cevaplarına göre gruplara ayrılması.....	2
Çizelge 3.1. Kuraklık ve/veya UVB uygulamalarının biber kök gelişimine etkileri (n:10).....	26
Çizelge 3.2. Kuraklık ve/veya UVB uygulamalarının biber fideleri sürgün gelişimine etkileri (n:10)	26



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kuraklık stresinin bitki morfolojisine etkisi	3
Şekil 1.2. Bitkilerde abiyotik stres tepkilerinin genel aşamaları	5
Şekil 1.3. Abiyotik stres faktörlerine karşı bitkisel cevaplar	6
Şekil 1.4. Kuraklığın bitki fizyolojisine etkileri	6
Şekil 3.1. PEG ve/veya UV-B'nin biber kl miktarları üzerine etkileri (n:3) (1: Kontrol, 2: 0,5 M PEG, 3: 0,5 M PEG+ 15' UVB, 4: 1 M PEG+ 15' UVB, 5: 0,5 M PEG+ 30' UVB, 6: 1 M PEG+ 30' UVB) (Farklı harf taşıyan gruplar istatistiki önem ($p<0,05$) taşımaktadır).....	28
Şekil 3.2. PEG ve/veya UV-B'nin biber protein miktarları üzerine etkileri (n:3) (1: Kontrol, 2: 0,5 M PEG, 3: 0,5 M PEG+ 15' UVB, 4: 1 M PEG+ 15' UVB, 5: 0,5 M PEG+ 30' UVB, 6: 1 M PEG+ 30' UVB) (Farklı harf taşıyan gruplar istatistiki önem ($p<0,05$) taşımaktadır).....	29
Şekil 3. 3. PEG ve/veya UV-B'nin biber karotenoid miktarları üzerine etkileri (n:3) (1: Kontrol, 2: 0,5 M PEG, 3: 0,5 M PEG+ 15' UVB, 4: 1 M PEG+ 15' UVB, 5: 0,5 M PEG+ 30' UVB, 6: 1 M PEG+ 30' UVB) (Farklı harf taşıyan gruplar istatistiki önem ($p<0,05$) taşımaktadır)	30
Şekil 3.4. PEG ve/veya UV-B'nin biber antioksidan aktivite üzerine etkileri (n:3) (1: Kontrol, 2: 0,5 M PEG, 3: 0,5 M PEG+ 15' UVB, 4: 1 M PEG+ 15' UVB, 5: 0,5 M PEG+ 30' UVB, 6: 1 M PEG+ 30' UVB (Farklı harf taşıyan gruplar istatistiki önem ($p<0,05$) taşımaktadır).....	31
Şekil 3.5. PEG ve/veya UV-B'nin biber CAT aktiviteleri üzerine etkileri (n:3) (1: Kontrol, 2: 0,5 M PEG, 3: 0,5 M PEG+ 15' UVB, 4: 1 M PEG+ 15' UVB, 5: 0,5 M PEG+ 30' UVB, 6: 1 M PEG+ 30' UVB) (Farklı harf taşıyan gruplar istatistiki önem ($p<0,05$) taşımaktadır).....	32
Şekil 3. 6. PEG ve/veya UV-B'nin biber toplam fenolik madde miktarları üzerine etkileri (n:3) (1: Kontrol, 2: 0,5 M PEG, 3: 0,5 M PEG+ 15' UVB, 4: 1 M PEG+ 15' UVB, 5: 0,5 M PEG+ 30' UVB, 6: 1 M PEG+ 30' UVB) (Farklı harf taşıyan gruplar istatistiki önem ($p<0,05$) taşımaktadır)	33

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 2.1. Bitki yetiştirilmesi ve morfolojik ölçümler.....	22
--	----



SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler

Ca^{+2}	Kalsiyum
CO_2	Karbondiyoksit
H_2O_2	Hidrojen peroksit
HO_2	Perhidroksi radikal
N	Nitrojen
O_2	Singlet oksijen
O^{-2}	Süperoksit radikal
OH	Hidroksil radikal

Açıklama

Kısaltmalar

APX	Askorbat Peroksidaz
BBD	Bitki Büyüme Düzenleyicileri
BSA	Bovine Serum Albümin
Capsicum Annuum L.	Biber
CAT	Katalaz
CHS	Kalkan Sentaz
DPPH	2,2 Difenil-1-pikril Hidrozil
GB	Glycinebetaine
GR	Glutasyon Redüktaz
MAP Kinaz	Mitogen-Activated Protein Kinases
MDA	Malondialdehit
MeJa	Metil Jasmonat
Mn-SOD	Mangan-Süperoksit Dismutaz
PAL	Fenilalanin Amonyak Liyaz
PEG	Polietilen Glikol
PEG 6000	Polietilen Glikol 6000
PGPR	Bitki Büyümesini Teşvik Eden Rizobakteriler
POD	Peroksidaz

Açıklama

RO	Alkoksi Radikali
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
RuBP	Ribuloz 1,5-bisfosfat
RWC	Bağıl Yaprak Su İçeriği
SOD	Süperoksit Dismutaz
UV	Ultraviyole
UVR8	UV Dirençli Lokus
WUE	Su Kullanım Verimliliği



BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 Bitkilerde Kuraklık Stresi

Büyüme döneminde su yoksunluğu ile karşı karşıya kalan bitkilerde her açıdan ciddi kayıplar meydana gelmektedir (Tuberosa, 2012; Turner vd., 2014). Bitkilerde stres faktörleri çok çeşitli sebeplerden kaynaklanmaktadır ve tarımsal kayıpların ana nedenidir. Kuraklık stresi bitkilerde kök çoğalmasını, yaprak boyutunu ve gövde uzamasını oldukça azaltır (Begna,2001). Kuraklık genel olarak iki ana başlık altında incelenmektedir. Biyotik kaynaklı stres etmenlerinin bazıları patojenler ve mikroorganizmalardır. Abiyotik stres etmenlerinin bazıları ise sıcaklık, kuraklık, tuzluluktur (Gürsoy, 2023). Kuraklık stresi, abiyotik stres faktörleri arasında en önemli faktör olup, tüm stresler içinde %26'lık pay ile zirvededir (Bat vd., 2019).

Geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz cevaplar meydana getiren kuraklıkta bitkiler suyun yetersiz olması sebebiyle fiziksel, mineral eksikliği-fazlalığı veya donma kaynaklı (Greenway ve Munns, 1980) yeterince su alamaması sebebiyle fizyolojik kuraklığa maruz kalabilir. Bitkilerde kuraklık, üretimde ciddi kayıplara neden olan etmenlerin başında gelir. Son yıllarda şiddetini artıran küresel ısınma nedeniyle kuraklık stresi günden güne artmaktadır.

1.1.1 Fiziksel kuraklık (su kıtlığı)

Bitkinin yaşadığı ortamda su bulunmaması nedeniyle protoplazmada meydana gelen negatif su potansiyeli kaynaklı stres olarak açıklanabilir. Fiziksel kuraklık hemen hemen bütün bitkilerde görülür, miktarı ise türden türe farklılıklar gösterir. (Abdul Jaleel vd., 2007). Bitkiler farklı adaptasyon ve cevaplarla fiziksel kuraklığa karşı koymada başarılı hale gelirler. Çöllerde ve step iklimine sahip bölgelerde stres cevapları geliştirmiş olan kserofitler su stresine karşı kaçma, sakınma, direnç ya da katlanma olmak üzere 4 şekilde cevap meydana getirebilirler (Levitt, 1980).

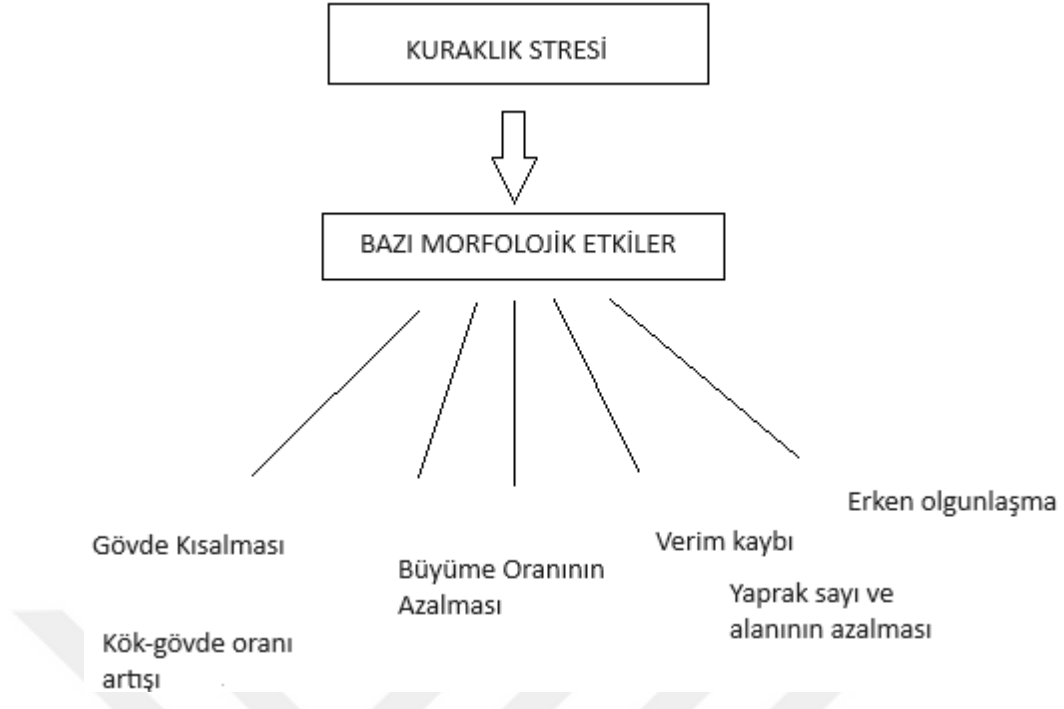
Çizelge 1.1. Kserofit bitkilerin fiziksel kuraklığa verdiği cevaplarına göre gruplara ayrılması (Salisbury ve Ross, 1992)

Bitki Dokularının Durumu				
Su stresi yok yada çok az		Orta dereceli su stresi		Ekstrem su stresi
Kuraklıktan kaçanlar Tek yıllık çöl bitkileri (efemeraller)	Su harcamacıları (derin kazık kök) Medicato sativa Palmiyeler	Su biriktirenler Sukkulentler; (Cam metabolizmaları, yüzeysel kök sistemi, tuz salgılanması ve çiğ absorpsiyonu) Kaktüsler	Su koruyucular Suyu korumak için adaptasyonlar, küçük yapraklar, batık stomalar, tüylü oluş, yapraklarını dökme, protoplazmik çözümler: ozmoregülasyon) Birçok kserofit bitki grubu	Dehidrasyona toleranslı (Eukserofitler) bazı tohumlar, bazı yosunlar, likenler Larrea divaricata
Lewitt'e göre;	Direnc gösterenler			Tolerans gösterenler
Shantz'a göre;	Kaçanlar	Sakınanlar	Direneler	Katlananlar
Daubenmair'e göre;	Tek yıllıklar	Sukkulent olmayan çok yıllıklar	Sukkulent olanlar	

1.1.2 Fizyolojik kuraklık

Şiddetli soğuklar bitkiler üzerinde fiziksel bir tahribat yaratabilir. Topraktaki suyun donması sonucu bitki suyu kullanamaz. Tuzluluk durumunda ise çözünerek ayrılan moleküllerin iyonlarında su molekülleri tutulurken toprakta yüksek osmotik basınç oluşur. Su alınamadığından bitki her durumda fizyolojik kuraklığa maruz kalmış olur (Korkmaz ve Durmaz, 2017).

Kuraklık stresi bitkilerin biyokütle üretimine, büyümesine, fizyolojisine ve morfolojisine oldukça zarar verir. Kuraklık bitkilerde su kaybına sebep olur. Bu kayıp bitkide yapraklarda solmaya ve kıvrımlara sebep olur. Ayrıca fotosenteze etki ederek besin üretimini engeller ve bu da biyokütle ve verimde ciddi kayıplara sebep olur. Su kaybının önlenmesi için bitki stomalarını kapatır fakat uzun süre kapalı kalması da karbondioksit alımını olumsuz etkileyerek fotosentezi engeller (Feller ve Vaseva, 2014). Bitkide yaprak dökme hızlanabilir. Aslında bu su kaybını önlemeye yönelik bir tepkidir. Çiçeklerde dökülme meydana gelir ve meyve veriminde azalmalar meydana gelir (Kırmak vd., 2002; Liu ve Stutzel, 2004; Farooq vd., 2012; Wassie vd., 2023).



Şekil 1.1. Kuraklık stresinin bitki morfolojisine etkisi (Gürsoy, 2023)

Aynı türe mensup olan bitkiler sanılan aksine kuraklık stresine karşı toleransları açısından farklılıklar gösterebilmektedirler. Bazıları kuraklığa toleranslı iken bazıları kuraklığa karşı oldukça hassas olabilir.

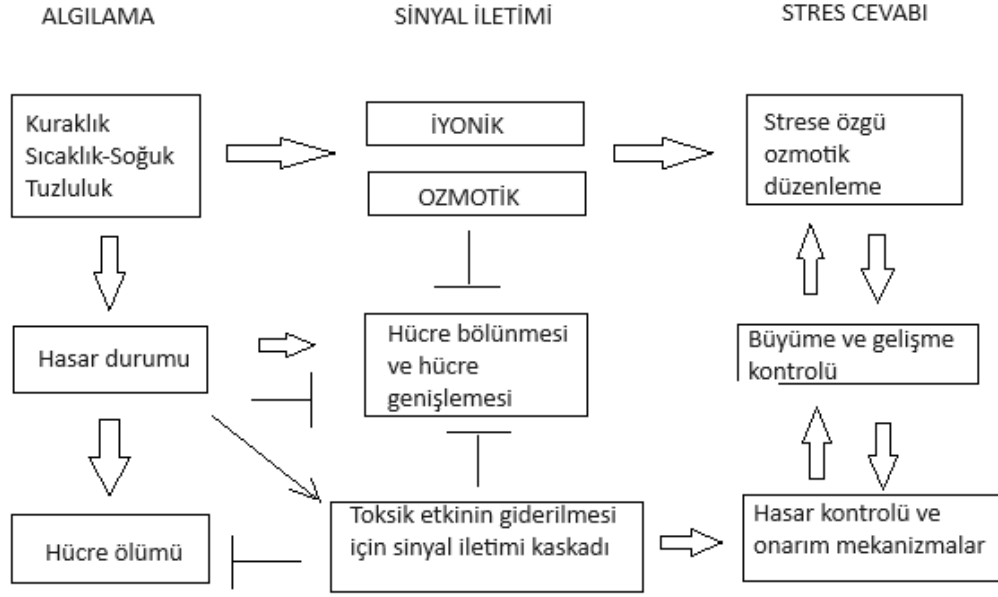
Bitkiler, farklı çevresel koşullara karşı en az hasar görecektir bir biçimde büyüme ve gelişme süreçlerini esnetebilir ve zamanla maksimuma yakın adaptasyon gösterebilirler (Dolfeus, 2014). Kuraklığın meydana geldiği ilk zamanlarda, bitkiler daha çok suya ulaşmak amacıyla sürgün uzamasını yavaşlatır ve kök gelişimini teşvik eder. Kuraklığın bitkide çeşitli hasarlara sebep olabilecek kadar uzun bir zaman dilimine yayılması durumunda ise kök ve sürgün gelişimi durur, yaprak alanı küçülür, yaprak sayısı azalır ve buna bağlı olarak yapraklarda sararmalar meydana gelebilir. Bitki büyümesinde meydana gelen bu azalma, sürgün ve kök meristem hücrelerindeki bölünmelerin ve genişlemelerin durmasıyla oluşur. Hücre bölünmesi ya da genişlemesinde meydana gelen durma su noksanlığı ile doğru orantılı olarak bitkide fotosentez oranının düşmesi ile sonuçlanır (Anjum vd., 2011).

Bitkilerde farklı savunma mekanizmaları kuraklık stresi ile savaşmasına katkı sağlar. Bitkiler bu strese karşı biyokimyasal (klorofil içeriği, hormonal içerik, antioksidan

içeriği, sekonder metabolit ve klorofil içeriği gibi) ve fizyolojik (ozmotik denge, su içeriği, terleme, stoma aktivitesi, su iletimi, yaprak suyu içeriği ve fotosentez gibi), morfolojik (yaprak alanı azalması, erken olgunlaşma, kök uzunluğu değişimi vb.) olarak cevap verebilirler (Oguz vd., 2022).

Kuraklık stresine bağlı olarak meydana gelen biyokimyasal değişikliklerden en önemlisi fotosentez hızının düşmesiyle tekli oksijen, süperoksit anyonu, hidrojen peroksit vb. reaktif oksijen türleri (ROS)'nin meydana gelmesidir (Bhargava ve Sawant, 2013). Stres koşullarında biriken ROS'lar aslına bakılırsa hücre metabolizmasında meydana gelen doğal yan üründürler. Ayrıca sinyal iletim yolağında çok önemli bir role sahiptirler (Anjum vd., 2011; Cabello vd., 2014). Bunların aşırı birikimleri durumunda ise protein indirgenmesini, lipid peroksidasyonunu ve bağlantılı olarak DNA parçalanmasını teşvik ederek hücrenin ölümüne sebep olabilmektedirler. Bu sebeple, kuraklık sırasında meydana gelen ROS'ların indirgenmesi ve birikimlerinin önlenmesi, bitkilerin stres koşullarıyla başa çıkmalarında çok önemli bir etmendir. ROS'ların birikmesi sonucu meydana gelen oksidatif stresle mücadele için bitki türleri enzimatik (askorbat peroksidaz, süperoksit dismutaz, katalaz vb.) veya enzimatik olmayan (tokoferoller, glutatyon, askorbat, karotenoidler vb.) antioksidanlar kullanmaktadır. Enzimatik olmayanlar fotosentetik membranların korunmasını sağlarken, enzimatik olanlar ROS'ları indirgeyerek birikmelerini önlemektedir (Farooq vd., 2009; Anjum vd., 2011; Dolferus, 2014; Osakabe vd., 2014).

Bitkilerin kuraklığa tepkisi metabolik olarak çeşitli dönüşümlere bağımlıdır. Bitkilerde kuraklığa bağlı olarak hücre, gen anlatımı ve protein sentezi mekanizmaları hala tam manasıyla anlaşılmaya muhtaçtır. Bitkilerin kuraklık stresine karşı verdiği tepki mekanizmalarının karmaşık oluşu, tuzluluk, yüksek ve düşük sıcaklık gibi diğer tüm abiyotik stres mekanizmaları ile bir bütün olması ve iç içe geçmesi sebebiyledir (Nakashima, vd., 2014). Bitkilerin abiyotik strese karşı gösterdiği tepki her daim stresin algılanmasıyla başlar ve buna özgü mekanizma ile aktif hale gelen sinyalin iletimi ile devam eder.

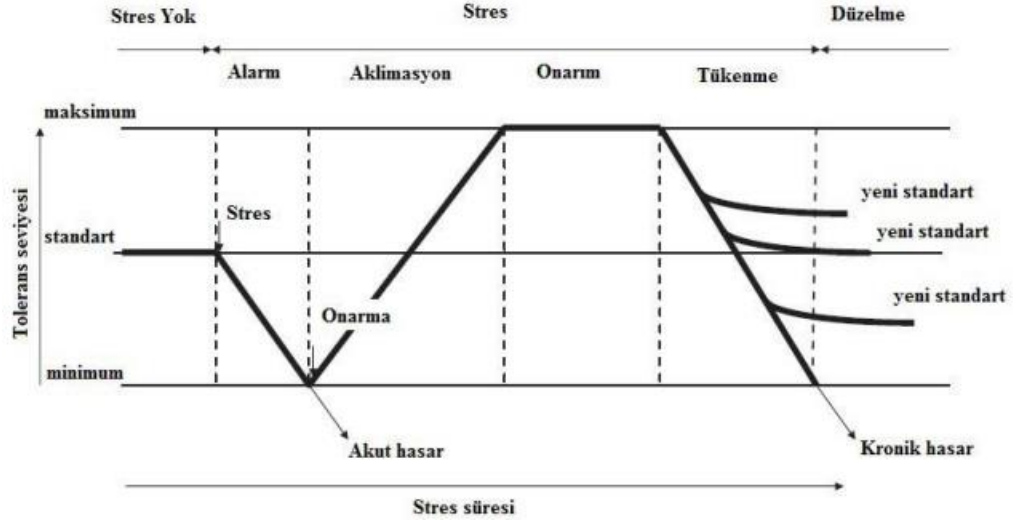


Şekil 1.2. Bitkilerde abiyotik stres tepkilerinin genel aşamaları (Nakashima, vd., 2014).

Abiyotik streslere tepkinin meydana gelmesinde transkriptom seviyesinde yeniden düzenlemeyi başlatan temel sinyal reseptör tipi MAP Kinaz yolağı ile genoma aktarılan bilgi, çok sayıda transkripsiyon faktörü aracılığı ile metabolizmanın tekrar yapılandırılmasını sağlar (Bhargava ve Sawant. 2013; Dolferus, 2014).

Abiyotik stres etkilerine karşı bitkiler genelde 4 aşamalı bir cevap meydana getirirler. Bunlar;

- Başlangıç alarm
- Aklimasyon
- Onarım ve
- Tükenme Evreleri (Kosová vd., 2011).



Şekil 1.3. Abiyotik stres faktörlerine karşı bitkisel cevaplar (Kosová vd., 2011)

Bitkilerde strese karşı savunma mekanizması yönünden çok önemli rol oynayan askorbat peroksidaz (APX), glutatyon redüktaz (GR), katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD), gibi enzimlerin aktivitelerinde ve stres belirteci olan prolin içerikleri de kuraklıkta değişim göstermektedir (Yavaş vd., 2016).



Şekil 1.4. Kuraklığın bitki fizyolojisine etkileri (Gürsoy, 2023)

1.2 Biber (*Capsicum annuum* L.)

Yeryüzünde tüm canlıların yaşamlarını devam ettirmeleri bitkiler aleminin varlığına bağlıdır. Bitkiler, hücrelerinde bulunan kloroplast organelleri sayesinde fotosentez yaparlar. Böylelikle kendileri için elzem olan enerjiyi sağlarken diğer tüm canlılar için

de gerekli olan enerjinin lokomotifini meydana getirmiş olurlar. Bitkiler alemi besin zincirinin temel taşı oluşturur. Biber (*C. Annuum*), subtropik iklim bölgelerinde tek yıllık, tropikal bölgelerde genelde çok yıllık olarak yetiştirilen ve dünya genelinde oldukça fazla tüketim oranına sahip olan bir kültür bitkisidir. Biberin anavatanının Orta Amerika olduğu düşünülmektedir. Amerika kıtasının keşfinden sonra, önce Avrupa kıtasına daha sonra da Çin ve Hindistan'a yayıldığı ifade edilmektedir (Eşiyok, 2012).

Biber Solanaceae familyasına ait bir türdür. Biberin sınıflandırılmasında bilim insanları farklı görüşlere sahiptirler. Bunlardan bir tanesi kültür bitkisi olarak biberin *C. annuum* türüne mensup olduğudur. Bu görüşe göre yabani biber formlarının bulunmadığı ve tamamının tek yıllık sınıfta yer aldığı savunulur. Diğer bir görüşte ise *Capsicum*'un iki grupta incelenmektedir. *C. frutescens* tropik bölgelerde bulunan çok yıllık, *C. annuum* ise tek yıllık biber türüdür (Eşiyok, 2012). *Capsicum* cinsi çok zengin bir popülasyona sahiptir. Öyle ki bu cins içerisinde 20 ila 25 tür bulunmaktadır. Günümüz koşullarında sadece 5 tanesinin yetiştirildiği bilinmektedir. Bunlar, *C. baccatum*, *C. pubences*, *C. frutescens*, *C. chinense* ve *C. annuum* olarak sıralanabilir (Keleş, 2007).

Biber insan sağlığı açısından önemli bir türdür. İyi bir antioksidan kaynağıdır. İçerisinde bulunan antioksidanlar kanser, anemi, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklara karşı bariyer görevi görürler. A, B, C ve E vitaminleri açısından da oldukça zengindir (Kaur ve Kapoor, 2001).

Dünya çapında biberin üretimi ve tüketimi giderek artmaktadır. Dünyada toplam acı biber üretimi 1,5 milyon hektarlık arazide gerçekleştirildiği ve bu araziden 18-20 milyon ton taze ağırlıkta biber elde edildiği tahmin edilmektedir. Biber için sulama oldukça önemlidir, kuraklığa oldukça duyarlı mahsullerden biridir (Doorenbos ve Kassam, 1986; Katterji vd., 1993; Jaimez vd., 2000).

Türkiye, yerel biber popülasyonları dikkate alındığında oldukça zengin bir konumdadır. Geleneksel tarımla tohumlar yıldan yıla aktarılmıştır. Böylece yerel tohumlar çeşitli çevresel koşullara yıllar geçtikçe daha da uyum sağlamıştır. Ayrıca çeşitli doğal afetlere karşı canlılığını sürdürmeyi başarmıştır (Yalçın, 2013).

1.3 Kuraklığın Biber Üzerinde Etkileri

Su kıtlığı, su kaynaklarının bulunabilirliği ve talebi arasındaki tutarsızlık olarak açıklanabilir. UNESCO, su kıtlığının birçok ülke için uluslararası düzeyde büyük bir sorun olarak görüldüğünü belirtmektedir ve küresel nüfusun üçte birini etkilediği de tahmin edilmektedir (UNESCO, 2009). Kuraklık, iklim değişikliği nedeniyle de küresel ekonomiyi, tarımı ve çevreyi tehdit eden ve daha büyük afetlere de zemin hazırlayan küresel bir sorun olmaya devam etmektedir (Paula ve Gutiérrez, 2014).

C. annuum sebze, baharat ya da çeşitli kullanım amaçlarıyla yetiştirilen önemli bir ticari üründür (Kumar ve Rai, 2005). Biber üretimini optimize hale getirmek ve su kaynaklarının en verimli şekilde kullanılmasını sağlamak gereklidir.

Kuraklık şartlarında üretimi maksimuma çıkarmak için optimal bir sulama sistemi şarttır (Fernandez vd., 2005). Kuraklığa duyarlılığı yüksek bitkilerden bir tanesi (González-Dugo vd., 2007) olan biberden yüksek verim elde etmek için bitki strese girmeden su ihtiyacı giderilmelidir.

Biber dahil tüm bitkilerde kuraklık stresi fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri etkileyerek büyüme, gelişme ve verimde çeşitli sorunlara sebep olmaktadır. Kuraklık stresi özellikle su-mineral alımı ve taşınımı, solunum, organik madde sentezi, fotosentez, enzimatik tepkimeler, gen baskılanması ve ekspresyonu gibi genetik düzeyde olumsuz etkilemektedir (Saba vd., 2001; Farooq vd., 2009).

Abiyotik stres koşullarında fotosentetik aktivite ve transpirasyonun daha fazla olduğu kanıtlanmıştır (Sanchez vd., 2001; Blum, 2005). WUE (Su kullanım Verimliliği) ile ifade edilen bu iki sürecin oranı da stres koşulları altında değişmektedir (Martín-Closas ve Recasens, 2001; Thiagarajan vd., 2008). Biber 25-27 °C'lik optimum sıcaklığa ihtiyaç duyar (Peet ve Wolfe, 2000). En düşük büyüme eşiği 10 °C'dir (Maynard ve Hochmuth, 2007). Sıcaklığın 35 °C'den yüksek olması ise meyve tutumunu engeller (Gyúróş, 2004). Ayrıca 5000 lux ışık yoğunluğunda 12-14 saate gereksinimi vardır (Gyúróş, 2004). Biber tarlalarında her 6 °C'lik ısı artışında 1 mm'lik evapotranspirasyon kaybı gözlemlenmektedir. Biber, optimum şartlardaki bir sezonda

500 mm su miktarına ihtiyaç duyar ve bu 5 kilografa kadar çıkabilir. Optimum hava nemi ise %80 civarındadır (Zatykó, 2006).

1.4 Bitkilerde Kuraklığa Tolerans Mekanizmaları

Kuraklık stresinde farklı savunma stratejileri mevcuttur. Osmotik düzenleme, stoma hareketlerinde ayarlama ve ROS'ların engellenmesi önemli stratejilerdendir. Kuraklık toleransı, bitkinin düşük doku su potansiyelleri ile su kısıtlarına dayanabilme yetenekleri anlamında kullanılmaktadır (Mitra, 2001). Bitkilerde tolerans mekanizmaları; organizmada gözle görülebilir etkisinden gen aktivitesine doğru; morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeylerde incelenebilir.

Kuraklık stresinden korunma mekanizması içeren bitkiler, gelişmiş kök sistemine sahiptirler, gözeneklerini kapatırlar ve etkin su kullanımı sağlarlar. Düşük su potansiyeli bir tehdit oluşturuyorsa membran stabilitesinin korunması ve osmotik düzenlemeyle hücresel düzeyde savunma mekanizması devreye girer (Kusvuran vd., 2011; Kıran vd., 2014). Hücre içi su dengesinin korunması amacıyla yaprak yüzeyi küçültülerek de savunma mekanizması etkinleştirilebilir (Ashraf, 2009; Dasgan vd., 2018).

Oksidatif stres sebebiyle bitkide oluşan serbest radikaller, yağ ve proteinlerin irreversibl olarak hasarına yol açmaktadır. Yağ peroksidasyonu sonucunda membran bütünlüğü kaybolur ve hücre ölümleri meydana gelebilir. Membran lipidlerinin peroksidasyonun malondialdehit (MDA) içeriğinin ölçümü ile oksidatif zararın saptanabileceği ve strese MDA içeriğinin arttığı saptanmıştır (Kuşvuran vd., 2020; Pagariya vd., 2012).

1.4.1 Morfolojik mekanizmalar

Kurak koşulların bitkilerde etkilerini araştırmak amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan bir çalışmada biberde çeşitli su noksanlığı seviyelerinde var olan rizobakteri uygulamalarının etkileri araştırılmış ve stres seviyesi arttıkça kök-sürgün uzunluğunun, biyokütlesinin ve yaprak alanlarının azaldığı ortaya konmuştur (Gupta vd., 2019).

Benzer şekilde Wassie vd. (2023) tarafından kuraklık stresi uygulamalarının biber çeşitlerinde bitki boyunda ve yapraklarında birtakım olumsuzluklara sebep olduğu bildirilmiştir. Bazı çeşitlerde stres arttıkça kök uzunluğunun azaldığı gözlenmiştir.

1.4.2 Fizyolojik mekanizmalar

Kuraklık stresi bitkilerde besin elementleri alımı ve taşınımı, hormon dengesi, fotosentez, solunum gibi süreçlere etki ederek büyüme ve gelişimlerine zarar vermektedir (Kuşvuran vd., 2020). Vejetatif gelişim sürecinde kuraklık stresi meydana geldiğinde yaprak canlılığında, turgor basıncında, yaprak renginde, yaprak su içeriğinde, fotosentez-solunumda, stoma hareketlerinde ve sonuç olarak da büyüme-gelişmesinde anormallikler meydana gelir. Bu nedenle bitki vejetatif dönemini kısaltır ve hızlıca üretken aşamaya geçebilir (Pamungkas vd., 2022).

Stres faktörleri meristematik aktivite ve hücre uzamasını negatif yönde etkiler, bitkilerin sürgün ve kök yapılarında gözle görülür bozulmalar oluşabilir. Fotosentetik aktivite etkilenecek kuru madde birikimi azalır (Dhanda ve Sethi, 2002; Kutlu, 2010; Latif vd., 2016). Turgor basıncı azalır, terleme olumsuz etkilenir, dolayısıyla su-mineral alımı ve taşınımı engellenir (Sadak, 2018; Kuşvuran vd., 2020).

Kuraklık stresi genellikle hücredeki su içeriğini, turgor basıncını ve doku su potansiyelini negatif yönde etkiler. Bu durum bitkide solma, stomalarda kapanma ve hücredeki genişlemelerde azalmalarla kendini gösterir. Bunlar metabolizmada geri dönüşü olmayan olayları tetikler ve fotosentezi durdurur (Kapoor vd., 2020).

Kuraklık stresinde bitkilerde yaprak genişlemesi engellenir ve sentezlenen besin maddeleri köke taşınımını artırır. Bu da kök gelişimini ve yayılımını artırır, ve stres toleransı kazanılmış olur (Emanuel vd., 2007; Malika vd., 2019; Goto vd., 2021).

Bitkiler kuraklık stresine maruz kaldıklarında dokular arasında su dengesi bozulmaktadır. Bitki su içeriği için yaprağın su potansiyeli iyi bir göstergedir (Köksal vd., 2010). Kuraklık toprağın su potansiyelini azaltarak azotun kök yüzeyine gönderilmesini engeller, köklerin büyümesini yavaşlatarak yüzey alanını küçültür ve besin alımı zorlaştırır (Wang vd., 2019; Cao vd. 2022). Bununla birlikte azotlu bileşiklerin

sentezi, parçalanması ve metabolizması da su noksanlığından etkilenebilir (Öztürk vd., 2021).

Mardani vd. (2017) yaptıkları çalışmada kuraklık stresine maruz kalan biber bitkisinde meydana gelen fizyolojik süreçleri incelemişlerdir ve bunun sonucunda 1/5 oranında daha az sulandığı takdirde biberin veriminin kayda değer bir düşüş göstermediği, fakat bu oranın üzerine çıkıldığında büyüme, gelişme ve verimin olumsuz yönde etkilenebileceğini ifade etmişleridir.

Başka bir çalışmada salçalık biberde farklı konsantrasyonlarda klor besin solüsyonları uygulanan bitkilerde meyvede verim, kalite, yaprak su özellikleri ve klor içerikleri saptanmıştır. Yetiştirilen ortamda artan klorun yaprakta klor birikimine sebep olduğu ve yaprak su potansiyelini düşürdüğü belirlenmiştir (Turhan ve Özmen, 2021).

Kuraklık stresi biber bitkisinde Kalsiyum (Ca^{2+}) konsantrasyonlarında düşüşler meydana getirmiştir (Kuşvuran vd., 2020). Ozmotik stres, mineral madde akışının aksamasına ve bitki dokularında mineral eksikliklerine neden olmaktadır. Ca^{2+} 'un ksilem ve floem hareketliliğinin sınırlanması su eksikliğinde taşınımının da sınırlı olmasına neden olmaktadır (Kiegle vd., 2000; Kuşvuran vd., 2011). Dolayısıyla enzim aktivitelerinde meydana gelen problemler nedeniyle membran geçirgenliğinde azalmaya, ozmotik dengenin yok olmasına ve sonuç olarak da bitki büyüme-gelişiminde olumsuzluklara yol açmaktadır (Kuşvuran vd., 2020).

Yapılan bir çalışmada yaprakta oransal su içeriğinin kuraklık stresine toleransın tayin edilmesinde önemli bir parametre olduğu bildirilmiştir. Yaprak oransal su içeriğinde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir (Okunlola vd., 2017).

Kuşvuran vd. (2020) çeşitli biber genotiplerinde kuraklık stresi altında yaprak oransal su içeriğinin azaldığını ve azalma derecesinin genotipler arasında farklı olduğunu ortaya koymuştur. Urfa biberi çeşitlerinin kullanıldığı bir başka çalışmada ise yaprak oransal su içeriğinin kuraklığa duyarlı çeşitlerde daha düşük olduğu ifade edilmiştir (Yaban ve Kabay, 2018).

1.4.3 Biyokimyasal mekanizmalar

Çeşitli abiyotik stres koşullarında olduğu gibi kuraklıkta da toksik ROS'ların miktarlarında artışlar meydana gelmektedir. Bunlar lipit, karbonhidrat, protein ve DNA gibi temel bileşenlerde zararlanmalara yol açarlar. Reaktif oksijen türleri, süperoksit radikalleri (O_2^-), hidroksil radikali (OH), perhidroksi radikali (HO_2) vb. radikal olan ve hidrojen peroksit (H_2O_2), tekli oksijen (O_2) gibi radikal olmayan formlara sahiptir. Bitkiler ROS'u temizlemek ya da etkisiz hale getirmek için enzimatik (APX, CAT, SOD vb.) ve enzimatik olmayan (karotenoid, Askorbik asit, glutatyon, fenolik bileşikler vb.) antioksidan savunma sistemleri geliştirmişlerdir (Gill ve Tuteja, 2010).

Yapılan fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin incelendiği çalışmada 2 adet biber çeşidinde kullanılan su azaldıkça elektron geçirgenliğinin arttığı saptanmıştır. Buna ek olarak prolin içeriklerinin tarla kapasitesinin 1/2 ve 3/4'ü kadar sulama yapıldığında tarla kapasitesinin tamamı kadar sulanmasına oranla yüksek değerlere sahip olduğu gözlenmiştir (Yıldırım vd., 2022).

Kuşvuran vd. (2020) on farklı biber çeşidini kuraklığa maruz bıraktıklarında fenolik bileşikler, özellikle flavonoidlerin miktarının arttığını, bu artışın toleranslı çeşitlerde daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, süperoksit dismutaz ve katalaz enzim aktivitelerinin de toleranslı çeşitlerde yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Kuraklığa duyarlı ve toleranslı biber çeşitleriyle yapılan bir çalışmada su noksanlığında hidrojen peroksit ve malondialdehit miktarları ile elektron geçirgenliklerinin her iki çeşitte de kontrole oranla arttığı, bu artışın duyarlı çeşitte daha fazla olduğu saptanmıştır. Buna ilave olarak mitokondri, kloroplast ve sitozoldeki APX ve SOD aktiviteleri de her iki çeşitte artarken, duyarlı çeşitte daha düşük artış belirlenmiştir (Hu vd., 2010).

1.5 Kuraklık Stresinin Etkilerinden Korunmak İçin Biberde Çeşitli Uygulamalar

Bitkiler, büyüyüp geliştiği çevresel koşullarda birçok stres faktörüne maruz kalmaktadır. Buna paralel olarak da fizyolojik-biyokimyasal tepkiler meydana getirerek stres toleransı geliştirmektedir (Arnao ve Hernández-Ruiz, 2021). Strese karşı toleranslı

bitkiler geliştirmek için çeşitli yöntemler vardır. Bunlar genetik mühendisliği uygulamaları, bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı, klasik ıslah yöntemleri ve in vitro seçim olarak açıklanabilir (Upreti ve Sharma, 2016).

Günümüz şartlarında oldukça büyük bir problem olan kuraklık stresi dünya çapında çok fazla araştırmacının dikkatini çekmiştir. Bununla paralel olarak da bitkilerin kuraklığa karşı toleransını artırmak için birçok bilimsel metot ve yaklaşımlar ortaya atmışlardır.

1.5.1 Priming uygulamaları

Kuraklık toleransının artırılmasında priming (hazırlama, astarlama) uygulamaları bir stres faktörünün düşük seviyelerde uygulanması ya da elisitör kullanımıyla gerçekleştirilebilir. Genel olarak priming tohumun çimlenme ve çıkışı sırasındaki olumsuzlukları ortadan kaldırmak, hızlı ve başarılı şekilde yüksek verim ve kalitede ürün elde etmek amacıyla kullanılır (Nawaz vd., 2013; Ozbay, 2018). Birçok bilim insanı priming uygulamalarının çimlenmeyi teşvik edici etkisinin enzim ve solunum aktivitesindeki artışa bağlı olduğunu, bunun da fizyolojik-biyokimyasal düzenlemelerle alakalı olduğunu ifade etmiştir (Marthandan vd., 2020).

Priming uygulamaları řu şekilde sınıflandırılabilir;

- Hidropriming (suda belli süre bekleme)
- Ozmopriming (tohumların düşük su potansiyeline sahip bir osmotik çözeltide belli süre bekletilmesi)
- Matriks Priming (Düşük matriks potansiyele sahip katı materyal kullanımı) (McDonald, 2000; Pill, 1995).

Gammoudi vd. (2020), yaptıkları bir çalışmada priming uygulamalarının stressiz ve stresli koşullarda (tuz-kuraklık) biberin çimlenme yüzdesini arttırdığını bildirmişlerdir.

Marthandan vd. (2020) ve Agliassa vd. (2021) ise biberde kuraklık stresi altında biyostimlanların etkisini incelemişlerdir. Bunların stresin sebep olduğu etkileri hafifletip ürün kalitesini iyileştirici etki gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Kuraklık stresi etkilerini hafifletmede buğday, nohut, mısır ve arpa'da astarlama sıkça kullanılan bir yöntemdir (Khan vd., 2019; Moosavi vd., 2009). 50 mM CaCl_2 'ün arpanın tohum çimlenmesinde en faydalı astarlama uygulaması olduğu belirtilmiştir (Kaczmarek vd., 2017).

1.5.2 Bitki büyüme düzenleyicileri

Birçok araştırmada bitki büyüme düzenleyicilerinin de kuraklığa karşı tolerans geliştirilmesinde etkili olabileceği savunulmuştur. BBD'lerin strese maruz kalan bitkilerde gelişim süreci ve sinyal ağının düzenlenmesinde çok önemli bir role sahip olduğu bildirilmiştir. Stres etkilerinin azaltılması ve ortadan kaldırılmasının yanı sıra bitkide sinyal aktarımında görev aldığı bildirilmiştir (Altaf vd., 2022).

Biber fidelerine uygulanan Glisinbetain (GB) ile erken fide döneminde strese toleransın artırılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda yapraklardan uygulanan 5 mM GB konsantrasyonlarının kuraklığa toleransı artırdığı bildirilmiştir (Korkmaz vd., 2015).

Melatonin (Mel) maddesinin biber bitkisinde Pend herbisiti ve PEG streslerinin etkilerini minimize etmek amacıyla kullanıldığı çalışmada Pend ve PEG'in biberde fitotoksik etki yaptığı, Mel uygulamasıyla içsel Mel miktarının arttığı ve stres direncinin olduğu ortaya konulmuştur (Kaya ve Doğanlar, 2019).

Ma vd. (2021), yaptıkları çalışmada biberde kuraklığa karşı toleransı artırmak amacıyla uygulanan metil jasmonatın (MeJA) CaCIPK3 genine etki ettiğini ve antioksidan savunma sistemini düzenlediğini ifade etmişlerdir.

Ghahremani vd. (2023) ise biberde kuraklık stresiyle başa çıkmada kullandıkları salisilik asit ve putresinin stres toleransı sağladığını bulmuşlardır. Salisilik asitin fotosentetik parametreleri geliştirerek verim artışı sağlarken, putresinin antioksidan kapasiteyi artırarak toleransı artırdığını ifade etmişlerdir.

1.5.3 Yönetim uygulamaları

Kuraklık stresine karşı toleransı artırmak için bir dizi yaklaşımlar geliştirilmektedir. Bunlardan ekim zamanı, toprak ve besin yöntemi, bitki popülasyonu, bitki genotipi ile ilgili yönetim uygulamalarının kullanımı kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde tane veriminin korunması açısından oldukça önemlidir (Parry vd., 2005; Adeyemi, vd., 2020).

Transgenik bitkilerin kullanımı da günümüzde en çok ilgi gören yaklaşımlardan biridir. Buna ek olarak bitkide biyokimyasal ve morfolojik iyileştirmelere odaklanarak geleneksel yetiştirme yöntemleri (Oliveira vd., 2020) kullanılarak kuraklık toleransı gösteren bitkiler yetiştirmede ıslah çalışmaları ve moleküler yaklaşımlar göz önündedir (Naeem vd., 2020).

1.5.4 Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR)

Bitkisel üretimde rizobakteriler morfolojik ve fizyo-biyokimyasal gelişmelere katkıda bulunurken diğer yandan strese tolerans ya da direncin artmasını sağlarlar (Erdoğan vd., 2016).

Rizobakterilerin etki şekli iki tipte incelenebilir. Birincisi bitki büyümesine direkt etki eden ve destekleyen mekanizmadır. Bu mekanizmada fitohormon üretimi, demir içeriğinin artışı, azot fiksasyonu, fosfat çözünürlüğü bulunmaktadır. İkincisi ise patojenlerin ortadan kaldırılmasını sağlayarak veya bitki savunma tepkilerini yükselterek dolaylı yoldan büyümenin gerçekleşmesidir (Goswami vd., 2016). Yapılan çalışmalarda birçok PGPR'nin çok farklı mekanizmalarla hareket ettiği bildirilmektedir (Vejan vd. 2016).

1.6 UV-B

Bitkiler, yaşam döngülerinin her aşamasında mutlak surette farklı türde streslere maruz kalırlar ve bu durum moleküler, hücresel ve ekosistem düzeyinde metabolik süreçlerde bozulmalara sebebiyet verebilir (Bijlsma ve Loeschcke, 2005).

Güneş, çok geniş bir dalga boyuna sahiptir ve sahip olduğu spektrumun iyonlaştırıcı olmayan kısmı ultraviyole (UV) olarak adlandırılır. Ultraviyole temel olarak 3 aralıkta incelenir: UV- A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) ve son olarak UV-C (100-280 nm). UV-C stratosfer katmanında tamamı ile emilir ve dünyaya ulaşmaz. UV-A ozon tarafından çok fazla absorbe edilemez ve yaklaşık %70'i dünyaya ulaşır. UV-B ise yüksek oranda ozon tabakası tarafından emilir ve %20'si dünyaya ulaşır (Sharma vd., 2017).

UV-B, güneş ışığının küçük bir kısmını oluşturmaya karşın, sahip olduğu yüksek enerji sebebiyle biyolojik hasarlara sebebiyet vermektedir ve bu endişe verici hale gelmiştir. Son yıllarda ozon tabakasının azalmasıyla da biyosferde UV-B yoğunluğu artmıştır (Ormrod ve Hale, 1995; McKenzie vd., 2011). Stratosferde bulunan atomik halojenler tarafından ozon moleküllerinin katalitik olarak yok edilmesi, UV radyasyonunun emiliminde azalmalara sebep olabilir. Ozonda meydana gelen her %1' lik azalma, biyosfere ulaşan UV-B radyasyonunda %1,3-1,8 oranında artışa sebep olur (Cadwell ve Flint, 1994; McKenzie vd., 2003).

UV- B radyasyonunda meydana gelen değişimler çeşitli tropik etkileşimleri ve biyojeokimyasal döngülerin işleyişini etkiler (Ballaré vd., 2011). UV-B bitkilerde fotomorfojenik, morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal gelişim üzerinde çeşitli düzenleyici etkileri de indükler (Jansen vd., 1998; Brosché ve Strid, 2003; Caldwell vd., 2007; Frohnmeyer ve Staiger, 2003; Kataria ve Guruprasad, 2012a, 2012b; Huang vd., 2013). Memeli sistemlerinde UV-B moleküler olarak transkripsiyon ve replikasyon süreçlerini etkiler. Bu da RNA sentezinde azalmaya, hücre döngüsünde bozulmalara ve sonunda apoptoz ile hücre ölümüne sebep olur (Sancar vd., 2004).

Bitkilerde UV-B, çeşitli fizyolojik hasarlanmalara neden olur (Musil vd., 2002; Correia vd., 2005). DNA'ya zarar verir (Schmitz ve Weissenböck, 2003) ve çeşitli membranlar üzerinde çok sayıda etki gösterir (An vd., 2000). Bitkilerin bodurlaşması, yapraklarda renk değişimleri, biyokütle ve dane veriminde azalmalar meydana gelir (Kakani vd., 2003a; Yao vd., 2008).

UV-B stresi, pirimidin dimerleri oluşturarak DNA sentezini ve DNA replikasyonunu etkiler ve kalıtsal varyasyonlara sebep olur (Britt, 1995). UV-B doğrudan DNA

hasarlarına sebep olmasının yanı sıra reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşmasına ve böylece oksidatif stres oluşmasına, lipid ve proteinlerin oksidasyonuna sebep olur. Aşırı UV-B hücre ölümüne sebep olur. Bunun sonucunda solgunluk, sararma ve anormal büyümelere neden olur. UV-B stresi ayrıca fotosentezi de bozar (Kliebenstein vd., 2002; Frohnmeyer ve Staiger, 2003; Favory vd., 2009; Hideg vd., 2013). Bitkiler antioksidan savunma sistemlerini devreye sokarak ve flavanoller, antosiyaninler ve proantosiyanidinler dahil olmak üzere “güneş koruyucu” flavonoidleri biriktirerek UV-B’nin neden olduğu hasarı sınırlandırır veya önler (Kliebenstein vd., 2002)

UV-B radyasyonunun epidermis tabakasından mezofil içine nüfuz etmesi bazı bitkilerde fotosentezde azalmalara sebebiyet verir. Fotosistem II’nin (PSII) UV-B radyasyon hasarının birincil bölgesi olduğunu göstermektedir (Tevini vd., 1988, Bornman, 1989, Sullivan ve Teramura, 1993). UV-B radyasyonunun PSII üzerindeki doğrudan etkileri, izole edilmiş kloroplastlarda ve hücre süspansiyonlarında (Smillie, 1982; Iwanzik vd., 1983) ve sağlam dokularda (Tevini vd., 1991; Bornman ve Vogelmann, 1991) klorofil floresansındaki değişikliklerle gösterilmiştir (Middleton ve Teramura, 1993; Naidu vd., 1993; Sullivan ve Teramura, 1993, Ziska vd., 1993).

UV-B radyasyonu ayrıca kloroplastın yapısında değişikliklere sebep olabilir (Brandle vd., 1977) ve Rubisco aktivitesini azaltabilir (Vu vd., 1984; Strid vd., 1990). Yakın zamanda UV-B radyasyonunun bezelye bitkisinde Rubisco alt birimleri için mRNA transkriptlerini düşürdüğü de gösterilmiştir. Bunu tersine çevirebilecek etkinin aynı zamanda yüksek PAR seviyeleri ile kısmen iyileştiği de bulunmuştur. Işığa yanıt olarak tüm yapraklardaki CO₂ konsantrasyonu, görünür kuantum verimliliğinde ve RuBP rejenerasyon kapasitesinde de azalmaların olduğu ifade edilmiştir (Strid vd., 1990; Sullivan ve Teramura, 1990; Ziska vd., 1992,1993).

Birçok çalışmada ele alınan kritik bir konu, UV-B radyasyonundaki artış nedeniyle büyüme ve üretkenlikte bir değişim olup olmayacağıdır. Büyümedeki azalmaya yönelik potansiyel bir mekanizma, fotosentetik yapıya doğrudan zarar vermesi olabilir. Ancak büyüme ve verim, mevcut çevresel ve genetik sınırlamaların bir bütünü temsil eder. Bu sebeple büyümenin UV-B radyasyonu ile değişmesi, türün UV-B radyasyonuna duyarlılığına ve mikro iklim, zararlılar ve rekabet gibi diğer tüm çevresel ve biyolojik faktörlere verilen birleşik tepkilere bağlıdır. Çevresel parametreler yıllık değişimler

gösterdiğinden UV-B radyasyonunun bitki büyümesi veya verimini değiştirmedeki etkisi yıldan yıla önemli değişiklikler gösterir (Teramura vd., 1990b).

Birçok yüksek yapılı bitki, UV-B ile etkileşiminden sonra yapraklarında UV-B emici pigmentler, özellikle de fenilpropanoidler biriktirmektedir (Wellmann, 1983; Tevini vd., 1983; Beggs vd., 1986). Fenilpropanoidlere ek olarak, furanokumarinler (Zangerl ve Berenbaum, 1987) gibi şikimik asit yolağının diğer önemli ürünleri ve kanabinoidler (Lydon vd., 1987) gibi poliketidler ve terpenoidler de artan UV-B radyasyonu altında birikir. Flavonol birikiminin spesifik olarak UV kaynaklı olduğu ve doğrusal olarak UV-B akışına bağlı olduğu açıkça gösterilmiştir (Wellmann, 1985).

Bitkilerde önemli koruyucu mekanizmalardan biri fotoreaktivasyondur. UV radyasyon, daha kısa dalga boylarında artan verimlilikle timin dimer üretimini indükler (Wellmann, 1985).

Canlılarda birçok fizyolojik ve metabolik tepkiler esas olarak UV'nin dalga boyu, akıcılık oranları ve maruz kalma süresi ile kontrol edilir. UV-B radyasyonu suyun enerjik bir içsel bileşenidir, yüksek akıcılık oranlarında ya da ortam koşullarında çeşitli fizyolojik ve metabolik süreçleri etkileyebilir (Jordan, 1996; Pal vd., 1997; Mazza vd., 1999; Pal vd., 2006; Guruprasad vd., 2007; Mouss ve Khodary, 2008).

1.7 UV-B ile Kuraklık Stresi Giderimi

Bitkiler, fizyolojilerini modüle ederek abiyotik koşullardaki eş zamanlı veya ardışık değişikliklere yanıt verebilirler. Bitkilerin büyüme koşullarındaki dış etmenlere verdiği adaptif tepkiler, biyotik streslere verilen tepkiler üzerinde derin etkilere sahip olabilir (Gouinguené ve Turlings, 2002; Goel vd., 2008; Gutbrodt vd., 2011; Nguyen vd., 2016).

UV-B'ye özgü fotoreseptör UV dirençli lokus (UVR8), hipokotil uzamasının, DNA onarımının, antioksidatif savunmanın ve UV tarama molekülleri olarak görev yapabilen fenolik bileşiklerin üretiminin inhibisyonunda rol oynayan genlerin ekspresyonunu kontrol ederek bu fotomorfojenik tepkileri düzenler (Rizzini vd., 2011). Oksidatif hasarı ve UV ışığının fotosentetik hücre katmanlarına nüfuzu azaltmak için bitkiler,

flavonoidleri ve fenilpropanoidleri yaprak epidermisinde, hem palizat hem de süngerimsi mezofil dokularda biriktirebilir (Mazza vd., 2000; Agati vd., 2013).

Nogués vd. (1998) kuraklık stresi ve UV-B'nin sekonder metabolitlerin üretimi üzerindeki etkilerini incelediği çalışmada yüksek oranda UV-B/PAR uygulamasıyla yapılan ön muamelenin, kuraklık stresine maruz kaldığında bezelyede flavonoid üretimini artırdığını ifade etmişlerdir.

Bitkilerde büyüme, kuru madde üretimi ve biyokimyasal değişiklikler açısından UV-B ışımasına tepki olarak türler arası ve tür içi geniş farklılıklar rapor edilmiştir (Kramer vd., 1991). Bazı bitki türleri UV-B radyasyonundan etkilenmez ve büyümesi uyarılır. Fakat birçok tür hassastır ve çeşitli hasarlara sebebiyet verir (Teramura, 1983). Buna ek olarak birçok çevresel faktörün bitkilerin UV radyasyonuna tepkilerini azalttığı ya da artırdığı gösterilmiştir. Bitkilerin UV-B' ye duyarlılığı su rejiminden, ortamdaki görünür radyasyon seviyelerinden ve besin durumlarından etkilenmektedir (Murali ve Teramura, 1985; Balakumar vd., 1993; Mark ve Tevini, 1996).

Tarımsal ve model bitkiler üzerinde son yıllarda çeşitli araştırmalar yapılmıştır (Teramura vd., 1983; Sullivan ve Teramura, 1990; Balakumar vd., 1993; Schmidt vd., 2000). Kuraklık ve UV-B stresi arasındaki ilişkinin aydınlatılması, ozon tabakasının tükenmesinin, değişen çevre koşullarına bitki adaptasyonu üzerindeki potansiyel etkinin anlaşılmasına ışık tutacaktır. Kültür bitkilerinin hassasiyet ve tolerans mekanizmaları, büyüme ve verim açısından stres kombinasyonlarının nasıl olacağı bilinmemektedir. UV-B radyasyonu ve kuraklık stresinin her ikisi de oksidatif patlamayı tetikleyebilir (Monk vd., 1989).

Orta dereceli UV-B ve kuraklık eş zamanlı ya da ardışık olarak meydana geldiğinde, etkileşime girerek bitki toleransının artmasını ve dolayısıyla bitkinin hayatta kalmasını sağlayabilir. Bu yanıtlar antioksidan proteinlerin ve UV-B emici bileşiklerin artan üretimi ve yaprak kütikulasının kalınlaşmasıyla ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte kuraklık stresinin ve UV-B etkileşimlerinin bitki kimyasal savunmasının üretimi üzerindeki sonuçları ve bunların bitki-otçul etkileşimleri üzerindeki etkileri hakkında henüz çok az şey bilinmektedir (Escobar-Bravo vd., 2017).

Flavonoid birikiminin çok sayıda strese karşı bitki toleransının geliştirilmesinde önemli bir adım olabileceği öne sürülmüştür. UV-B ve kuraklık gibi abiyotik streslerin fenolik bileşik birikimini indüklediği ve bu bileşiklerin de kuraklık toleransında çeşitli roller üstlendiği bilinmektedir (Rodriguez-Calzada vd., 2019).

Kuraklık ve UV-B, bazı domates çeşitleri ve marulda flavonoidlerin birikimini etkilemektedir (Klunklin ve Savage, 2017; Zivanovic vd., 2017; Rajabbeigi vd., 2013). Bitkilerde UV-B radyasyonunun neden olduğu flavonoid birikiminin hücrel korumada rol oynadığı gösterilmiştir (Kusano vd., 2011)

Alexieva vd. (2001) bezelye ve buğdayda kuraklık ve UV-B'nin etkileri ve etkileşimleri arasında karşılaştırma yapmışlardır. UV-B uygulamalarından sonra bağıl yaprak su içeriklerinde (RWC) değişiklik olmaması, bitki su içeriğinde değişikliğin meydana gelmediğini göstermektedir. RWC, kuraklığa tepki olarak büyümenin azalmasına sebep olan ana faktördür. UV-B'ye maruz kaldıktan sonra antosiyanin ve fenollerde artışlar tespit edilmiştir. Artışlar UV-B perdesi görevi görmeye yetecek büyüklükte olmamıştır. Lipid peroksidasyonu ve osmolit sızıntısı değerlendirilmiş ve UV-B uygulaması kuraklık stresinden daha fazla membran hasarına sebep olmuştur. Antioksidan enzimlerin spesifik aktivitelerindeki artış, tek başına UV-B uygulaması sonrasında ve ayrıca kurak bitkilere uygulandıktan sonra ölçülmüştür. Prolin seviyeleri kuraklık stresindeki bezelye ve buğdayda artmıştır. Prolin, UV-B'ye yanıtta koruyucu rol oynayan kuraklığa bağlı faktör olabilir. Biyokimyasal ve fizyolojik parametreler, her iki bitkinin fidelerinin büyümeleri üzerinde kuraklık stresinden daha güçlü etkilere sahip olduğunu göstermiştir. Her iki streste ilk uygulandığında sonra uygulanan stresin neden olduğu hasarı azaltmak için mekanizmaları harekete geçirmiştir.

Rodríguez-Calzada vd. (2019) yaptıkları çalışmada UV-B'ye maruz kalmanın biberin bitki gelişimi, fenolik bileşik üretimi ve daha sonra kuraklık stresine verilen yanıtla ilişkili gen ekspresyonu üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. UV-B; gövde uzunluğunda, gövde kuru ağırlığında ve çiçek primordia sayısında azalmaya sebep olmuştur. Bu parametrelerde en büyük azalma UV-B ve kuraklık birlikte uygulandığında gözlenmiştir. UV-B ile muamele edilmiş bitkiler UV-B ile muamele edilmemiş kontrollere göre yaklaşık 1 hafta daha erken meyve vermiştir. Yaprak epidermal flavonoidleri UV-B uygulamasıyla önemli ölçüde artmıştır. Spesifik olarak,

UV-B radyasyonu yapraklardaki klorojenik asit ve apigenin 8-C-heksosit seviyelerini önemli ölçüde artırmış ve UV-B ve ardından gelen kuraklık stresi ile luteolin 6-C-pentosit-8-C-heksositte sinerjistik bir artış elde edilmiştir Fenilalanin amonyak liyaz (PAL) ve kalkon sentaz (CHS) genlerinin gen ekspresyonu da UV-B uygulamaları sırasında artmıştır. Öte yandan mitokondriyal Mn-süperoksit dismutaz (Mn-SOD) ve peroksidaz (POD) gibi oksidatif tepkiyle ilgili genlerin ekspresyonunun UV-B tarafından indüklenmediği görülmüştür. UV-B ile muamele edilmiş bitkilerde kuraklık stresi, mitokondriyal Mn-SOD gen ekspresyonunu da indüklemiştir Sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde UV-B uygulaması, kullanılan koşullar altında bitkilerde kuraklık stresine karşı önemli bir toleransa neden olmamıştır.



BÖLÜM II

MATERYAL METOD

2.1 Bitki Materyali

Bitkisel materyal olarak İnan 3363 Urfa biber çeşidine ait tohumlar BETA Ziraat ve Ticaret A.Ş’den temin edilmiştir.

2.2 Bitkilerin Yetiştirilmesi

Biber (*C. annum* L.) tohumlarından sağlam ve dolgun görünümlü olanları petrilere alınmış ve UV-B hazırlama yapılacak gruplarda UV-B lambası altında 15 veya 30 dakika boyunca bekletilmiştir. Tohumlar sterilizasyon işleminin ardından içi torf dolu saksılara ekilmiştir. Kuraklığa maruz bırakılacak gruplara 0,5 M ve 1 M Polietilen glikol 6000 uygulaması yapılmıştır. Sonra saksılar 24 ± 2 °C sıcaklık, 16 saat aydınlık/ 8 saat karanlık fotoperiyot ve %45 nem koşullarına uygun bitki büyüme odasında fide gelişimi için bırakılmıştır. 120. Günde tesadüfi deneme desenine göre fideler hasat edilmiştir. Her gruptan 10’ar fidede morfolojik ölçümleri yapılmış, geri kalanlar tartılarak fizyolojik-biyokimyasal analizler için -80°C de muhafaza edilmiştir. Tüm analizler 3 kez tekrar edilmiştir.



Fotoğraf 2.1. Bitki yetiştirilmesi ve morfolojik ölçümler

2.3 Klorofil Tayini

Klorofil (kl) miktarlarının tayininde Witham ve ark. (1971) oluşturmuş olduğu prosedür kullanılmıştır. Gruplardan rastgele alınan 1'er g yaprak parçaları üzerine 2 mL aseton (%80) eklenerek havanda ekstrakte edilmiştir. Whatman no:2 filtre kağıdından dikkatlice süzülen ekstrakt % 80'lik aseton ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Sonrasında ekstraktların absorpsiyon değerleri (663 nm ve 645 nm) VIS Spektrofotometre ile ölçülmüştür. Optik yoğunluk (D) ölçümlerinden elde edilen değerler aşağıdaki denklemlere uygun bir biçimde yerleştirilerek, 1 g'da bulunan kl a, kl b ve toplam kl miktarlarının mg olarak hesaplanma işlemleri yapılmıştır.

$$\text{mg klorofil a/g doku} = [12.7 (D663) - 2.69 (D645)] (V/ 1000.W) \quad (2.1)$$

$$\text{mg klorofil b/g doku} = [22.9 (D645) - 4.68 (D663)] (V/1000.W) \quad (2.2)$$

$$\text{mg toplam klorofil/g doku} = [20.2 (D645) + 8.02 (D663)] (V/1000.W) \quad (2.3)$$

Elde edilen eşitliklerde: D, klorofil ekstraktının 645 nm ve 663 nm dalga boylarındaki optik yoğunluğunu (absorbans değerini); V, % 80'lik aseton son hacmini; W, ekstre edilen dokunun gram olarak taze ağırlığını belirtmektedir.

2.4 Toplam Protein Miktarının Belirlenmesi

Uygulama gruplarına ait 5'er g taze yaprak 5'er mL distile suda ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Ekstrakt 13000 rpm'de 30 dakika sürede santrifüjlenmiştir. Toplam protein miktarı Bradford (1976) metodu kullanılarak BSA (Bovine Serum Albümin) standartları referans alınarak gerçekleştirilmiştir. Santrifüj işlemi sonrasında tüplerden alınan süpernatantların üzerine 1 mL reaksiyon karışımı eklenmiştir. 10 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiş örneklerin Spektrofotometre ile 595 nm'deki absorbans değerleri ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri, BSA standartları (0.02-0.2 mg/mL) ile oluşturulan kalibrasyon eğrisine uygulanmış ve örneklerdeki çözünebilen toplam protein miktarı, mg.g taze ağırlık⁻¹ olarak ifade edilmiştir.

2.5 Antioksidan Enzim Tayini

2.5.1 Karotenoid miktarı

Witham vd. (1971) yöntemi esas alınarak hazırlanmış ekstraktların 450 nm dalga boyunda ölçülen absorbans değeri, aşağıda verilen denkleme yerleştirilerek yaprak taze ağırlığının 1 g'ındaki mg karotenoid miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{mg toplam karotenoid/doku} = 4.07 \times D_{450} - (0.0435 \times K_{la} \text{ miktarı} + 0.367 \times K_{lb} \text{ miktarı}) \quad (2.4)$$

2.5.2 DPPH radikal süpürme aktivite tayini

2,2-Difenil-1-pikril hidrazil (DPPH) radikal süpürücü aktivite tayini Brand-Williams ve vd. (1995)'nin tekniklerinden yararlanılarak yapılmıştır. Oluşturulan ekstraktların antioksidan aktivitelerinin belirlenmesinde 0,1 mM DPPH çözeltisi, bitki ekstraktları ve metanol kullanılarak bir seri dilüsyon hazırlanmıştır. Her bir dilüsyondan sırasıyla 100 µl alınarak 2,9 mL DPPH çözeltisine eklenmiştir ve ardından 15 dk oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında örneklerin 517 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. Kör tüp olarak 0,1 mM DPPH çözeltisi kullanılmıştır, örneklerin % DPPH süpürme etkisi formüle konularak hesaplanmıştır.

2.6 Katalaz (CAT) Enzim Aktivite Tayini

CAT enzim aktivitelerinin belirlenmesinde Bergmeyer (1970) metodundan faydalanılmıştır. 200 µl'lik süpernatantlara 2,77 mL 0,1 mM EDTA içeren 0,05 M sodyum-fosfat tamponu (pH 7,0) ve 30 µl %3 H₂O₂ eklenerek UV spektrofotometrede, 240 nm dalga boyunda dakikada mevcut H₂O₂ tüketimine bağlı absorpsiyon değişimi saptanmıştır. Spesifik enzim aktivitesi, EU mg protein⁻¹.g taze ağırlık⁻¹ olarak ifade edilmiştir.

2.7 Toplam Fenolik Madde Tayini

0,1 g yaprak örneği 5 mL % 80 metil alkol ile homojen hale getirilmiş sonrasında 80 °C’de 15 dk inkübe edilmiştir. İnkübasyon işlemi sonrası 10 000 rpm’ de 10 dk santrifüj edilmiştir. Yeniden 2,5 mL % 80 metil alkol ile homojenize edilmiş ve 80 °C’de 15 dk ünkübe işlemi ile 10 000 rpm’ de 10 dk santrifüj işlemi tekrar edilmiştir. Toplam fenolik madde tayini Folin ciocaltaeu metoduna göre yapılmıştır (Singleton ve Rossi, 1965). 100 µl ekstrakt 10 kez seyreltilmiş Folin ciocaltaeu ile 5dk oda sıcaklığında inkübasyona tabi tutulmuştur. Sonrasında mevcut çözelti üzerine 750 µL sodyum bikarbonat solusyonu eklenerek 90 dk oda sıcaklığında tekrar inkübe edilmiştir. Absorbans değerleri spektrofotometrede 765 nm’de okunmuş, veriler fenolik madde miktarı gallik asit standartı kullanılarak hesaplanmıştır.

2.8 İstatistiki Değerlendirme

Elde edilen veriler Tukey testi (1954) kullanılarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur (SPSS 24.0, p <0,05). Ortalamaların sapma ve hata değerleri de aynı program kullanılarak tespit edilmiştir.

BÖLÜM III

BULGULAR VE TARTIŞMA

1 M PEG uygulaması yapılan grupta çimlenme meydana gelmemiştir. Bu nedenle bu grupta morfolojik ölçüm ya da fizyolojik-biyokimyasal analiz yapılamamıştır.

3.1 Biberin Büyüme Parametreleri

Kuraklık ve/veya UVB uygulaması yapılan biber fidelerinin büyüme parametreleri Çizelge 3.1 ve 3.2'dedir.

Çizelge 3.1. Kuraklık ve/veya UVB uygulamalarının biber kök gelişimine etkileri (n:10)

Gruplar	Kök Uzunluğu (cm)			Kök Taze Ağırlığı (g)			Kök Kuru Ağırlığı (g)		
Kontrol	3,9333	±	0,1528a	0,0364	±	0,0086a	0,0031	±	0,0005a
0,5 M PEG	6,1000	±	1,7214a	0,0542	±	0,0061ab	0,0051	±	0,0009b
0,5 M PEG+ 15' UVB	5,5000	±	1,5000a	0,0277	±	0,0019ac	0,0013	±	0,0001c
1 M PEG+ 15' UVB	3,3000	±	1,2530a	0,0330	±	0,0047a	0,0030	±	0,0003a
0,5 M PEG+ 30' UVB	6,0000	±	0,5000a	0,0541	±	0,0023ab	0,0058	±	0,0009b
1 M PEG+ 30' UVB	5,0000	±	1,3228a	0,0209	±	0,0171ac	0,0029	±	0,0001a

Aynı sütuna ait farklı harf taşıyan gruplar arasında istatistiki önem ($p<0,05$) taşımaktadır.

Çizelge 3.2. Kuraklık ve/veya UVB uygulamalarının biber fideleri sürgün gelişimine etkileri (n:10)

Gruplar	Sürgün Uzunluğu (cm)			Sürgün Taze Ağırlığı (g)			Sürgün Kuru Ağırlığı (g)		
Kontrol	7,9667	±	2,0526a	0,8821	±	0,0192a	0,0623	±	0,0028a
0,5 M PEG	6,3333	±	0,5774a	0,7509	±	0,0459a	0,0575	±	0,0049a
0,5 M PEG+ 15' UVB	14,9000	±	1,4000b	1,8394	±	0,2628b	0,1193	±	0,0045b
1 M PEG+ 15' UVB	6,4667	±	1,3796a	0,3334	±	0,0263c	0,0269	±	0,0022a
0,5 M PEG+ 30' UVB	11,0000	±	1,0000b	0,9043	±	0,0173a	0,0740	±	0,0119ab
1 M PEG+ 30' UVB	7,8333	±	1,6073a	0,4617	±	0,0147ac	0,0347	±	0,0002a

Aynı sütuna ait farklı harf taşıyan gruplar arasında istatistiki önem ($p<0,05$) taşımaktadır.

Kök uzunluğunda 1 M PEG+ 15' UVB uygulaması dışındaki tüm uygulamalarda kontrole oranla önemlilik derecesinde olmayan artışlar meydana gelmiştir. Kök taze ve kuru ağırlıklarında ise 0,5 M PEG+ 15' UVB, 1 M PEG+ 15' UVB ve 1 M PEG+ 30'

UVB uygulamalarında azalma diğerlerinde kontrole oranla artışlar saptanmıştır (Çizelge 3.1).

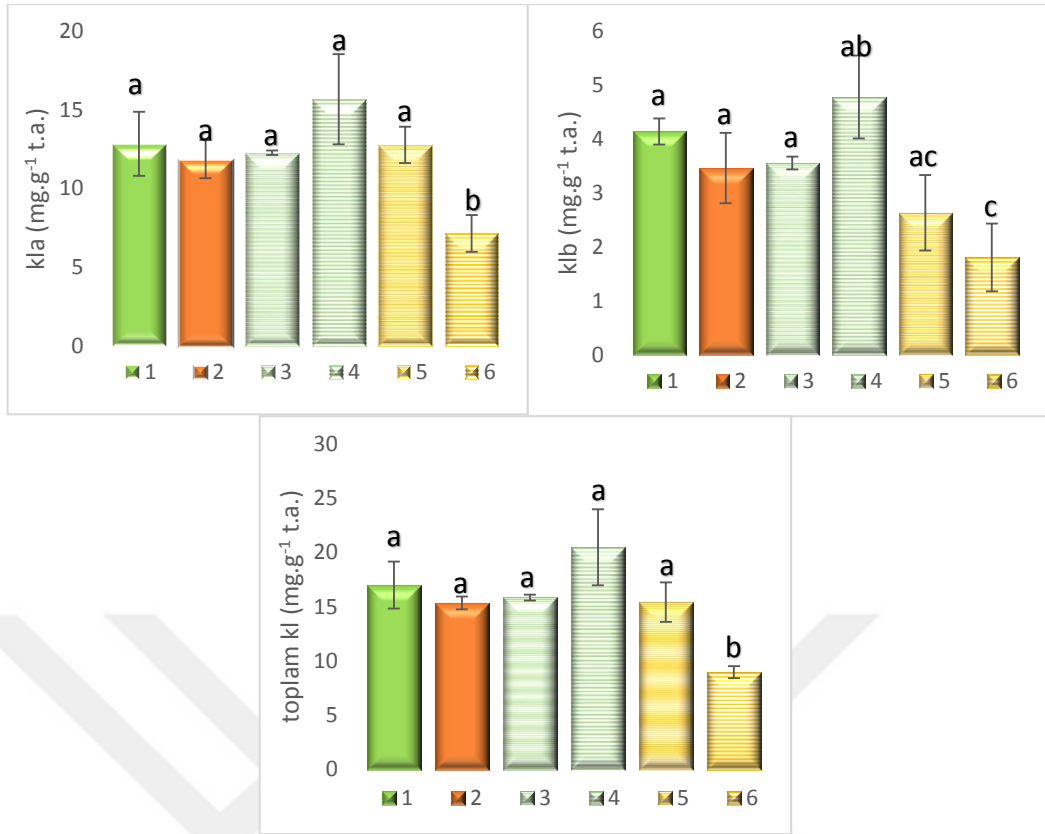
Sürgün uzunluğu, taze ve kuru ağırlıklarında ise 0,5 M PEG+ 15' UVB ve 0,5 M PEG+ 30' UVB uygulamalarında artış, diğer uygulamalarda azalmalar tespit edilmiştir. En önemli artışlar % 87,03 ile sürgün uzunluğunda, % 108,53 ile sürgün taze ve %91,49 ile sürgün kuru ağırlıklarında 0,5 M PEG+ 15' UVB uygulamasındadır (Çizelge 3.2).

Ozmotik stres ve büyüme oranındaki değişim bitkinin tolerans seviyesi ile ilişkilendirilmiştir (Hamayun vd. 2010). Kuraklık stresi altında bulunan bitkilerde kök/sürgün oranının genellikle arttığı bilinmektedir (Terzi ve Kadioğlu, 2006).

Van den Berg ve Zeng (2006), *Antheophora pubescens* ve *Heteropogon contortus* ile yaptıkları çalışmada PEG 6000 uygulamalarının su potansiyeli – 0.3 MPa olduğunda kök uzunluğunu artırırken, sürgün uzunluğunu azalttığını belirlemişlerdir. Köklerde oluşan bu hızlı uzama kuraklık toleransının temel göstergelerindendir (Kulkarni ve Deshpande, 2007).

3.2 Biberin Klorofil Miktarları

Biber fidelerinin kl a, kl b ve toplam kl miktarlarını veren grafikler sırasıyla Şekil 3.1.'dedir.



Şekil 3.1. PEG ve/veya UV-B'nin biber kl miktarları üzerine etkileri (n:3) (1: Kontrol, 2: 0,5 M PEG, 3: 0,5 M PEG+ 15' UVB, 4: 1 M PEG+ 15' UVB, 5: 0,5 M PEG+ 30' UVB, 6: 1 M PEG+ 30' UVB) (Aynı sütuna ait farklı harf taşıyan gruplar istatistiki önem ($p<0,05$) taşımaktadır)

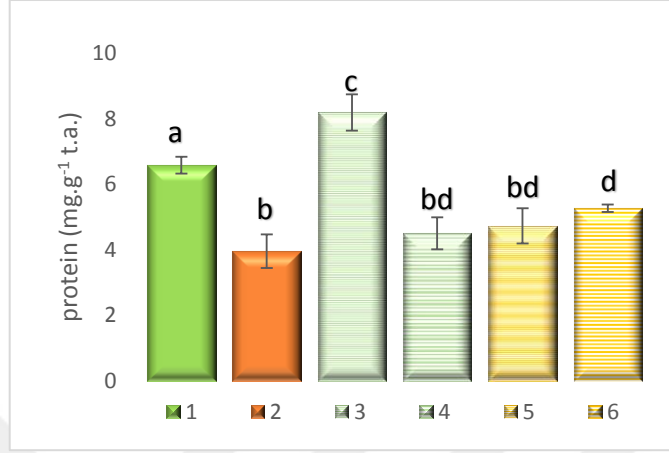
Klorofil miktar verilerine göre 1 M PEG+ 15' UVB uygulaması dışındaki tüm uygulamalar klorofil içeriğini azaltmıştır. 1 M PEG+ 15' UVB uygulamasındaki artışlar kl a için %18,045, klb için %13,395 ve toplam kl için %16,958'dir. En düşük değerler ise (kla 7,145 mg.g⁻¹ t.a., klb 1,807 mg.g⁻¹ t.a ve toplam kl 8,952 mg.g⁻¹ t.a) ise 1 M PEG+ 30' UVB uygulamasındadır ve önemlilik derecesindedir ($p<0,05$) (Şekil 3.1.).

Kuraklık stresi altında klorofil miktarının azaldığı bilinmektedir (Kuroda vd., 1990; Gündoğdu, 2023). Bu azalmaların sebebi olarak pigment yıkımı ve protein-pigment kompleksinin kararsızlığı gösterilmektedir (Xu vd., 2013).

Thomas ve Puthur (2019) PEG'e maruz kalan fidelerde UV-B astarlamasının kuraklığın negatif etkisini azaltarak kl miktarlarını artırdığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde UVB hazırlama yapılan ve kuraklığa maruz bırakılan domatestede klorofil miktarının arttığı bildirilmiştir (Bozkurt, 2024).

3.3 Biberde Toplam Çözünebilir Protein Miktarı

Biberlere ait toplam protein miktarları Şekil 3.2’de verilmiştir.



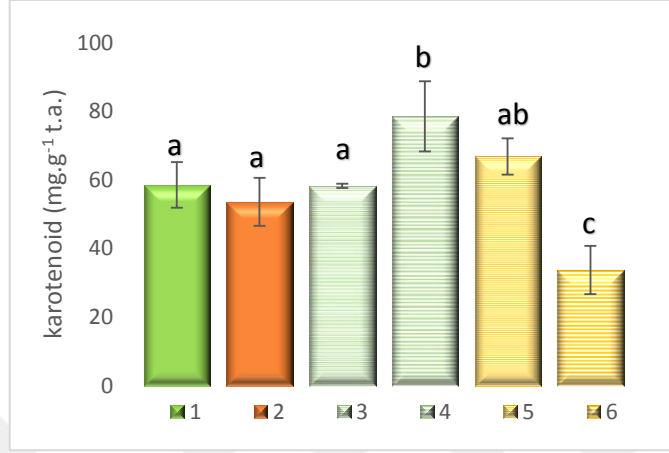
Şekil 3.2. PEG ve/veya UV-B’nin biber protein miktarları üzerine etkileri (n:3) (1: Kontrol, 2: 0,5 M PEG, 3: 0,5 M PEG+ 15' UVB, 4: 1 M PEG+ 15' UVB, 5: 0,5 M PEG+ 30' UVB, 6: 1 M PEG+ 30' UVB) (Aynı sütuna ait farklı harf taşıyan gruplar istatistiki önem ($p<0,05$) taşımaktadır)

Çözünebilir toplam protein miktarı kontrol grubuna oranla 0,5 M PEG+ 15' UVB grubunda artmış diğer uygulamalarda azalmıştır. Tüm artma ve azalmalar önemlilik derecesindedir. Artış %24,46 oranında iken en fazla azalma %39,91 ile PEG uygulamasında belirlenmiştir ($p<0,05$) (Şekil 3.2).

Çalışmamızda protein miktarı PEG uygulamasıyla kontrole oranla azalırken, UVB uygulamalarıyla negatif yöndeki bu etkinin azaldığı görülmektedir. Roy-Macauley vd.,(1992) çalışmamızla örtüşen şekilde kuraklık stresi altında toplam protein miktarının azaldığını ifade etmiştir. UVB ön uygulamasının ise *Oryza sativa*'da çözünür protein miktarını artırdığı Sen ve Puthur (2021) tarafından bildirilmiştir.

3.4 Antioksidan Madde Miktarları ile Enzim Aktiviteleri

3.4.1 Biber karotenoid miktarları



Şekil 3. 3. PEG ve/veya UV-B'nin biber karotenoid miktarları üzerine etkileri (n:3) (1: Kontrol, 2: 0,5 M PEG, 3: 0,5 M PEG+ 15' UVB, 4: 1 M PEG+ 15' UVB, 5: 0,5 M PEG+ 30' UVB, 6: 1 M PEG+ 30' UVB) (Aynı sütuna ait farklı harf taşıyan gruplar istatistiki önem ($p<0,05$) taşımaktadır)

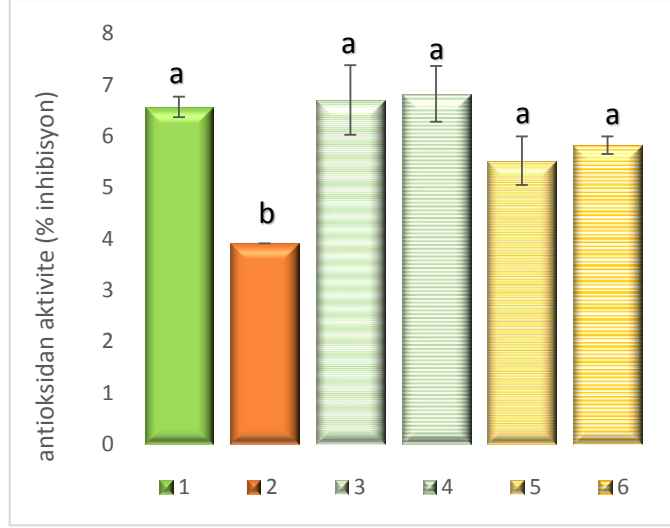
Antioksidan maddelerden olan karotenoid miktarında kontrole göre 1 M PEG+ 15' UVB ve 0,5 M PEG+ 30' UVB uygulamalarında artış, diğer uygulamalarda azalmalar saptanmıştır. En yüksek değer 78,540 mg.g⁻¹ t.a., en düşük değer 33,696 mg.g⁻¹ t.a.'dır ($p<0,05$) (Şekil 3.3.).

Naaem vd. (2017), kuraklık stresine maruz kalan *Zea mays*'da karotenoid miktarının kontrole oranla azaldığını ortaya koymuştur. Verilerimizle paralel şekilde domates fidelerinde UV-B hazırlamanın karotenoid miktarını artırdığı bulunmuştur (Bozkurt, 2024).

3.4.1 Biber antioksidan enzim aktiviteleri

3.4.1.2 Radikal süpürme aktivite (DPPH) verileri

Biber fidelerinin toplam antioksidan aktivitesine ait veriler Şekil 3.4.'tedir.

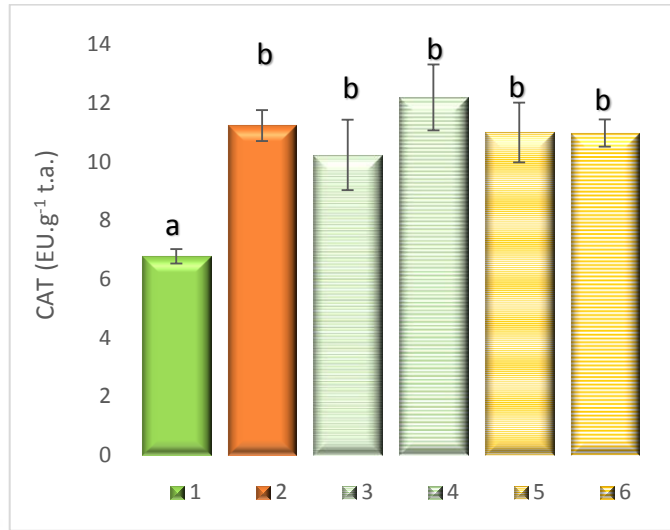


Şekil 3.4. PEG ve/veya UV-B'nin biber antioksidan aktivite üzerine etkileri (n:3) (1: Kontrol, 2: 0,5 M PEG, 3: 0,5 M PEG+ 15' UVB, 4: 1 M PEG+ 15' UVB, 5: 0,5 M PEG+ 30' UVB, 6: 1 M PEG+ 30' UVB (Aynı sütuna ait farklı harf taşıyan gruplar istatistiki önem ($p < 0,05$) taşımaktadır)

Radikal süpürme aktivitesi 0,5 M PEG+ 15' UVB ve 1 M PEG+ 15' UVB uygulamalarında kontrole oranla artarken, diğerlerinde azalmalar saptanmıştır. En fazla azalma % 40,44 ile PEG uygulamasındadır ve bu azalma önemlilik derecesindedir (Şekil 3.4.).

Rezayian vd. (2018) kuraklığa maruz bırakılan kanolada radikal süpürme aktivitesinin azaldığını, Hao vd (2022) ise UVB uygulamalarının şalgamda bu aktiviteyi artırdığını bildirmiştir. Sen vd. (2022) UV-B hazırlamanın bitki hücrelerinde oksidatif homeostaziye koruyarak fotosentetik ve mitokondriyal aktivitelerin kesintisiz biçimde gerçekleşmesini sağladığını ifade etmişlerdir.

3.4.2.1 Katalaz enzim aktivitesi

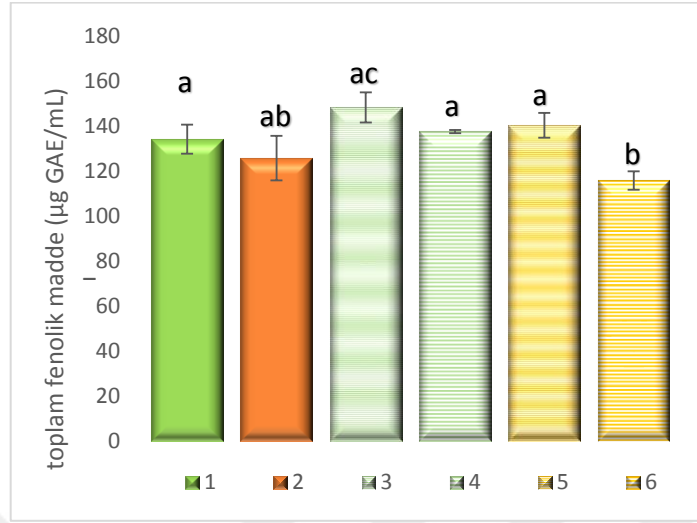


Şekil 3.5. PEG ve/veya UV-B'nin biber CAT aktiviteleri üzerine etkileri (n:3) (1: Kontrol, 2: 0,5 M PEG, 3: 0,5 M PEG+ 15' UVB, 4: 1 M PEG+ 15' UVB, 5: 0,5 M PEG+ 30' UVB, 6: 1 M PEG+ 30' UVB) (Aynı sütuna ait farklı harf taşıyan gruplar istatistikî önem ($p<0,05$) taşımaktadır)

CAT aktivitesi tüm uygulama gruplarında kontrole oranla artmıştır. En yüksek enzim aktivitesi 12,184 EU.g⁻¹ t.a. ile 1 M PEG+ 15' UVB uygulamasındadır ($p<0,05$) (Şekil 3.5).

Gündoğdu (2023) İnan ve Hilvan biber çeşitleriyle yapmış olduğu çalışmada PEG uygulamalarının CAT enzim aktivitesini artırdığını saptamıştır. Benzer şekilde düşük oranlardaki su stresinin acı ve tatlı biberde CAT enzim aktivitesini artırdığı Mahmood vd. (2021) tarafından bildirilmiştir. Sen ve Puthur (2021) UVB uygulamalarının antioksidan enzim aktivitelerini artırdığını ifade etmiştir. Sen vd. (2021,2022) çalışmamızla uyumlu şekilde çeltikte PEG ve PEG+UVB uygulamalarının CAT enzim aktivitesini artırdığını tespit etmiştir.

3.5 Toplam Fenolik Madde İçeriği



Şekil 3. 6. PEG ve/veya UV-B'nin biber toplam fenolik madde miktarları üzerine etkileri (n:3) (1: Kontrol, 2: 0,5 M PEG, 3: 0,5 M PEG+ 15' UVB, 4: 1 M PEG+ 15' UVB, 5: 0,5 M PEG+ 30' UVB, 6: 1 M PEG+ 30' UVB) (Aynı sütuna ait farklı harf taşıyan gruplar istatistiki önem ($p<0,05$) taşımaktadır)

Toplam fenolik madde miktarları PEG ve 1 M PEG+ 30' UVB uygulamaları dışındaki tüm uygulamalarda artmıştır. En yüksek artış %10,49 ile 0,5 M PEG+ 15' UVB uygulamasında meydana gelmiştir. En düşük miktar ise 115,812 µg GAE/mL ile 1 M PEG+ 30' UVB uygulamasındadır ($p<0,05$) (Şekil 3.6.).

Gündoğdu (2023) çalışmasında PEG uygulamasının her iki biber çeşidinde de toplam fenolik madde miktarını artırdığını belirtmiştir. UV-B hazırlamanın çok sayıda bitkide fenolik maddelerin birikmesine neden olduğu da bilinmektedir (Chen vd., 2019, Wang vd., 2022). Sáenz-de la O vd. (2021) kuraklığa adaptasyonu yükseltmek amacıyla tütüne uyguladıkları UVB'nin yaprak epidermal flavanol indeksini ve antioksidan kapasiteyi arttırdığını tespit etmişlerdir.

BÖLÜM IV

SONUÇLAR

İklim değışiklikleri ve kullanılabilir suyun azalması nedenleriyle su stresine maruz kalan tarım arazilerinin sayısı hızla artmaktadır. Ürün verim ve kalitesini önemli ölçüde etkileyen kuraklık tarımsal faaliyetleri kısıtlamakta ve gıda güvenliğini tehdit etmektedir.

Su stresinin olumsuz etkileriyle başa çıkmak ve stres faktörlerine dayanıklılığı artırmak amacıyla yeni tarımsal stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Tohum astarlama (hazırlama, priming) kolay uygulanabilmesi, etki derecesinin yüksek olması ve az maliyetiyle son yıllarda dikkat çeken ve tercih edilen bir tekniktir.

Çalışmada İnan biber çeşidinin kuraklıktan etkilendiğı, UV-B hazırlamanın ise kuraklık stresinin negatif etkilerini hafiflettiğı tespit edilmiştir. Kuraklığa tolerans derecesi uygulanan PEG konsantrasyonu ve UVB uygulama süresine bağılı olarak değışkenlik göstermektedir. Bulgularımızın bu konuda gerçekleştirilecek çalışmalara katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Adeyemi, O., Keshavarz-Afshar, R., Jahanzad, E.; Battaglia, M.L., Luo, Y., Sadeghpour, A., “Effect of wheat cover crop and split nitrogen application on corn yield and nitrogen use efficiency”. ***Agronomy***, 10, 1081, 2020.

Agati, G., Brunetti, C., Di Ferdinando, M., Ferrini, F., Pollastri, S., ve Tattini, M., “Functional roles of flavonoids in photoprotection: new evidence, lessons from the past”. ***Plant Physiology and Biochemistry***, 72, 35-45, 2013.

Agliassa, C., Mannino, G., Molino, D., Cavalletto, S., Contartese, V., Berteà, C. M., Secchi, F., “A new protein hydrolysate-based biostimulant applied by fertigation promotes relief from drought stress in *Capsicum annuum* L.” ***Plant Physiology and Biochemistry***, 166, 1076-1086, 2021.

Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S., ve Karanov, E., “The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat”. ***Plant, Cell & Environment***, 24(12), 1337-1344, 2001.

Altaf M.A, Shahid R, Ren M-X, Naz, S., Altaf, M.M., Khan, L.U., Tiwari RK, Lal MK, Shahid, M.A., Kumar, R, Nawaz, M.A., Jahan, M.S., Jan BL, Ahmad, P., “Melatonin improves drought stress tolerance of tomato by modulating plant growth, root architecture, photosynthesis, and antioxidant defense system”. ***Antioxidants*** 11(2), 309, 2022. doi:10.3390/antiox11020309

An, L., Feng, H., Tang, X., ve Wang, X., “Changes of microsomal membrane properties in spring wheat leaves (*Triticum aestivum* L.) exposed to enhanced ultraviolet-B radiation”. ***Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology***, 57(1), 60-65, 2000.

Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W., "Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress". ***African journal of agricultural research***, 6(9), 2026-2032, 2011.

Arnao, M. B. ve Hernández Ruiz, J., "Melatonin as a regulatory hub of plant hormone levels and action in stress situations". ***Plant Biology***, 23, 7-19, 2021.

Ashraf, M., "Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers". ***Biotechnology Advances***, 27(1): 84-93, 2009.

Balakumar, T., Vincent, V. H. B., ve Paliwal, K., "On the interaction of UV-B radiation (280–315 nm) with water stress in crop plants". ***Physiologia Plantarum***, 87(2), 217-222, 1993.

Ballare, C.L., Caldwell, M.M., Flint, S.D., Robinson, S.A. ve Bornman, J. F., "Effects of solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. Patterns, mechanisms, and interactions with climate change". ***Photochemical & Photobiological Sciences***, 10(2), 226-241, 2011.

Bat, M., Tunçtürk, R. ve Tunçtürk, M., "Kuraklık Stresi Altındaki Ekinezya (*Echinacea purpurea* L.)' da Deniz Yosununun Büyüme Parametreleri, Toplam Fenolik ve Antioksidan Madde Üzerine Etkisi". ***Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi***, 29 (3), 496-505, 2019.

Beggs, C.J., Schneider-Ziebert, U. ve Wellmann, E., "UV-B radiation and adaptive mechanisms in plants". In ***Stratospheric ozone reduction, solar ultraviolet radiation and plant life*** (pp. 235-250). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 1986.

Begna, T., "Impact of drought stress on crop production and its management options". ***International Journal of Research in Agronomy***, 4(2), 66-74, 2021.

Bergmeyer, H.U., "Standardization of methods for estimation of enzyme activity in biological fluids", ***Zeitschrift für Klinische Chemie und Biochemie*** ., 8,658-660, 1970.

Bhargava, S. ve Sawant, K., “Drought stress adaptation: metabolic adjustment and regulation of gene expression”. ***Plant breeding***, 132(1), 21-32, 2013.

Blum, A., “Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?” ***Australian journal of agricultural research***, 56(11), 1159-1168, 2005.

Bijlsma, R. ve Loeschcke, V., “Environmental stress, adaptation and evolution: an overview”. ***Journal of evolutionary biology***, 18(4), 744-749, 2005.

Bornman, J. F., “New trends in photobiology: Target sites of UV-B radiation in photosynthesis of higher plants”. ***Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology***, 4(2), 145-158, 1989.

Bornman, J.F. ve Vogelmann, T.C., “Effect of UV-B radiation on leaf optical properties measured with fibere optics”. ***J Exp Bot*** 42:547-554, 1991.

Bozkurt, H., “Kuraklık stresinin *Solanum Lycopersicum* üzerindeki olumsuz etkilerinin uv-b hazırlamasıyla hafifletilmesi”. ***Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Niğde, s. 51., 2024

Bradford, M.M., “A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding”, ***Analytical biochemistry***, 72(1-2), 248-254, 1976.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C.L.W.T., “Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity”, ***LWT-Food science and Technology***, 28(1), 25-30, 1995.

Brandle, J.R., Campbell, W.F., Sisson, W.B. ve Caldwell, M.M., “Net photosynthesis, electron transport capacity, and ultrastructure of *Pisum sativum* L. exposed to ultraviolet-B radiation”. ***Plant Physiology***, 60(1), 165-169, 1977.

Brosché, M. ve Strid, Å., “Molecular events following perception of ultraviolet-B radiation by plants”. ***Physiologia Plantarum***, 117(1), 1-10, 2003.

Britt, A.B., “Repair of DNA damage induced by ultraviolet radiation”. ***Plant physiology***, 108(3), 891, 1995.

Cabello, J.V., Lodeyro, A.F. ve Zurbriggen, M.D., “Novel perspectives for the engineering of abiotic stress tolerance in plants”. ***Current Opinion in Biotechnology***, 26, 62-70, 2014.

Cao, L., Qin, B., Gong, Z. ve Zhang, Y., “Melatonin improves nitrogen metabolism during grain filling under drought stress”. ***Physiology and Molecular Biology of Plants*** 28, 1477–1488, 2022.

Caldwell, M.M. ve Flint, S.D., “Stratosferik ozon azaltımı, güneş UV-B radyasyonu ve karasal ekosistemler”. ***İklim değişikliği***, 28 (4), 375-394, 1994.

Caldwell, M. M., Bornman, J. F., Ballaré, C. L., Flint, S. D. ve Kulandaivelu, G., “Terrestrial ecosystems, increased solar ultraviolet radiation, and interactions with other climate change factors”. ***Photochemical & Photobiological Sciences***, 6(3), 252-266, 2007.

Correia, C.M., Pereira, J.M.M., Coutinho, J.F., Björn, L.O. ve Torres-Pereira, J.M., “Ultraviolet-B radiation and nitrogen affect the photosynthesis of maize: a Mediterranean field study”. ***European journal of agronomy***, 22(3), 337-347, 2005.

Dasgan, H.Y., Bayram, M, Kusvuran, S., Coban, G.A., Akhoundnejad, Y., “Screening of tomatoes for their resistance to salinity and drought stress”. ***Journal of Biology, Agriculture and Healthcare***, 8(24): 31-37, 2018.

Dhanda, S.S. ve Sethi, G.S., “Tolerance to drought stress among selected Indian wheat cultivars”. ***The Journal of Agricultural Science***, 139: 319- 326, 2002.

Dolferus, R., "To grow or not to grow: a stressful decision for plants". **Plant Science**, 229, 247-261, 2014.

Doorenbos, J. ve Kassam, A.H., "Yield response to water". **Irrigation and drainage paper**, 33, 257, 1979.

Emanuel, R.E., D'Odorico, P., Epstein, H.E., "A dynamic soil water threshold for vegetation water stress derived from stomatal conductance models". **Water Resour. Res.**, 43, 1–13, 2007.

Erdoğan, Ü., Çakmakçı, R., Varmazyari, A., Turan, M., Erdoğan, Y., Kıtır, N., "Role of inoculation with multi-trait rhizobacteria on strawberries under water deficit stress". **Zemdirbyste-Agricul.**, 103(1): 67–76, 2016.

Escobar-Bravo, R., Klinkhamer, P.G. ve Leiss, K. A., "Interactive effects of UV-B light with abiotic factors on plant growth and chemistry, and their consequences for defense against arthropod herbivores". **Frontiers in Plant Science**, 8, 246867, 2017.

Eşiyok, D., "Kışlık ve yazlık sebze yetiştiriciliği". **Ege Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü**, İzmir, 2012.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N.S.M.A., Fujita, D.B.S.M.A. ve Basra, S.M., "Plant drought stress: effects, mechanisms and management". **Sustainable agriculture**, 153-188, 2009.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A. ve Basra, S.M.A., "Plant drought stress: effects, mechanisms and management". **Agron. Sustain. Dev.** 29, 185–212, 2009.

Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., Siddique, K.H.M., "Drought Stress in Plants: An Overview. In: Aroca, R. (eds) Plant Responses to Drought Stress". **Springer**, Berlin, Heidelberg. pp. 1-33, 2012. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32653-0_1.

Favory, J.J., Stec, A., Gruber, H., Rizzini, L., Oravecz, A., Funk, M. ... ve Ulm, R., "Interaction of COP1 and UVR8 regulates UV-B-induced photomorphogenesis and stress acclimation in Arabidopsis". *The EMBO journal*, 28(5), 591-601 2009.

Feller, U., Vaseva, I. I., "Extreme climatic events: impacts of drought and high temperature on physiological processes in agronomically important plants". *Frontiers in Environmental Science*, 2, 39, 2014.

Fernandez, M.D., Gallardo, M., Bonachwla, S., Orgaz, F., Thompson, R.B., Fereres, F., "Water use and production of a greenhouse pepper crop under optimum and limited water supply". *Journal of Horticultural Science*, 104: 220-247, 2005.

Frohnmeier, H. ve Staiger, D., "Ultraviolet-B radiation-mediated responses in plants. Balancing damage and protection". *Plant physiology*, 133(4), 1420-1428, 2003.

Gammoudi, N., Karmous, I., Zerria, K., Loumerem, M., Ferchichi, A., ve Nagaz, K., "Efficiency of pepper seed invigoration through hydrogen peroxide priming to improve in vitro salt and drought stress tolerance". *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 61, 703-714, 2020.

Ghahremani, Z., Alizadeh, B., Barzegar, T., Nikbakht, J., Ranjbar, M. E., ve Nezamdoost, D. "The mechanism of enhancing drought tolerance threshold of pepper plant treated with putrescine and salicylic acid." *Plant Stress* 9, 100199, 2023.

Gill, S. S., Tuteja, N., "Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants". *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 909-930, 2010.

Goel, A. K., Lundberg, D., Torres, M. A., Matthews, R., Akimoto-Tomiya, C., Farmer, L. ... ve Grant, S.R., "The Pseudomonas syringae type III effector HopAM1 enhances virulence on water-stressed plants". *Molecular plant-microbe interactions*, 21(3), 361-370, 2008.

González-Dugo, V., Orgaz, F., ve Fereres, E., "Responses of pepper to deficit irrigation for paprika production". *Scientia Horticulturae*, 114(2), 77-82, 2007.

Goswami, D., Thakker, J. N. ve Dhandhukia, P. C., “Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review”. **Cogent Food & Agriculture**, 2(1), 1127500, 2016.

Goto, K., Yabuta, S., Ssenyonga, P., Tamaru, S., Sakagami, J. I., “Response of leaf water potential, stomatal conductance and chlorophyll content under different levels of soil water, air vapor pressure deficit and solar radiation in chili pepper (*Capsicum chinense*)”. **Scientia Horticulturae**, 281, 109943, 2021.

Gouinguéné, S.P. ve Turlings, T.C., “The effects of abiotic factors on induced volatile emissions in corn plants”. **Plant physiology**, 129(3), 1296-1307, 2002.

Greenway, H. ve Munns, R., “Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes”. **Annual review of plant physiology**, 31(1), 149-190, 1980.

Gupta, S., Kaushal, R., Sood, G., Dipta, B., Kirti, S., Spehia, R. S., “Water Stress Amelioration and Plant Growth Promotion in Capsicum Plants by Osmotic Stress Tolerant Bacteria”. **International Journal of Plant & Soil Science**, 29(2): 1-12, 2019.

Guruprasad, K., Bhattacharjee, S., Kataria, S., Yadav, S., Tiwari, A., Baroniya, S., Rajiv, A., Mohanty, P., “Growth enhancement of soybean (*Glycine max*) upon exclusion of UV-B and UV-A components of solar radiation, Characterization of photosynthetic parameters in leaves”. **Photosynthesis Research** 94, 299–306, 2007.

Gutbrodt, B., Mody, K. ve Dorn, S., “Drought changes plant chemistry and causes contrasting responses in lepidopteran herbivores”. **Oikos**, 120(11), 1732-1740, 2011.

Gündoğdu, N., “İn vitro koşullarda yetiştirilen biberde eksojen kalsiyum uygulamasının kuraklık stresi zararlarını azaltma üzerine etkisi”. **Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Niğde, s. 97., 2023

Gürsoy, M., “Kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki etkileri”. **5. International Food, Agriculture And Veterinary Sciences Congress**, 2023.

Gyúró, J., “Étkezési paprika. Zöldségtermesztés szabadföldön”. **Mezőgazda Kiadó, Budapest**, 140-149, 2004.

Hamayun, M., Sohn, E.Y., Khan, S. A., Shinwari, Z.K., Khan, A.L., & Lee, I.J., “Silicon alleviates the adverse effects of salinity and drought stress on growth and endogenous plant growth hormones of soybean (*Glycine max* L.)”, **Pakistan journal of botany**, 42(3), 1713-1722, 2010.

Hao, Juan, Panpan Lou, Yidie Han, Lijun Zheng, Jiangjie Lu, Zhehao Chen, Jun Ni, Yanjun Yang, and Maojun Xu. "Ultraviolet-B irradiation increases antioxidant capacity of pakchoi (*Brassica rapa* L.) by inducing flavonoid biosynthesis." **Plants** 11(6), 766, 2022.

Hideg, É., Jansen, M.A. ve Strid, Å., “UV-B exposure, ROS, and stress: inseparable companions or loosely linked associates?” **Trends in plant science**, 18(2), 107-115, 2013.

Hu, W. H., Xiao, Y. A., Zeng, J. J., Hu, X. H., “Photosynthesis, respiration and antioxidant enzymes in pepper leaves under drought and heat stresses”. **Biologia plantarum**, 54, 761-765, 2010.

Huang, G., Wang, L., ve Zhou, Q., “Lanthanum (III) regulates the nitrogen assimilation in soybean seedlings under ultraviolet-B radiation”. **Biological trace element research**, 151, 105-112, 2013.

Iwanzik, W., Tevini, M., Dohnt, G., Voss, M., Weiss, W., Graber, P. ve Renger, G., “Action of UV-B radiation on photosynthetic primary reactions in spinach chloroplasts”. **Physiol Plant** 58:401-407, 1983

Jaleel, C. A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sankar, B., Gopi, R., Somasundaram, R., ve Panneerselvam, R., “Alterations in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in *Catharanthus roseus* exposed to water deficit”. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 59(2), 150-157, 2007.

Jaimez, R.E., Vielma, O., Rada, F., Garcia-Nunez, C., “Effects of water deficit on the dynamics of flowering and fruit production in capsicum. Chinese Jacque in a tropical semiarid region of Venezuela”. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185: 113-119, 2000.

Jansen, M. A., Gaba, V. ve Greenberg, B. M., “Higher plants and UV-B radiation: balancing damage, repair and acclimation”. *Trends in plant science*, 3(4), 131-135, 1998.

Jordan B.R., “The effects of ultraviolet-B radiation on plants: a molecular perspective”. *Advances in Botanical Research* 22, 97–162, 1996.

Kaczmarek, M., Fedorowicz-Strońska, O., Głowacka, K., Waśkiewicz, A. ve Sadowski, J., “CaCl₂ treatment improves drought stress tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.)”. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39, 1-11, 2017.

Kakani, V. G., Reddy, K. R., Zhao, D., VE Mohammed, A. R., “Effects of ultraviolet-B radiation on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) morphology and anatomy”. *Annals of Botany*, 91(7), 817-826, 2003.

Kapoor, D., Bhardwaj, S., Landi, M., Sharma, A., Ramakrishnan, M. ve Sharma, A., “The impact of drought in plant metabolism: How to exploit tolerance mechanisms to increase crop production”. *Applied Sciences*, 10(16), 5692, 2020.

Kataria, S. ve Guruprasad, K. N., “Solar UV-B and UV-A/B exclusion effects on intraspecific variations in crop growth and yield of wheat varieties”. *Field Crops Research*, 125, 8-13, 2012a.

Kataria, S. ve Guruprasad, K. N., “Intraspecific variations in growth, yield and photosynthesis of sorghum varieties to ambient UV (280–400 nm) radiation”. *Plant Science*, 196, 85-92, 2012b.

Katterji, N., Mastrorili, M., Hamdy, A., “Effect of stress at different growth stage on pepper yield”. *Acta Horticulturae*, 335:165-171, 1993.

Kaur, C. ve Kapoor, H.C., “Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium’s health”. *International journal of food science & technology* ,36(7),703-725, 2001.

Kaya, A., Doganlar, Z. B., “Melatonin improves the multiple stress tolerance in pepper (*Capsicum annuum* L.)”. *Scientia Horticulturae*, 256, 108509, 2019.

Keleş, D., “Farklı Biber Genotiplerinin Karakterizasyonu ve Düşük Sıcaklığa Tolerans”. Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2007.

Khan, N., Bano, A., Babar, A., “Metabolic and physiological changes induced by plant growth regulators and plant growth promoting rhizobacteria and their impact on drought tolerance in *Cicer arietinum* L.”. *PLoS ONE* **13**: e0213040, 2019.

Kıran, S., Özkay, F., Kuşvuran, Ş. ve Ellialtıoğlu, Ş. Ş., “Tuz stresine tolerans seviyesi farklı domates genotiplerinin kuraklık stresi koşullarında bazı özelliklerinde meydana gelen değişimler”. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 31(3), 41- 48, 2014.

Kırnak, H., Kaya, C., Değirmenci, V., “Growth and Yield Parameters of Bell Peppers With Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems Under Different Irrigation Levels/Toprak Üstü ve Toprak Altı Damla Sulama Sistemlerinde Farklı Sulama Düzeylerinin Biber Bitkisinin Gelişim ve Verim Özellikleri”. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(4), 383-389, 2002.

Kiegle E, Moore CA, Haseloff J, Tester MA, Knight MR., “Cell-typespecific calcium responses to drought, salt and cold in the Arabidopsis root”. *The Plant Journal*, 23(2): 267-278, 2020.

Kliebenstein, D.J., Lim, J.E., Landry, L.G., ve Last, R.L., “Arabidopsis UVR8 regulates ultraviolet-B signal transduction and tolerance and contains sequence similarity to human regulator of chromatin condensation 1”. *Plant physiology*, 130(1), 234-243, 2002.

Klunklin, W. ve Savage, G., “Effect on quality characteristics of tomatoes grown under well-watered and drought stress conditions”. **Foods**, 6(8), 56, 2017.

Korkmaz, A., Değer, Ö., Kocaçınar, F., “Alleviation of water stress effects on pepper seedlings by foliar application of glycinebetaine”. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, 43(1): 18-31, 2015.

Korkmaz, H. ve Durmaz, A., “Bitkilerin abiyotik stres faktörlerine karşı geliştirilen cevaplar”. **Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 7(2), 192-207, 2017.

Kosová, K., Vítámvás, P., Prášil, I. ve Renaut, J., “Abiyotik stres altında bitki proteomu değişiklikleri- proteomik çalışmalarının bitki stres tepkisinin anlaşılmasına katkısı”. **Proteomik Dergisi**, 74 (8), 1301-1322, 2011.

Köksal, E. S., Üstün, H., İlbeyi, A., “Bodur yeşil fasulyenin sulama zamanı göstergesi olarak yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi sınır değerleri”. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 24 (1), 25- 36, 2010.

Kramer, G.F., Norman, H.A., Krizek, D.T. ve Mirecki, R.M., “Influence of UV-B radiation on polyamines, lipid peroxidation and membrane lipids in cucumber”. **Phytochemistry**, 30(7), 2101-2108, 1991.

Kulkarni M. and Deshpande U. “In-vitro screening of tomato genotypes for drought resistance using polyethylene glycol”, **Afr. J. Biotechnol.**, 6, 691-696, 2007.

Kumar, S. ve Rai, M., “Chile in India”. **Chile Pepper Institute Newsletter** (XXII), pp. 1–3. 2005.

Kuroda M., Qzawa T. and Imagawa H., “Changes in chloroplast peroxidase activities in relation to chlorophyll loss in barley leaf segments”, **Physiol. Plant.**, 80, 555-560, 1990.

Kusano, M., Tohge, T., Fukushima, A., Kobayashi, M., Hayashi, N., Otsuki, H. ... ve Fernie, A.R., “Metabolomics reveals comprehensive reprogramming involving two

independent metabolic responses of Arabidopsis to UV-B light”. **The Plant Journal**, 67(2), 354-369, 2011.

Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., Abak K., “Farklı kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri”. **Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences**, 21(3), 209-219, 2011.

Kuşvuran, Ş., Kıran, S. U., Altuntaş, Ö., “The morphological, physiological and biochemical effects of drought in different pepper genotypes”. **Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology**, 8(6), 1359-1368, 2020.

Kutlu, İ., “Tahıllarda Kuraklık Stresi”. **Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi**, 3(1): 35-41, 2010.

Latif, F., Ullah, F., Mehmood, S., Khattak, A., Khan, A. U., Khan, S., Husain, I., “Effects of salicylic acid on growth and accumulation of phenolics in Zea mays L. under drought stress “. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science**, 66(4), 325-332, 2016.

Levitt, J., “Chilling, freezing, and high temperature stresses (Vol. 1)”. **Elsevier**, 2012.

Liu, F. ve Stutzel, H., “Biomass partitioning, specific leaf area and water use efficiency of vegetable amaranth (Amaranthus spp.) in response to drought stress”. **Scientia Horticulturae**, 102 (1): 15-27, 2004.

Lydon, J., Teramura, A.H. ve Coffman, C.B., “UV-B radiation effects on photosynthesis, growth and cannabinoid production of two Cannabis sativa chemotypes”. **Photochemistry and Photobiology**, 46(2), 201-206, 1987.

Ma, X., Li, Y., Gai, W. X., Li, C., Gong, Z. H., “The CaCIPK3 gene positively regulates drought tolerance in pepper”. **Horticulture Research**, 8, 216, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00651-7>.

Malika, L. Y., Deshabandu, K. T., De Costa, W. J. M., Ekanayake, S., Herath, S., Weerakoon, W.W., “Physiological traits determining tolerance to intermittent drought in the *Capsicum annuum* complex”. ***Scientia Horticulturae***, 246, 21-33, 2019

Mardani, S., Tabatabaei, S. H., Pessarakli, M. ve Zareabyaneh, H., “Physiological responses of pepper plant (*Capsicum annuum* L.) to drought stress”. ***Journal of plant nutrition***, 40(10), 1453-1464, 2017.

Mahmood, T., Rana, R. M., Ahmar, S., Saeed, S., Gulzar, A., Khan, M. A., ... & Du, X., “Effect of drought stress on capsaicin and antioxidant contents in pepper genotypes at reproductive Stage”. ***Plants***, 10(7), 1286, 2021.

Mark, U. ve Tevini, M., “Combination effects of UV-B radiation and temperature on sunflower (*Helianthus annuus* L., cv. Polstar) and maize (*Zea mays* L, cv. Zenit 2000) seedlings”. ***Journal of plant physiology***, 148(1-2), 49-56, 1996.

Marthandan, V., Geetha, R., Kumutha, K., Renganathan, V. G., Karthikeyan, A., Ramalingam, J., “Seed priming: a feasible strategy to enhance drought tolerance in crop plants”. ***International journal of molecular sciences***, 21(21), 8258, 2020.

Martín-Closas, L. L. ve Recasens, X., “Effect of substrate type (perlite and tuff) in the water and nutrient balance of a soilless culture rose production system”. ***In V International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Current Trends for Sustainable Technologies*** 559 (pp. 569-574), Mart 2000.

Maynard, D. N. ve Hochmuth, G. J., “Knott's handbook for vegetable growers”. ***John Wiley & Sons***, 2006.

Mazza, C. A., Battista, D., Zima, A. M., Szwarcberg-Bracchitta, M., Giordano, C. V., Acevedo, A. ... ve Ballaré, C. L., “The effects of solar ultraviolet-B radiation on the growth and yield of barley are accompanied by increased DNA damage and antioxidant responses”. ***Plant, Cell & Environment***, 22(1), 61-70, 1999.

Mazza, C. A., Boccalandro, H. E., Giordano, C. V., Battista, D., Scopel, A. L. ve Ballaré, C. L., “Functional significance and induction by solar radiation of ultraviolet-absorbing sunscreens in field-grown soybean crops”. *Plant physiology*, 122(1), 117-126, 2000.

McDonald, M.B., “Seed priming. In: Black, M., Bewley, J.D. (ed.) Seed Technology and Its Biological Basis”. 287-325. *Sheffield Academic Press*, Sheffield, UK, 2000.

McKenzie, R. L., Björn, L. O., Bais, A. ve Ilyas, M., “Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface”. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 2(1), 5-15, 2003.

McKenzie, R. L., Aucamp, P. J., Bais, A. F., Björn, L. O., Ilyas, M., ve Madronich, S., “Ozone depletion and climate change: impacts on UV radiation”. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 10(2), 182-198, 2011.

Middleton, E.M. ve Teramura, A.H., “The role of flavonol glycosides and carotenoids in protecting soybean from ultraviolet-B damage”. *Plant physiology*, 103(3), 741-752, 1993.

Mitra, J., “Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants”. *Current Science*, 758-763, 2001.

Monk, L.S., Fagerstedt, K.V. ve Crawford, R.M., “Oxygen toxicity and superoxide dismutase as an antioxidant in physiological stress”. *Physiologia Plantarum*, 76(3), 456-459, 1989.

Moosavi, A., Tavakkol Afshari, R., Sharif-Zadeh, F., Ayneband, A., “Effect of seed priming on germination characteristics, polyphenoloxidase, and peroxidase activities of four amaranth cultivars”. *J. Food Agric. Environ*, 7(3-4), 353-358, 2009.

Moussa, H.R. ve Khodary, S.D.K., “Changes in growth and ¹⁴CO₂ fixation of *Hordeum vulgare* and *Phaseolus vulgaris* induced by UV- B radiation”. *Journal of Agriculture and Social Sciences* 4, 59–64, 2008.

Murali, N.S. ve Teramura, A.H., “Effect of UV-B irradiance on soybean. VI. Influence of phosphorus nutrition of growth and flavonoid content”. *Plant Physiology* 63, 413–416, 1985.

Musil, C. F., Björn, L. O., Scourfield, M. W. J. ve Bodeker, G. E., “How substantial are ultraviolet-B supplementation inaccuracies in experimental square-wave delivery systems?” *Environmental and Experimental Botany*, 47(1), 25-38, 2002.

Naeem, M., Iqbal, M., Shakeel, A., Ul-Allah, S., Hussain, M., Rehman, A., Zafar, Z.U., Ashraf, M., “Genetic basis of ion exclusion in salinity stressed wheat: Implications in improving crop yield”. *Plant Growth Regulation*, 92, 479-496, 2020.

Naeem M., Naeem M. S., Ahmad R., Ihsan M. Z., Ashraf M. Y., Hussain Y., and Fahad S., “Foliar calcium spray confers drought stress tolerance in maize via modulation of plant growth, water relations, proline content and hydrogen peroxide activity”, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(1), 116–131, 2017.

Naidu, S.L., Sullivan, J.H., Teramura, A.H., ve DeLucia, E. H., “The effects of ultraviolet-B radiation on photosynthesis of different aged needles in field-grown loblolly pine”. *Tree Physiology*, 12(2), 151-162, 1993.

Nakashima, K., Yamaguchi-Shinozaki, K. ve Shinozaki, K. “The transcriptional regulatory network in the drought response and its crosstalk in abiotic stress responses including drought, cold, and heat”. *Frontiers in plant science*, 5, 85756, 2014.

Nawaz, J., Hussain, M., Jabbar, A., Nadeem, G. A., Sajid, M., Subtain, M. U., Shabbir, I., “Seed priming a technique”. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6(20), 1373, 2013.

Nguyen, D., D'Agostino, N., Tytgat, T. O., Sun, P., Lortzing, T., Visser, E. J. ... ve Rieu, I., “Drought and flooding have distinct effects on herbivore-induced responses and resistance in *Solanum dulcamara*”. *Plant, cell & environment*, 39(7), 1485-1499, 2016.

Nogués, S., Allen, D.J., Morison, J.I. ve Baker, N.R., “Ultraviolet-B radiation effects on water relations, leaf development, and photosynthesis in droughted pea plants”. ***Plant physiology***, 117(1), 173-181, 1998.

Oguz, M.C., Aycan, M., Oguz, E., Poyraz, I., Yildiz, M., “Drought Stress Tolerance in Plants: Interplay of Molecular, Biochemical and Physiological Responses in Important Development Stages”. ***Physiologia***, 2, 180–197, 2022.

Okunlola, G.O., Olatunji, O.A., Akinwale, R.O., Tariq, A., Adelusi, A.A., “Physiological response of the three most cultivated pepper species (*Capsicum* spp.) in Africa to drought stress imposed at three stages of growth and development”. ***Scientia Horticulturae***, 224, 198-205, 2017.

Oliveira, I.C.M., Guilhen, J.H.S., de Oliveira Ribeiro, P.C., Gezan, S.A., Schaffert, R.E., Simeone, M.L.F., Pastina, M.M., “Genotype-by environment interaction and yield stability analysis of biomass sorghum hybrids using factor analytic models and environmental covariates”. ***Field Crops Research***, 257, 107929, 2020.

Ormrod D.P. ve Hale B.A., “Physiological response of plants and crops to ultraviolet-B radiation stress. In: Pessarakli M (ed)”. ***Handbook of Plant and Crop Physiology***. pp 761–770. Marcel Dekker Inc., New York, 1995.

Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K. ve Tran, L.S.P. “Response of plants to water stress”. ***Frontiers in plant science***, 5, 76566, 2014.

Ozbay N., “Studies on Seed Priming in Pepper (*Capsicum annuum* L.). In: Rakshit A., Singh H. (eds) *Advances in Seed Priming*”. ***Springer***, Singapore, 2018. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0032-5_12.

Ozturk, M., Turkyilmaz Unal, B., García-Caparrós, P., Khursheed, A., Gul, A., Hasanuzzaman, M., “Osmoregulation and its actions during the drought stress in plants”. ***Physiologia plantarum***, 172(2), 1321-1335, 2021.

Pagariya, M. C., Devarumath, R. M., Kavar, P. G., “Biochemical characterization and identification of differentially expressed candidate genes in salt stressed sugarcane”. *Plant science*, 184, 1-13, 2012.

Pal, M., Sharma, A., Abrol Y.P., Sengupta U.K., “Exclusion of solar UV-B radiation from normal spectrum on growth of mungbean and maize”. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 61, 29–34, 1997.

Pal, M., Zaidi, P.H., Voleti, S.R., Raj, A., “Solar UV-B exclusion effect on growth and photosynthetic characteristics of wheat and pea”. *Journal of New Seeds* 8, 19–34, 2006.

Pamungkas, S.S.T., Farid, N., “Drought stress: responses and mechanism in plants”. *Reviews in Agricultural Science*, 10, 168-185, 2022.

Parry, M. A. J., Flexas, J., Medrano, H., “Prospects for crop production under drought: research priorities and future directions”. *Annals of applied biology*, 147(3), 211-226, 2005.

Paula, A. ve Gutiérrez, A. L., “Drought preparedness in Brazil”. *Weather and Climate Extremes*, 3: 95-106, 2014.

Peet, M. M. ve Wolfe, D. W., “Crop ecosystem responses to climatic change: vegetable crops”. *Climate change and global crop productivity*, 213-243, 2000.

Pill, W.G., “Low water potential and pre-sowing germination treatments to improve seed quality. Seed Quality”. Editör: Basra, A. S. New York: *Food Products Press*, 1995.

Rajabbeigi, E., Eichholz, I., Beesk, N., Ulrichs, C., Kroh, L.W., Rohn, S. ve Huyskens-Keil, S., “Interaction of drought stress and UV-B radiation-impact on biomass production and flavonoid metabolism in lettuce (*Lactuca sativa* L.)”. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 86(1), 2013.

Rizzini, L., Favory, J.J., Cloix, C., Faggionato, D., O'hara, A., Kaiserli, E. ... ve Ulm, R., "Perception of UV-B by the Arabidopsis UVR8 protein". **Science**, 332(6025), 103-106, 2011.

Rodríguez-Calzada, T., Qian, M., Strid, Å., Neugart, S., Schreiner, M., Torres-Pacheco, I. ve Guevara-González, R.G., "Effect of UV-B radiation on morphology, phenolic compound production, gene expression, and subsequent drought stress responses in chili pepper (*Capsicum annuum* L.)". **Plant Physiology and Biochemistry**, 134, 94-102, 2019.

Roy Macauley H., Zuily Fodil Y., Kidric M., Thi A. P., and de Silva J. V.. "Effect of drought stress on proteolytic activities in Phaseolus and Vigna leaves from sensitive and resistant plants", **Physiologia Plantarum**., 85(1), 90-96, 1992.

Saba, J., Moghadam, M., Ghasemi, K., Nishabouri, M.R., "Genetic properties of drought resistance indices". **J Agr Sci Tech-Iran**, 3(1), 43– 49, 2001.

Sadak A., "Kuraklık stresi altındaki biber fidelerinde PGPR uygulamaların etkisi". Yüksek Lisans Tezi, **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Van, s. 61, 2018.

Salisbury, F. B. ve Ross, C. W., **Plant Physiology**. 4.ed. Wadsworth Publishing Company, Belmont, 682p, 1992.

Sancar, A., Lindsey-Boltz, L. A., Ünsal-Kaçmaz, K. ve Linn, S., "Molecular mechanisms of mammalian DNA repair and the DNA damage checkpoints". **Annual review of biochemistry**, 73(1), 39-85, 2004.

Sánchez, F. J., Manzanares, M., de Andrés, E. F., Tenorio, J. L. ve Ayerbe, L., "Residual transpiration rate, epicuticular wax load and leaf colour of pea plants in drought conditions. Influence on harvest index and canopy temperature". **European Journal of Agronomy**, 15(1), 57-70, 2001.

Sáenz-de la O, D., Morales, L. O., Strid, Å., Torres-Pacheco, I., & Guevara-González, R. G. “Ultraviolet-B exposure and exogenous hydrogen peroxide application lead to cross-tolerance toward drought in *Nicotiana tabacum* L. **Physiologia Plantarum**, 173(3), 666-679, 2021.

Schmidt, A.M., Ormrod, D.P., Livingston, N.J. ve Misra, S., “The interaction of ultraviolet-B radiation and water deficit in two *Arabidopsis thaliana* genotypes”. **Annals of Botany**, 85(4), 571-575, 2000.

Schmitz-Hoerner, R. ve Weissenböck, G., “Contribution of phenolic compounds to the UV-B screening capacity of developing barley primary leaves in relation to DNA damage and repair under elevated UV-B levels”. **Phytochemistry**, 64(1), 243-255, 2003.

Sen, A., & Puthur, J. T., “Influence of different seed priming techniques on oxidative and antioxidative responses during the germination of *Oryza sativa* varieties”, **Physiology and Molecular Biology of Plants**., 26, 551-565, 2021.

Sen, A., Challabathula, D., & Puthur, J. T. “UV-B priming of *Oryza sativa* seeds augments the innate tolerance potential in a tolerant variety more effectively toward NaCl and PEG stressors”. **Journal of Plant Growth Regulation**, 40, 1166-1180, 2021.

Sen, A., Puthur, J. T., Challabathula, D., & Brestič, M. “Transgenerational effect of UV-B priming on photochemistry and associated metabolism in rice seedlings subjected to PEG-induced osmotic stress”. **Photosynthetica**, 60(2), 2022.

Sharma, S., Chatterjee, S., Kataria, S., Joshi, J., Datta, S., Vairale, M. G. ve Veer, V., “A review on responses of plants to UV-B radiation related stress”. **UV-B Radiation: From Environmental Stressor to Regulator of Plant Growth**, 75-97, 2017.

Singleton, V.L. ve Rossi, J.A. “Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents”. **American Journal of Enology and Viticulture**, 16,144-158, 1965.

Smillie, R.M., "Chlorophyll fluorescence in vivo as a probe for rapid measurement of tolerance to ultraviolet radiation". *Plant science letters*, 28(3), 283-289, 1983.

Strid, Å., Chow, W.S. ve Anderson, J.M., "Effects of supplementary ultraviolet-B radiation on photosynthesis in *Pisum sativum*". *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, 1020(3), 260-268, 1990.

Sullivan, J.H. ve Teramura, A.H., "Field study of the interaction between solar ultraviolet-B radiation and drought on photosynthesis and growth in soybean". *Plant Physiology*, 92(1), 141-146, 1990.

Sullivan, J.H., Teramura, A.H., Adamse, P., Kramer, G.F., Upadhyaya, A., Britz, S.J., Krizek, D.T. ve Mirecki, R.M., "Comparison of the responses of soybean irradiated with contrasting UV-B delivery systems. In: Biggs RH (ed) Proceedings of the NATO Advanced Research Conference on Stratospheric Ozone Depletion/ UV-B Radiation in the Environment". *Springer-Verlag*, Berlin (in press), 1993.

Teramura, A.H., "Effects of ultraviolet-B radiation on the growth and yield of crop plants". *Physiologia Plantarum*, 58(3), 415-427, 1983.

Teramura, A.H., Sullivan, J.H. ve Lydon, J., "Effects of UV-B radiation on soybean yield and seed quality: a 6-year field study". *Physiologia Plantarum*, 80(1), 5-11, 1990b.

Teramura, A.H., Tevini, M. ve Iwanzik, W., "Effects of ultraviolet-B irradiation on plants during mild water stress. I. Effects on diurnal stomatal resistance". *Physiologia plantarum*, 57(2), 175-180, 1983.

Terzi, R. & Kadioğlu, A., "Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system in *Ctenanthe setosa*", *Acta biologica cracoviensia series botanica.*, 48 (2), 89-96, 2006.

Tevini, M., Iwanzik, W. ve Teramura, A.H., "Effects of UV-B radiation on plants during mild water stress II. Effects on growth, protein and flavonoid content". *Zeitschrift für pflanzenphysiologie*, 110(5), 459-467, 1983.

Tevini, M., Grusemann, P., ve Fieser, G., “Assessment of UV-B stress by chlorophyll fluorescence analysis”. In *Applications of Chlorophyll Fluorescence in Photosynthesis Research, Stress Physiology, Hydrobiology and Remote Sensing: An introduction to the various fields of applications of the in vivo chlorophyll fluorescence also including the proceedings of the first International Chlorophyll Fluorescence Symposium held in the Physikzentrum, Bad Honnef, FRG, 6–8 June 1998* (pp. 229-238). **Springer Netherlands**, 1988.

Tevini, M., Braun, J. ve Fieser, G., “The protective function of the epidermal layer of rye seedlings against ultraviolet-B radiation”. ***Photochemistry and Photobiology***, 53(3), 329-333, 1991.

Thiagarajan, A., Lada, R. R. ve Adams, A., “Optimizing photosynthetically active radiation and moisture regimes can enhance water use efficiency in carrots”. ***Acta horticulturae***, 767, 53-58, 2008.

Thomas, D.T., Dinakar, C., & Puthur, J. T. “Effect of UV-B priming on the abiotic stress tolerance of stress-sensitive rice seedlings: Priming imprints and cross-tolerance”. ***Plant Physiology and Biochemistry***, 147, 21-30, 2020.

Thomas, D. T., & Puthur, J.T., “Amplification of abiotic stress tolerance potential in rice seedlings with a low dose of UV-B seed priming”, ***Functional plant biology.***, 46(5), 455-466, 2019.

Tuberosa, R., “Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era”. ***Frontiers in Physiology***, 3, 28919, 2012.

Tukey, J. W., “Causation, Regression, and Path Analysis”, ***Statistics and mathematics in biology.***, 35-66, 1954.

Turhan, A. ve Özmen, N., “Klor Uygulamalarının Biber Bitkisinin Gelişimi, Meyve Verimi ve Bazı Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi”. ***Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi***, 24(6), 1139-1144, 2021.

Turner, N.C., Blum, A., Cakir, M., Steduto, P., Tuberosa, R. ve Young, N., “Strategies to increase the yield and yield stability of crops under drought—are we making progress?” **Functional Plant Biology**, 41(11), 1199-1206, 2014.

UNESCO., “World water assessment program. The United Nations World Water Development Report 3: Water in a changing world”. **UNESCO**, Paris and Earthscan, London, 2009.

Upreti, K.K. ve Sharma, M., “Role of plant growth regulators in abiotic stress tolerance. In Abiotic stress physiology of horticultural crops”. 19- 46. **Springer**, New Delhi, 2016.

Van den Berg L. and Zeng Y.J. “Response of South African indigenous grass species to drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000”, **South Afr. J. Bot.**, 72(2), 284-286, 2006.

Vejan, P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S., Nasrulhaq Boyce, A., “Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability—a review”. **Molecules**, 21(5), 573, 2016.

Wang, Y., Zhang, X., Chen, J., Chen, A., Wang, L., Guo, X., Niu, Y., Liu, S., Mi G., Gao, Q., “Reducing basal nitrogen rate to improve maize seedling growth, water and nitrogen use efficiencies under drought stress by optimizing root morphology and distribution”. **Agricultural Water Management**, 212, 328-337, 2019.

Wassie, W. A., Andualem, A. M., Molla, A. E., Tarekegn, Z. G., Aragaw, M. W. ve Ayana, M. T., “Growth, Physiological, and Biochemical Responses of Ethiopian Red Pepper (*Capsicum annum* L.) Cultivars to Drought Stress”. **The Scientific World Journal**, 2023, Article ID 4374318.

Wellman, E., “UV radiation: Definitions, characteristics and general effects”. **Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Photomorphogenesis**, 16, 745-756, 1983.

Wellmann, E., “UV-B-Signal/Response-Beziehungen unter natürlichen und artifiziellen Lichtbedingungen”. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 98(1), 99-104, 1985.

Witham, F.H., Blayles, D.F. and Devlin, R.M. “Experiments in plant physiology”, *New York, Van Nostrand Reinhold Company.*, 55-56p., 1971.

Xu, C., Li, X. and Zhang, L., “The Effect of Calcium Chloride on Growth, Photosynthesis, and Antioxidant Responses of *Zoysia japonica* under Drought Conditions”, *PLoS ONE*, 8(7), e6821, 2013.

Yaban, İ. ve Kabay, T., “Kuraklığın Urfa Biberi Genotiplerinde Bitki Gelişimine Etkisi”. *Ejona International Journal*, 2(6), 76-83, 2018.

Yalçın, B., “Yöresel ürünlerin pazarlanması üzerine değerlendirmeler”. *Akdeniz Sanat*, 6(11), 2013.

Yao YiNan, Y. Y., Yang YongQing, Y. Y., Li Yuan, L. Y. ve Lutts, S., “Intraspecific responses of *Fagopyrum esculentum* to enhanced ultraviolet B radiation”. *Plant Growth Regulation* 56, 297–306, 2008.

Yavaş, İ., Akgül, H., N., Ünay, A., “The Applications to Increase Drought Tolerance of Plants”. *Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology*, 4(1):48-57, 2016.

Yildirim, E., Ekinçi, M., Turan, M., Ağar, G., Ors, S., Dursun, A., Kul, R., Akgül, G., “Physiological and Biochemical Changes of Pepper Cultivars Under Combined Salt and Drought Stress”. *Gesunde Pflanzen*, 74(3), 675-683, 2022.

Zangerl, A.R. ve Berenbaum, M.R., “Furanocoumarins in wild parsnip: effects of photosynthetically active radiation, ultraviolet light, and nutrients”. *Ecology*, 68(3), 516-520, 1987.

Zatykó, L., “A paprika biológiai igényei. In: Zatykó, L., Márkus, F. (ed): Étkezési és fűszerpaprika termesztése”. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*. pp. 7–11. ISBN 978-963-286-566-9, 2006.

Ziska, L.H. ve Teramura, A.H., “CO₂ enhancement of growth and photosynthesis in rice (*oryza sativa*) modification by increased ultraviolet-B radiation”. *Plant Physiology*, 99(2), 473-481, 1992.

Ziska, L.H., Teramura, A.H. ve Sullivan, J.H., “Physiological sensitivity of plants along an elevational gradient to UV-B radiation”. *American journal of botany*, 79(8), 863-871, 1992.

Ziska, L.H., Teramura, A.H., Sullivan, J.H. ve McCoy, A., “Influence of ultraviolet-B (UV-B) radiation on photosynthetic and growth characteristics in field-grown cassava (*Manihot esculentum* Crantz)”. *Plant, Cell & Environment*, 16(1), 73-79, 1993.

Zivanovic, B., Vidovic, M., KOMIC, S.M., Jovanovic, L., Kolarz, P., Morina, F. ve JOVANOVIĆ, S. V., “Contents of phenolics and carotenoids in tomato grown underpolytunnels with different UV-transmission rates”. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(2), 113-120, 2017.

ÖZ GEÇMİŞ

tarihinde dünyaya gelen Sümeyra ALTINTAS, İlk ve orta öğretimini I ilçesinde tamamlayıp bölümünü yılında bitirdi. yılında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Biyoteknoloji bölümüne dikey geçiş yaparak yılında lisans öğrenimini tamamlayıp mezun oldu. yılında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı.

