



**BİBER FİDELERİNDE KURAKLIK VE TUZ
STRESİNİN BİTKİ GELİŞİMİ, BESİN MADDESİ
İÇERİĞİ, BAZI BİYOKİMYASAL VE
FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Gökçe AKGÜL

**Yüksek Lisans Tezi
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Sebze Yetiştiriciliği ve Islahı Bilim Dalı
Prof. Dr. Ertan YILDIRIM**

2019

Her Hakkı Saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİBER FİDELERİNDE KURAKLIK VE TUZ STRESİNİN BİTKİ
GELİŞİMİ, BESİN MADDESİ İÇERİĞİ, BAZI BİYOKİMYASAL
VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Gökçe AKGÜL

**BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
Sebze Yetiştiriciliği ve Islahı Bilim Dalı**

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**BİBER FİDELERİNDE KURAKLIK VE TUZ STRESİNİN BİTKİ GELİŞİMİ,
BESİN MADDESİ İÇERİĞİ, BAZI BİYOKİMYASAL VE FİZYOLOJİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Prof. Dr. Ertan YILDIRIM danışmanlığında, Gökçe AKGÜL tarafından hazırlanan bu çalışma, 16/12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Sebze Yetiştiriciliği ve İslahı Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği (3/3)** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Ertan YILDIRIM

İmza :

Üye : Doç.Dr. Melek EKİNCİ

İmza :

Üye : Dr.Öğr.Üyesi. Halil İbrahim ÖZTÜRK

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun 26.12.2019 tarih ve 50.../...04... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP, projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 6141

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİBER FİDELERİNDE KURAKLIK VE TUZ STRESİNİN BİTKİ GELİŞİMİ BESİN MADDESİ İÇERİĞİ, BAZI BİYOKİMYASAL VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Gökçe AKGÜL

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Sebze Yetiştiriciliği ve Islahı Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ertan YILDIRIM

Bu çalışma, dünyada ve ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan biberde fide döneminde kontrol grubu dahil olmak üzere üç farklı tuz (0, 75, 150 mM NaCl) ve üç farklı kuraklık seviyesinin (tarla kapasitesinin %100, %75 ve %50'si) bitki gelişimi, besin maddesi içeriği ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonları belirlemek amacıyla Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma Seraları ve Laboratuvarlarında 2017 yılında yürütülmüştür. Denemede bitkisel materyal olarak Yalova çarliston ve Maraş biber (*Capsicum annuum* L.) çeşitleri kullanılmıştır. Araştırma bulgularına göre incelenen kriterler bakımından uygulamalar ve dozlar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Tuzlu ve kurak şartlarda yetiştirilen biber fidelerinde uygulamaların bitki gelişimi (taze, kuru ağırlık vb.), bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler (doku elektrik iletkenliği, stoma iletkenliği, doku oransal su içeriği, amino asit, antioksidan enzim vb.) ve bitki besin element içeriği üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Gerek tuzluluk gerekse kuraklık stres koşulları biberde bitki gelişimi ile fotosentetik aktivite, klorofil miktarı gibi bazı özellikler üzerine olumsuz etki göstermiş olup, bu etki iki stres faktörünün bir arada kullanıldığı uygulamalarda daha da artmıştır. Stres koşullarına karşı biber fideleri antioksidan enzim aktivitesi, besin maddesi alımı, prolin/şeker içeriği gibi parametrelerde değişim göstererek adaptasyon sağlamaya çalışmışlardır. Çalışmada ayrıca, tuzluluğun ve kurak koşulların birlikte fideler üzerine meydana getirdiği olumsuz etkinin ayrı ayrı verdikleri olumsuz etkiden daha fazla olduğu ortaya konulmuştur.

2019, 61 sayfa

Anahtar Kelimeler: Biber, kuraklık, tuz stresi, biyokimyasal özellikler

ABSTRACT

Master Thesis

THE EFFECT OF DROUGHT AND SALT STRESS ON PLANT GROWTH, NUTRIENT CONTENT, SOME BIOCHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL PROPERTIES IN PEPPER SEEDLING

Gökçe AKGÜL

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Horticulture
Vegetable Growing and Breeding Department

Supervisor: Prof. Dr. Ertan YILDIRIM

This study was conducted to determine the effects of different irrigation levels (full irrigation (100%), 80% and 60% of field capacity) and salinity levels (0, 75 and 150 mM NaCl) on plant growth, nutrient content, some physiological and biochemical reactions of pepper seedlings in 2017 in Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture under laboratory and greenhouse conditions. Yalova çarliston and Maraş pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars were used as plant material in the experiment. According to study findings, it was determined that differences between treatments were statistically important. The pepper seedling grown under salinity and drought conditions were affected regarding to plant growth parameters (fresh and dry weight ect.), some plant physiological and biochemical parameters (tissue electrical conductivity, stomatal conductance, amino acid and antioxidant enzyme content ect.) and plant nutrient element content. Both salinity and drought conditions negatively affected plant growth, photosynthetic activity and chlorophyll content. Pepper seedlings against stress conditions tried to provide adaptation by changing parameters such as antioxidant enzyme activity, nutrient uptake, proline/sugar content. Furthermore, this negative effect was more distinctive in salinity and drought conditions together.

2019, 61 pages

Keywords: Pepper, drought, salt stress, biochemical characteristics

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin başlamasından tamamlanmasına kadar geçen süre içerisinde çalışma konumu belirleyen, çalışma sürem boyunca desteklerini üzerimden hiç eksik etmeyen, maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen danışmanım; Sayın Prof. Dr. Ertan YILDIRIM'a, denemenin kurulması, yürütülmesinde tecrübelerini esirgemeyen denememin her aşamasında yanımda olan saygıdeğer hocam Sayın Doç. Dr. Melek EKİNCİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Yardım ve desteğini dostluklarını hep hissettiğim, her zaman hissedeceğim hocam Sayın Arş. Gör. Raziye KUL'a teşekkür ederim.

Çalışmamızın yürütülmesinde maddi destek sağlayan Üniversitemiz BAP birimine (**Proje No: 6141**) teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın her aşamasında yanımda olan maddi ve manevi hiçbir yardımı benden esirgemeyen canım aileme saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Gökçe AKGÜL

Aralık, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Bitkilerde Kuraklık Stresi	5
2.2. Bitkilerde Tuzluluk Stresi	9
3. MATERYAL ve YÖNTEM	16
3.1. Deneme Materyali	16
3.2. Yöntem	16
3.2.1. Tohum ekimi, fide yetiştiriciliği ve denemenin kurulması	16
3.2.2. Tuz ve sulama uygulamaları	18
3.3. Ölçüm, Tartım ve Gözlemler	19
3.4. Bitki Analizleri	24
3.4.1. Azot tayini	24
3.4.2. Diğer besin elementlerinin tayini (P, K, Ca, Mg, Fe, Cl, Zn, B, Na)	24
3.4.3. Bitkilerde antioksidant enzimler (Peroksidaz, Katalaz, Süperoksitdismutaz)'in ekstraksiyonu	24
3.4.3.a. Katalaz (CAT - EC: 1.11.1.6) aktivitesinin belirlenmesi	24
3.4.3.b. Peroksidaz (POD - EC: 1.11.1.7) aktivitesinin belirlenmesi	25
3.4.3.c. Süperoksit dismutaz (SOD – EC: 1.15.1.1) aktivitesinin belirlenmesi	25
3.4.4. Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) analizi	25
3.4.5. Lipid peroksidasyon (Malondialdehid -MDA) analizi	25
3.4.6. Amino asit (Prolin) miktarı	25
3.4.7. Karbonhidrat (Sakkaroz) analizi	25

3.5. İstatiksel Analizler.....	26
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	27
4.1. Uygulamaların biber fidelerinde bitki gelişimi üzerine etkisi.....	27
4.2. Uygulamaların biber fidelerinde hasar indeksi, DOSİ ve EC üzerine etkisi.....	33
4.3. Uygulamaların biber fidelerinde fotosentetik aktivite (Pn), stomatal iletkenlik (Gs), CO ₂ içeriği (Ci) ve transpirasyon hızı (Tr) üzerine etkisi	35
4.4. Uygulamaların biber fidelerinde yaprak bitki besin elementi içeriği üzerine etkisi	36
4.5. Uygulamaların biber fidelerinde H ₂ O ₂ , MDA, prolin ve sakkaroz içeriği üzerine etkisi	40
4.6. Uygulamaların biber fidelerinde CAT, POD ve SOD aktivitesi üzerine etkisi...	41
5. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER	44
5.1. Tartışma.....	44
5.1.1. Kuraklık ve tuz stresinin biberde bitki gelişimi üzerine etkisi	44
5.1.2. Kuraklık ve tuz stresinin biberde hasar indeksi, DOSİ ve EC üzerine etkisi ...	46
5.1.3. Kuraklık ve tuz stresinin biber fidelerinde fotosentetik aktivite (Pn), stomatal iletkenlik (Gs), CO ₂ içeriği (Ci) ve transpirasyon hızı (Tr) üzerine etkisi.....	47
5.1.4. Kuraklık ve tuz stresinin biber fidelerinde yaprak bitki besin elementi içeriği üzerine etkisi	47
5.1.5. Kuraklık ve tuz stresinin biber fidelerinde H ₂ O ₂ , MDA, prolin ve sakkaroz içeriği üzerine etkisi	48
5.1.6. Kuraklık ve tuz stresinin biber fidelerinde CAT, POD ve SOD aktivitesi üzerine etkisi	50
5.2. Sonuç ve Öneriler	51
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	62

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°	Derece
cm	Santimetre
g	Gram
kg	Kilogram
m	Metre
m ²	Metre kare
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
ng/μl	Nanogram /mikrolitre
μmol	Mikromol
SOD	Süperoksid dismutaz
POD	Peroksidaz
CAT	Katalaz
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
EC	Elektiriksel iletkenlik
MDA	Malondialdehit
P	Fosfor
K	Potasyum
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
Fe	Demir
Cl	Klor
Zn	Çinko
B	Bor
Na	Sodyum

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Serada viyollerde yetiştirilen biber fidelerinden genel bir görünüm.....	17
Şekil 3.2. Serada saksılarda yetiştirilen biberlerden genel bir görünüm.....	17
Şekil 3.3. Deneme boyunca sera içerisinde ölçülen günlük en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri.....	18
Şekil 3.4. Taşınabilir nem ölçer	19
Şekil 3.5. Bitki hasadı	20
Şekil 3.6. SPAD-502	21
Şekil 3.7. Yaprak alan ölçer	22
Şekil 3.8. Doku oransal su içeriğinin belirlenmesi	23
Şekil 3.9. Çalışmada kullanılan LI-6400XT portatif fotosentez ölçer.....	23
Şekil 4.1. Kuraklığın biber fidelerindeki etkisi (orijinal)	27
Şekil 4.2. Tuzluluk ve kuraklığın biber fidelerindeki etkisi (orijinal).....	28

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde fide boyu ve gövde çapı	29
Çizelge 4.2. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde yaprak sayısı ve yaprak alanı	30
Çizelge 4.3. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde taze gövde ağırlığı ve taze kök ağırlığı	31
Çizelge 4.4. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde gövde kuru ağırlığı ve kök ağırlığı ve klorofil değeri	32
Çizelge 4.5. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde klorofil değeri	33
Çizelge 4.6. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde hasar indeksi	34
Çizelge 4.7. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde doku oransal su içeriği (DOSİ) ve elektriksel iletkenlik (EC).....	34
Çizelge 4.8. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde net fotosentez hızı (Pn) ve gs (stomal iletkenlik)	35
Çizelge 4.9. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde içsel CO ₂ içeriği (Ci) ve terleme hızı (Tr).....	36
Çizelge 4.10. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde yaprak N ve P içeriği	37
Çizelge 4.11. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde yaprak K ve Ca içeriği	38
Çizelge 4.12. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde yaprak Mg ve Na içeriği	38
Çizelge 4.13. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde yaprak Zn ve Fe içeriği	39
Çizelge 4.14. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde yaprak B ve Cl içeriği	39

Çizelge 4.15. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde H ₂ O ₂ ve MDA içeriği	40
Çizelge 4.16. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde prolin ve sakkaroz içeriği	41
Çizelge 4.17. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde CAT ve POD aktivitesi.....	42
Çizelge 4.18. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde SOD aktivitesi	43



1. GİRİŞ

Biber, Antartika hariç tüm Dünyada yetiştirilebilmektedir. Biberin anavatanının Amerika'nın tropik ve subtropik ülkeleri olduğu bildirilmektedir (Şalk 2008). Biber bitkisi; 5-15°C arasındaki sıcaklıklarda çok iyi gelişme göstermemektedir. Düşük ortam sıcaklığına domates kadar dayanıklı değildir. Bu sebeple ılıman iklim kuşağında yetiştiriciliği yapılan *Capsicum* türleri, kışların soğuk geçmesi sebebiyle tek yıllık olarak yetiştirilmektedir. Oysa tropik iklim kuşağında bitkiler birkaç yıldan fazla büyümeye devam edebildikleri için çok yıllık olarak yetiştirilmektedir (Göçmen 2006).

Biber, Ülkemizde Kahramanmaraş, Samsun, Gaziantep, Adıyaman, Şanlıurfa ve Hatay illerinin bazı yörelerinde tarla tarımı; İçel, Antalya, İzmir ve Muğla illerinde ise örtü altında yaygın bir şekilde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Baytorun 1995). Meyveleri taze olarak tüketildiği gibi toz biber, konserve, turşu ve salça yapımında kullanılmaktadır.

Kırmızı, sarı, turuncu, yeşil gibi farklı renklerde olabilen biber meyveleri, acı ve tatlı çeşitleri ile sebze ve baharat olarak kullanılmaktadır. C vitamini açısından oldukça zengin olduğu bilinmekte ve iştah açıcı, mideyi kuvvetlendirici, hazmı kolaylaştırıcı, etkilerinin olduğu belirtilmektedir. 45 gram biberde; 18 kalori, 530 IU A vitamini, 109 mg C vitamini, 0,3 g E vitamini, 6,4 mcg K vitamini, 10,4 mcg folat içermektedir. B2, B3 ve B6 vitaminleri de acı biberde bulunan diğer vitaminlerdir. 100 g acı biberde; 0,2 g Mn, 1,2 g Fe, 18 mg Ca, 25 mg Mg, 46 mg P, 340 mg K, 0,3 mg Zn bulunmaktadır. Sindirimi kolaylaştırması, kanser riskini azaltması, çeşitli ağrılara iyi gelmesi, doğal yatıştırıcı ve anti bakteriyel özellikte olması biberi insan beslenmesinde önemli kılmıştır (Bosland *et al.*2012).

Biber üretimi bakımından Çin toplam 709 150 ha alanda 16 023 500 ton biber üretimi ile ilk sırada, Meksika (136 132 ha alanda 2 379 736 ton) ise ikinci sırada yer almaktadır (FAO 2014). Türkiye 2014 yılında 2 072 132 ton biber üretimini 96 000 ha alanda gerçekleştirmiş ve bu değer dünyadaki toplam biber üretiminin %6'sına karşılık gelmektedir (FAO 2014). Dünya toz ve pul biber üretimi 2,8 milyon ton olup, bunun

%44'ü Hindistan, %9,5'i Çin ve %5,6'sı Bangladeş gerçekleştirilmiştir. Türkiye ise %0,6'lık bir üretim payı ile 20. sırada yer almaktadır (FAO 2014).

Bitkiler doğal yaşam ortamlarında fizyolojik ve biyokimyasal zararlar oluşturarak ürünlerde kalite ve verim kaybına neden olan birçok stres faktörüne maruz kalırlar (Büyük vd 2012). Kuraklık, stresi bitkilerin maruz kaldığı stres etmenlerindedir. Dünyada su kaynaklarının azalması ile birlikte çoğunlukla kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yer alan ülkelerde kuraklık bitki büyüme ve gelişimini olumsuz etkileyen önemli bir stres faktörü haline gelmiştir (Ekinci ve Örs 2015). Kuraklık bitkilerde metabolik ve oksidatif birçok değişikliğe yol açarak büyüme, verim ve kaliteyi sınırlandırmaktadır (Kalefetoğlu and Ekmekçi 2005).

Kültür bitkileri gelişmeleri için fazla miktarda su ihtiyacı duyarlar. Suyun miktarı ve kalitesi gıda üretiminde azalmaların önlenmesi ve ileri yıllar için üretimin artırılması insan yaşamı kalitesinin devamlılığını korumak açısından giderek önem kazanmaktadır. Bitkiler; kuraklık ve tuzluluk gibi çevresel stres koşulları altında büyüme ve gelişmeleri en az zarar görecektir şekilde fizyolojik ve metabolik değişikliklerle adaptasyon sağlamak için çalışırlar. Fakat abiyotik stres koşulları altında ortaya çıkan bu değişiklikler, karmaşık oldukları için geçmişten beri üzerinde çalışılıyor olmasına rağmen tam olarak anlayamamıştır. Küresel ısınma ile meydana gelen şiddetli kuraklık olayları, tarımsal üretimde kullanılan bitkilerin kuraklık toleranslarının artırılması için çalışmaların hızlı bir şekilde artırılması önem arz etmektedir. Kuraklıkla birlikte mevcut su kaynaklarının az olması tarımda düşük kalitede ki su kaynaklarının kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Bu sebeple bitkilerin hem kuraklık stresi altında olması hem de su ihtiyacının düşük kaliteli tuz iyonları içeren sularla karşılanması durumunda alınacak sonuçlar ortadadır. Bitkinin maruz kaldığı matrik ve osmotik stres kaynakları altında her bir stres faktörüne ayrı ayrı ve birlikte maruz kaldığında oluşacak fizyolojik reaksiyonlar ve verimdeki azalmanın kümülatif bir şekilde oluşup oluşmayacağı merak konusudur (Şahin *et al.* 2018).

Toprak tuzluluğu, tarımsal üretimde yavaşlamaya ve azalmaya neden olan önemli etmenlerdendir (Bray *et al.* 2000). Toprak tuzluluğu sorunu, bazen toprak kaynaklı olmayıp kullanılan sulama suyundan kaynaklanabilmektedir. Özellikle kurak ve yarı kurak iklimlerde yapılan tarımsal üretimde, sadece yağışlar su ihtiyacını karşılamadığı için, genellikle sulama suyu ile karşılanır. Sulama suyu olarak kullanılan yüzey ve yeraltı suları az veya çok miktarda çözünmüş tuzlar içerir. Tarım yapılan çoğu alanda sulama suyu kalitesi sınırlıdır. Tarımsal üretimde düşük kalitede ki sulama sularının kullanılması toprak tuzluluğunun artmasına neden olur (Incrocci *et al.* 2006), bu da kültür bitkilerinin verim ve kalitesinde kayıplara yol açar (Chartzoulakis and Klapaki 2000).

Tuzluluğun bitkide ortaya çıkardığı olumsuzluklar tuzun türüne, stresin seviye ve süresine, bitkinin çeşidine ve gelişim durumuna göre değişebilmektedir (Çulha ve Çakırlar 2011). Bitkilerde hücrel metabolizma sonucunda reaktif oksijen türleri (ROS) sürekli olarak üretilir ve normal yaşam koşullarında ROS'nin miktarı antioksidan savunma ve çeşitli koruma sistemleri ile düşük seviyede tutulur. Fakat kuraklık ve tuzluluk stresi gibi abiyotik stres şartları altında bitkilerde ROS üretimi artar ve artan ROS seviyesi lipid peroksidasyonu, protein oksidasyonu, enzim inhibisyonu, klorofil parçalanması, DNA ve RNA hasarı ve hücre ölümlerine sebep olarak bitkiye zarar verir. Bitkilerde enzimatik (guaiakol peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (APX), süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) vs.) ve enzimatik olmayan (karotenoid, glutasyon, askorbat vs.) antioksidanlar ROS seviyesini düzenleyerek bitkilerin stres şartları altında yaşamlarını sürdürmesini sağlarlar (Mittler 2002; Çulha ve Çakırlar 2011; Büyük vd 2012).

Biber çeşitleri genellikle tuza orta seviyede duyarlıdır (Chartzoulakis and Klapaki 2000; Supanjani *et al.* 2006; Yıldırım ve Güvenc 2006). Toprağın veya sulama suyunun elektriksel iletkenliğindeki (EC) artma, biberde gelişme ve verimin azalmasına neden olmaktadır. Toprağın elektriksel iletkenliği $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ 'nin üzerine çıktığında büyüme azalmaya başlar ve her 1 dS m^{-1} artışta verim %12 azalır (Ayers ve Westcot 1994). Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerindeki biber yetiştiriciliğinde çoğunlukla tuzluluğu

fazla olan sulama suları kullanılmaktadır ($EC_w = 1,5-2,2 \text{ dS m}^{-1}$). Bununla birlikte, EC değeri $5,1 \text{ dS m}^{-1}$ ve üzerinde olan suların sulamada kullanılmaması gerektiği ve biber gelişiminde %50 oranında azalmaya sebep olduğu Ayers ve Westcot (1994) tarafından vurgulanmıştır. İklim koşulları nedeni ile genellikle birlikte gelişen kuraklık ve tuzluluk birbirini takip eden fenomenler olarak nitelendirilir. Bitki üzerine tuzluluğun oluşturduğu fizyolojik kuraklık olarak adlandırılan osmotik etki bu iki stres faktörünü birbirine çok benzer kılmaktadır.

Bitkilerin kuraklık ve tuzluluk stresine tepkisinin anlaşılması zor olması sebebiyle tam olarak tolerans mekanizmalarının araştırılması ve değerlendirilmesi her bitki için karakteristik durumlar söz konusu olduğu için, büyük ölçekli uygulamalardan önce dikkatli bir şekilde araştırılması gerekmektedir. Dünyada ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan biberde kuraklık ve tuz stresi ile ilgili birçok çalışma yapılmasına rağmen her iki stres faktörünün bir arada yapıldığı çalışma sayısı yok denecek kadar azdır. Çalışmada, biberde fide döneminde farklı kuraklık seviyelerinde (tarla kapasitesinin %100, %75 ve %50' si) ve farklı tuzluluk seviyesine sahip sulama sularının (0, 75, 150 mM) etkisi ayrı ayrı ve birlikte bitki gelişimi ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Bitkilerde Kuraklık Stresi

Sebzeler, sağladıkları mineral maddeler, vitaminler, antioksidanlar, bitkisel steroller ve lifler sayesinde insan beslenmesi ve sağlığı için çok önemlidirler (Dalal *et al.* 2006). Sebzelerin verimi ve kalitesi, kuraklık stresinden olumsuz yönde etkilenirler (Maggio *et al.* 2005). Başarılı bir sebze yetiştiriciliğinde su vazgeçilmezdir. Sebzeler, normal seyrinde vejetatif ve generatif büyüme gösterebilmeleri için yeterli miktarda suya ihtiyaç duyarlar (McCollum 1992). Kısa süreli kuraklık stresine uğrayan sebzeler yapraklardan meydana gelen su kaybını azaltmak için stomalarını kapatma yoluna giderler (Decoteau 2000). Bununla birlikte, uzun süreli kuraklık stresi şartlarında bitkilerde geri dönüşü olmayan hasarlar meydana gelir ve sonucunda ölüm meydana gelir. Kuraklığın bitkilerin tohum çimlenmesini, çıkışını, hipokotil uzunluğunu, su alımını ve kuru madde rezervlerinin taşınmasını, kök uzunluğunu, fotosentetik aktivitesini, karbon asimilasyonunu, kuru madde oluşumunu, çiçeklenmesini, çiçek tozu oluşumunu, döllenmeyi ve verimi gibi birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayı olumsuz etkilediği ortaya konulmuştur (Mckersie and Lehsem 1994).

Su, bitkilerin ağırlıklarının %89-90'ını kapsamaktadır (Anjum *et al.* 2011). Yeterli miktar ve kalitedeki suyun bitkiye sağlanması çok önemlidir. Bitkilerde çoğu hayatsal olayı etkilemekte ve buna bağlı olarak bitkiler, yetersiz yaşam koşullarına adapte olmak için gerekli tolerans mekanizmaları geliştirebilmektedir (Kalefetoğlu and Ekmekçi 2005). Stres koşulları bitkilerde büyüme ve gelişmeyi sınırlandırarak bitki gelişimini ve verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Bitkiler en fazla tohum ve çiçek oluşumu döneminde stres faktörlerine karşı hassastır. Yapılan çalışmalar, bitkilerin generatif dönemlerinde yaşadıkları şiddetli kuraklık şartlarının %95'lere varan oranda verim kaybına neden olduğunu ortaya koymaktadır. Çiçeklenme döneminde yaşanan kuraklık bitkide kısırlığa yol açabilmektedir (Farooq *et al.* 2009).

Su, bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından alınması için çok önemlidir. Toprakta bulunan bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından alınabilmesi için suda çözünmüş halde olmaları gerekir. Bu toprakta bulunan tuzların bitkiler tarafından alındığı ve kullanıldığı anlamı taşımamalıdır. Bitkiler topraktaki maddelere karşı seçicidir ve herhangi bir maddenin topraktan bitki bünyesine geçmesi çeşitli faktörlere bağlıdır (Arora *et al.* 2002). Vejetatif dokularda kuraklık stresine karşı geliştirilen iki ana savunma mekanizması stresten kaçınma ve stres toleransıdır. Kuraklık stresinin görüldüğü dönemin başlangıcında, bitki daha fazla su alabilmek için gövde uzamasını yavaşlatır ve kök gelişimini artırır. Buna karşın, kuraklık koşullarının bitkiye kalıcı zarar verecek kadar uzun sürmesi durumunda hem gövde hem de kök gelişimi durur, yaprak genişliği ve sayısı azalır; bazı yapraklar sarararak dökülür. Ayrıca hücrelerdeki suyun azalması ve terlemenin olumsuz etkilenmesi mineral madde kaybına sebep olur, bu durum da bitkinin büyüme ve gelişmesinde yavaşlamaya sebep olur (Capell *et al.* 2004). Strese dayanıksız bitkiler sadece orta seviyedeki kuraklık stresi koşullarında canlı kalırken, strese dayanıklı bitkiler koruma mekanizmalarını çalıştırarak çok daha şiddetli seviyedeki kuraklık stresi koşullarında canlı kalırlar (Mundree *et al.* 2002; Kalefetoğlu and Ekmekçi 2005).

Yıldırım *et al.* (2015), biber bitkisinde gerçekleştirdiği kuraklık stresi indeksi ile verim ilişkisinin belirlenmesi çalışmasında su kısıtlaması uygulamasında yaprak alan indeksinin en düşük, %100 sulama yapılan uygulamada ise en yüksek olduğunu belirlemiştir. Aynı çalışmada yaprak su içeriği değerleri için gün boyu saatlik ölçüm yapılmış ve gün içerisindeki değişim ölçülmüştür. Sonuç olarak sulama miktarına göre yetiştirme dönemi içerisinde yapılan ölçümlerde yaprak su içeriğinin etkilendiği görülmüştür. Elde edilen yaprak su içeriği değerleri değerleri, sulama konularına bağlı olarak istatistiksel açıdan farklılık göstermiştir. Yaprak su içeriği, vejetatif dönemde %273-356, çiçeklenme döneminde %222-325 ve tane dolumu-hasat döneminde %117-247 arasında değişmiştir.

Işık (2012), biber bitkisinde yaptığı su stresi uygulamasında sulama suyunun miktarının azalmasıyla suda çözünebilir kuru madde miktarının arttığını belirtmiştir. Aynı zamanda

sulama suyu miktarı azaldıkça meyvenin boyunda, çapında ve ağırlığında da azalmaların olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte her sulamada verilen su miktarına göre yaprak alanları ve kök uzunluklarında artış görülmüştür.

Demirel vd (2012), yarı kurak iklim kuşağında yapılan çalışmada farklı sulama uygulamalarının biber bitkisinde (*Capsicum annum L.*) verime, kalite değerlerine, bitkinin su kullanımına ve kullanım randımanına etkilerini araştırmışlardır. Çalışmanın yapıldığı iki yıl birlikte dikkate alındığında, sulama uygulamalarının biberde meyvedeki pH dışındaki kalite değerlerinde (meyve ağırlığı, meyve çapı, meyve boyu, meyve eti kalınlığı ve suda çözünür kuru madde miktarı) önemli düzeyde etkilediği görülmüştür.

Köse (2011), 38 farklı kabak genotipinde su stresine toleransı belirlemek amacıyla çalışmıştır. Su stresinde yetişen bitkilerin kök ağırlıklarının kontrol bitkilerine göre daha fazla arttığı görülmüştür. Buna karşı gövde ve yaprak ağırlıklarında azalmalar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Yaprak sayısı bakımından hemen hemen genotiplerin tamamında azalma olmuştur. Nispi su içeriği bakımından da genotipler arasında farklılıklar olurken su stresine maruz kalan bitkilerin çoğunda kontrol bitkilerine göre azalma görülmüştür. Su stresi altında yetiştirilen kabak bitkilerinin bazılarında klorofil miktarları kontrol bitkilerine göre değişmezken bazılarında azalmalar olduğu gözlemlenmiştir. Su stresi sonucunda yeşil aksam, kök yaş ağırlıkları ve kuru ağırlıkları ile bitki boyu, bitki çapı, yaprak sayısı, yaprak alanı gibi büyüme değerlerinin olumsuz yönde etkilendiği, genotiplerin değişen oranlarda kayıplar yaşadığı görülmüştür.

Arslan (2011), biber (*Capsicum annum L.*) fidelerinde yapılan 24-epibrassinolid (EBL) uygulamalarının erken fide döneminde su stresine karşı tolerans kazanması üzerine etkisinin ve en etkili uygulama metodunun bulunması için inceleme yapmıştır. Fide döneminde su stresi dayanımını arttırmak amacıyla biber fideleri farklı yöntemlerle (yapraktan ve topraktan uygulama) ve farklı konsantrasyonlarda (0, 0,01, 0,1 veya 1 µM) EBL ile muamele edilmiş ve ardından bir hafta susuz bırakılarak kuraklık stresi altında tutulmuştur. Kuraklık stresine maruz kalan biber fideleri ile maruz kalmayan fideler arasında kıyaslama yapıldığında kuraklık stresinin biber fidelerinde olumsuz

etkileri yaprak alanında meydana gelen şiddetli azalmalar ile ortaya çıkmıştır. Ancak yapılan EBL uygulamaları ile kuraklık stresi altında yetiştirilen bitkilerin yaprak alanları strese tabii tutulmamış bitkilerle karşılaştırıldığında artmıştır. En yüksek artış kontrol bitkileriyle kıyaslandığında yaklaşık %20 ile 1 µM EBL uygulanmış bitkilerde olduğu görülmüş fakat bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Kuraklık koşullarının nane bitkisinde (*Mentha piperita L.*) bazı bitki gelişim özelliklerinin, uçucu yağ düzeyinin ve bileşiminin üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, bitkilere farklı seviyelerde sulama (% 100, 85, 70, 60 ve 45) uygulanmış ve yapılan araştırma sonucunda su noksanlığı arttıkça bitki gelişimi ve yağ içeriğinin azaldığı ve en yüksek değerlere % 100 sulama seviyesinde ulaşıldığı anlaşılmıştır (Khorasaninejad *et al.* 2011).

Kalefetoğlu and Ekmekçi (2005), tüm dünyada tarımsal üretim için önemli bir problem olan kuraklık stresine toleranslı ve değişik ekolojik bölgelere adapte olabilecek uygun nohut çeşit ve hatlarını belirlemek ve kuraklığın bitki büyümesi üzerindeki etkisi ile kuraklığa karşı oluşturulan içsel savunma mekanizmaları (prolin içeriği ile antioksidant enzim aktivitelerindeki değişim) arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. Çalışmada kuraklık stresinin süresindeki artışa bağlı olarak serbest prolin içeriği önemli derecede artış göstermiştir; ancak genotipler arasında kuraklık stresine bir cevap olarak prolin birikimi açısından önemli bir fark belirlenmemiştir.

Mahajan and Tuteja (2005) 'ın yapmış olduğu çalışmada; stres koşullarında yetiştirilen kavun bitkilerinin kontrol bitkilerine oranla daha az yaprak sayısı ve yaprak alanı oluşturduğu belirlenmiştir. Yaprak sayısı ve alanı bakımından kurak koşullarda kontrollerine en yakın değerler 196, 107, 208, 305 no' lu genotiplerde saptanmıştır. Bunun yanında kontrol bitkilerine oranla en fazla kaybın meydana geldiği genotipler ise 2, 3, 40 ve 52 olarak sıralanmıştır. Kurak koşullarda yapraklarda meydana gelen morfolojik değişimler genelde transpirasyonla kaybedilen su miktarını azaltmaya yöneliktir.

Çeçen (2004), kuraklık stresi altında kalan mısır bitkilerinin yapraklarına eksojen olarak uygulanan Naftalen Asetik Asit (NAA), Absisik Asit (ABA) ve Jasmonic Asit (JA)‘in bitkinin morfolojisine, kuru ağırlığına, stomalarına, endojen hormon seviyelerine, proteinlerine, klorofil ve karotenoid miktarlarına etkilerini incelemiştir. Yapılan uygulama ve analizler sonucunda kuraklık stresine en iyi toleransın ABA uygulanan bitkilerde, en düşük toleransın ise JA uygulanan bitkilerde olduğunu tespit etmiştir.

2.2. Bitkilerde Tuzluluk Stresi

Tuz stresi genellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde meydana gelen ve bitki verimini azaltan büyük çevre koşullarındandır. Yağışın az olması, buharlaşmanın yüksek olması, ana kayalar, sulama suyunun tuzlu olması ve kötü su kullanım yönetimleri tarımsal alanlarda tuzluluk stresinin ortaya çıkmasına neden olur. Bitkilerin büyük kısmı tuzluluğa hassastır ve yüksek tuzlu koşullarda hayatlarını sürdürmezler ya da verimlerini azaltarak hayatta kalmaya çalışırlar.

Toprağın bitki verimi ve kalitesine zarar verecek seviyede tuzlu olmasının temel sebebi olarak, eriyebilir tuzların toprak katmanlarında ve taban suyunda birikmesi veya mevcut taban suyu seviyesinin artmasına bağlı olarak tuzların toprak yüzeyine taşınması, sulama suyunun kalitesiz olması, sulama sularında fazla seviyede çözünebilir tuzların bulunması, yeterli drenajın olmaması ve kök bölgesinde tuz birikiminin olması gösterilmektedir (Epstein *et al.* 1980; Quamme and Stushoff 1983).

Seralarda düzensiz ve fazla gübre uygulaması, sera örtüsü nedeni ile toprağa yağış düşmemesi ve toprakta yıkanma olmaması, sulama suyunun iyi drene edilmemiş olması ve tuz düzeyi yüksek olan sulama sularının kullanımı tuzluluk problemine sebep olmaktadır. Bu sorunu çözebilmek için düzenli ve yeterli gübre uygulaması, kullanılan sulama sularının tuzdan drenaj yardımı ile uzaklaştırılması belirli ölçüde çözüm olabilmekte, tuzlulaşma ve tuz yoğunluğu azaltılabilmektedir. Ancak sulama sularının tuz seviyesinin artması ve bu suların kullanılma zorunluluğunun olması durumunda meydana gelen tuzluluğun giderilmesi daha zordur ve bu durum günümüzde hala birçok

ülkenin çözümlenmesi gerekli problemleri arasında bulunmaktadır. Örneğin, Hollanda'da, tuzlu sular ile yapılan sulamadan kaynaklanan ürün kayıplarını belirlemek için 50 yıl önceden araştırmalar başlatılmasına rağmen yine seralarda tuzluluk önemli bir problem olmaya devam etmektedir (Sonneveld 1988).

Tuz stresi bitkilerde; kök, gövde ve sürgün uzunluğu, yaprak alanı ve sayılarında, klorofil miktarı ve veriminde azalmalara ayrıca meyve tat ve renklerinde bozulma gibi farklılıklar ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bitki uzun bir süre tuzluluğa maruz kaldığında, yaşlı yapraklarda iyon toksisitesi ve su noksanlığı, genç yapraklarda ise karbonhidrat noksanlığı ve buna bağlı belirtilerin ortaya çıktığı incelenmiştir (Greenway and Munns 1980; Tıpırdamaz ve Ellialtıoğlu 1994).

Tuz bileşenleri bitkilerin bünyelerinde belli bir düzeye ulaştığı anda bitki verim ve kalitesi için zararlı olmaktadır (Aydemir 1992). Toprakta tuz seviyesinin artması, bitkinin topraktan su alımını zorlaştırır ve toprağın genel yapısını bozar (Kanber vd 1992; Güngör ve Erözel 1994). Toprak tuzlulaşması iklim faktörlerinden başta sıcaklık ve nemliliğin etkisi altındadır. Hava sıcaklığı ve nemi, toprak yüzeyindeki buharlaşmayı ve bitki yapraklarındaki terlemeyi kontrol altına alan etkiye sahiptir (Yurtseven 1999); Tuz stresi; osmotik etkisi ile bitkinin yarayışlı su içeriğini önleyen, iyonik etkisi ile de iyon içeriğinin zarar verici seviyeye gelmesine sebep olan abiyotik streslerden biridir. Bu sebeple tuzluluk stresinin bitkilerdeki etkisi ile bitkilerin tuzluluğa dayanım mekanizmalarının anlaşılması için osmotik ve iyon stresinin tüm bitki, doku ve hücrel etkilerinin morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler mekanizmalar düzeyinde araştırılması gerekir (Kanber vd 1992).

Osmotik strese maruz kalan bitkiler, hücrelerindeki turgor basıncını dengede tutmak için hücreleri içinde bazı organik çözeltileri biriktirerek osmotik potansiyellerini düzenlerler. Bitkilerin bu şekilde osmotik durumlarını ayarlamalarına 'osmotik uyum' denir (Hamada *et al.* 1992). Osmotik potansiyellerini düzenlemelerinin derecesine bitkinin yaşı ve generatif gelişme dönemi etki etmektedir. Kuraklık ve tuzluluk stresi bitkinin stomaları üzerine de etki etmektedir. Stomaların bitki fizyolojisindeki önemi

yaprağın hücreler arası boşluğu ile atmosfer arasındaki gaz alışverişinin sağlanmasından ve su buharı çıkışına izin vermesinden kaynaklanır. Kuraklığa maruz kalan bitkilerde stomaların kapanmasını kontrol eden iki mekanizma vardır. Bunlar, hormonal ve iyon kontrolü mekanizmalarıdır. Bitki bünyesi özellikle yapraklarda su oranının düşüşü ile stomaların kapanmasının ve yaprak sıcaklığının artması ve buna bağlı olarak membran sisteminin olumsuz etkilenmesi ile meydana gelen hücre ölümleridir (Farooq *et al.* 2009; Dolferus 2014). Bitkilerin köklerindeki osmotik durum değişimlerine karşı içsel osmotik basınçlarını ayarlamak için özel mekanizmalara sahip olmaları mecburidir. Bitkiler strese maruz kalınca, organik çözünebilir maddeleri biriktirerek osmotik basınçlarını düşürürler (Weimberg 1986). Toprakta çeşitli iyonları alırlar ya da bazı organik bileşikler kendisi sentezlerler ve osmotik uyum sağlarlar (Ashraf 1994; Salama *et al.* 1994). Çoğu araştırmacı osmotik uyum ile tuza dayanıklılık arasında bir bağ olduğunu savunmaktadır (Greenway and Munns 1980; Yeo and Flowers 1983; Weimberg 1987).

Yapılan bir araştırmada, kurak ve tuzlu şartlarda yetiştirilen şeker kamışının bitki gelişimi, bitki verimi, bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, tuzlu ve kurak koşulların bitkide klorofil a ve b içeriğinde, terleme düzeyinde ve stoma geçirgenliğinde azalmaya sebep olduğu anlaşılmıştır. Araştırmada, tuzluluk stresinin kuraklık stresine göre bitkiye olumsuz etkisinin daha fazla olduğu, fakat bitkideki prolin birikiminin tuzluluk stresi şartlarında yetiştirilen bitkilerde daha fazla olduğu incelenmiştir (Cha-um and Kirdmanee 2009).

Bitki genotiplerinin farklı oranlarda Na ve K absorpsiyonun yapması ve böylece bünyelerinde farklı K/Na oranlarına sahip olmasının (Na – K ayırım özelliği) tuzluluğa dayanım konusunda rol oynadığı, Heimler *et al.* (1995); Lopez and Satti (1996); Yu *et al.* (1998) ve Aktaş (2002) tarafından gösterilmiştir.

Bitkiler, hem osmotik dengelerinin hem de iyon düzenlerinin bozulmamasını sağlamak için tuzluluk stresine karşı farklı mekanizmalar geliştirmişleridir. Yüksek tuz seviyesi bitkilerde sekonder etkilere ve hasarlara yol açan yüksek bir osmotik strese ve hücre içi

iyon dengesizliğine sebep olur. Bu sebeple osmotik ayarlama osmoprotektan bileşiklerin (prolin, glisin betain, bazı şeker alkollerini) biriktirilmesi ile sağlanır (Yokoi *et al.* 2002). Yine tuzluluk stresinin sonucu olarak bitkilerin antioksidan enzimleri, kloroplast ve sitosol enzimleri aktivitelerinde önemli değişiklikler görülmüştür (Gomez *et al.* 1999; Hernandez *et al.* 2000).

Tuz stresi koşullarında yetiştirilen farklı bitkilerde (buğday, pirinç, salatalık) katalaz enzimi aktivitesinin düştüğü (Keleş and Öncel 2002; Shim *et al.* 2003), tuz stresine tolerans seviyeleri farklı olan çeşitlerle yapılan incelemelerde ise tuza toleranslı çeşitlerin katalaz ve peroksidaz aktivitelerinin daha yüksek olduğu (Sudhakar *et al.* 2001) saptanmıştır.

Tuz stresi koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinde, bitki boyu, su içeriği ile toplam yağ ve kuru ağırlıklarında azalma görülürken, prolin, Na ve Na/K oranlarında artış olduğu saptanmıştır (Çiçek ve Çakırlar 2002). Kurak koşullarda ve tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerin prolin içeriğinin arttığı, dolayısıyla prolin biriktirme özelliğinin de tuza toleransın bir göstergesi olduğu belirlenmiştir (Chen *et al.* 2001; Ghoulam *et al.* 2002; Gırıja *et al.* 2002). Turan ve Aydın (2005), yaptıkları bir araştırmada farklı tuzların mısır bitkisinin bazı fizyolojik özelliklerine etkisini incelemişler, uygulanan tuz konsantrasyonunun artması ile toprak pH'sının, toprağın elektirikli iletkenliğinin ve bitki prolin içeriğinin arttığını, bitki gelişimi, klorofil içeriği, besin maddesi alımı ve kuru madde miktarının azaldığını belirlemişlerdir.

Levitt (1980), yetişme ortamı şartlarında sodyum klorürün miktarının çok olması durumunda, bitkilerin ortamdaki Na iyonunu gereksinimlerinden fazla aldığını ve oluşan rekabet nedeniyle K iyonu alımında azalmanın olduğunu ve böylece K iyonu noksanlığının oluştuğunu belirlemiştir. Yüksek sodyum iyonunun bulunduğu şartlarda bitkide potasyum alımının azalacağı tespit edilmiştir (Ashraf 1994; Lazof and Cheeseman 1988; Chowdhury *et al.* 1995). Chowdhury *et al.* (1995)'nin çeltik bitkisinde yaptığı çalışmada, bitkinin yaprak ve gövdesinde artan sodyum iyonunun, potasyum iyonu düzeyine etkisi çok az bulunurken, köklerde artan tuz seviyesi nedeni

ile potasyum iyonu alımının azaldığı incelenmiştir. Bitki genotiplerinin farklı oranlarda Na ve K absorpsiyonu yapması ve böylece bünyelerinde farklı K/Na oranlarına sahip olmasının (Na – K ayırım özelliği) tuzluluğa tolerans konusunda etkili olduğu, Heimler *et al.* (1995), Lopez and Satti (1996), Yu *et al.* (1998) ve Aktas (2002) tarafından saptanmıştır.

Chartzoulakis and Klapaki (2000), iki sera dolmalık biber çeşidinin verim ve gelişimi üzerine tuz stresinin etkisini araştırmak amacı ile yarı güçlü hoagland solüsyonu içerisine 0, 10, 25, 50, 100 ve 150 mM/l NaCl eklemiştir. Her iki çeşitte de 25 mM'dan daha yüksek tuzlulukta bitki boyu, toplam yaprak alanı, sürgün ve kök kuru ağırlığı gibi bitki büyüme değerlerinin önemli bir seviyede azaldığı belirlenmiştir. Tuz düzeyinin artması K iyonu alımına etki etmemiştir. Her iki çeşitte de toplam verim 10 mM NaCl 'den daha yüksek tuz seviyesinde önemli düzeyde azalmış, 150 mM NaCl de verim %95 oranında düşmüştür. Bitki başına meyve sayısı ve büyüklüğü tuzluluk ile azalmıştır.

Kaya *et al.* (2001) yaptıkları çalışmada; yüksek tuz seviyesinde yetiştirilen hıyar ve biber bitkilerinin mineral beslenme ve fizyolojik gelişimi üzerine K ve P iyonu ilavesinin etkilerini incelemiştir. Besin solüsyonundaki yüksek tuz, yaprak klorofil yoğunluğunda, bitki gelişmesinde, bitki su kullanımında ve hücre geçirgenliğinde önemli düzeyde azalma olmasına yol açmıştır. Yüksek tuz düzeyi, özellikle yapraklarda P ve K iyonu noksanlığına neden olmuştur. İnceleme sonucunda, hıyar bitkisinin, yüksek tuzluluğu, biberden daha fazla oranda tolere edebildiği belirlenmiştir.

Kaya *et al.* (2003), tuz stresi altındaki biberlerde üre uygulaması ve su kullanımı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada 11B 14B biber çeşidinde; kontrol, yüksek tuz ve bununla birlikte üre uygulamışlardır. Yüksek tuz uygulanan bitkilerde kuru madde, kök, sürgün kuru ağırlıkları, klorofil konsantrasyonu, bitki gelişimi ve meyve verimi kontrol grubuna göre önemli oranda azalmıştır. Meyvelerde hücre geçirgenliği artmış, NaCl uygulaması N noksanlığına neden olmuştur. Üre şeklinde toprağa nitrojen ilavesi, yüksek NaCl tarafından olumsuz etkilenen bitkilerde gelişimi, meyve verimini

ve membran geçirgenliğini iyileştirebileceğini ve N iyonu noksanlığını düzeltebileceğini belirlenmiştir.

Yılmaz *et al.* (2004), biberin çimlenme ve fide döneminde Na, K iyonu içerikleri ve gelişimlerinde tuz toleransının etkisini araştırmışlardır. Demre, Çetinel 150 ve Ilica 256 biber bitkisi çeşitlerine farklı seviyelerde (0, 50, 100 ve 150 mM) NaCl uygulamış fide ve çimlenme dönemlerindeki değişimleri incelemiştir. Denemede çimlenme hızı ve oranı, kökçük uzunluğu, hipokotil uzunluğu, yaş kökçük ağırlığı, yaş hipokotil ağırlığı ve çimlenme döneminde yaş hipokotil ağırlığının yaş kökçük ağırlığına oranı gibi değerler ölçülmüştür. Yüksek NaCl bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilemiştir. Fide dönemindeki negatif etkiler; kök ve sürgün uzunluğunun büyüme oranı ile ilgilidir. Tuzluluğun artmasıyla yaprak K^+ , Na^+ içeriği ve K^+ / Na^+ oranı olumsuz etkilenmiştir. Na^+ konsantrasyonunun artması yapraktaki K^+ ve K^+ / Na^+ oranını düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Ilica 256 biber çeşidi çimlenme döneminde NaCl'e daha iyi tolerans gösterirken, fide döneminde Demre çeşidinin diğer çeşitler arasında en toleranslı olduğunu belirlemiştir.

Sera şartlarında farklı tuzluluk ve kuraklık düzeylerinin üç farklı soya fasulyesi çeşidinde bitki gelişimi ve verimine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada altı farklı uygulama incelenmiştir. Bitki yüksekliği ve bitki kuru ağırlığında tuz ve kuraklık stresinin birlikte kullanıldığı uygulamalarda keskin bir azalma görülmüştür. Her iki stres faktörünün birlikte uygulandığında verim değerleri de oldukça azalma meydana gelmiştir. Tohum veriminde artan tuzluluk ile birlikte azalma olmuştur. Denemede kullanılan Galarsum çeşidinin tuzlu ve kurak koşullara en dayanıklı çeşit olduğu görülmüştür (Khan *et al.* 2016).

Sera şartlarında yürütülen bir çalışmada, biyoaktif bileşikler ihtiva eden bir medikal bitki olan *Hypericum pruinaum*'un farklı seviyede tuz ve kuraklık seviyelerinin fenolik bileşikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, tuz stresinin incelenen beşiklerin konstantasyonunu artırdığı, kuraklığın ise önemli bir etkisini olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışmada ayrıca fenolik bileşiklerin tuz toleransta önemli rol oynayabilecekleri ileri sürölmüştür (Caliskan *et al.* 2017).



3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, dünyada ve ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan biberde fide döneminde kontrol dahil olmak üzere üç farklı tuz seviyesinde (0, 75, 150 mM NaCl) ve üç farklı kuraklık seviyesinde (Tarla kapasitesinin %100, %75 ve %50'si) biyokimyasal, fizyolojik ve morfolojik reaksiyonları belirlemek amacıyla Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma Seraları ve Laboratuvarlarında 2017 yılında yürütülmüştür.

3.1. Deneme Materyali

Çalışmada bitkisel materyal olarak Türkiye'de yaygın yetiştiriciliği yapılan biber çeşitleri içerisinde seçilen Yalova çarliston ve Maraş biber (*Capsicum annuum L.*) çeşitleri kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Tohum ekimi, fide yetiştiriciliği ve denemenin kurulması

Tohumlar 216 gözlü torf ile doldurulmuş viyollere, 1-1,5 cm derinliğe ekilmiştir (Şekil 3.1). Yaklaşık 30-35 gün sonra dikim büyüklüğüne gelen fideler 50 x 15 x 20 cm boyutlarında saksılara her saksıda dört fide olacak şekilde aktarılmıştır. Saksılar, 2:1:1 (v:v:v) oranında toprak: kum: yanmış çiftlik gübresi karıştırılarak hazırlanmıştır. Saksılar serada tezgahlar üzerine rastgele dağıtılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Serada viyollerde yetiştirilen biber fidelerinden genel bir görünüm (Orijinal)



Şekil 3.2. Serada saksılarda yetiştirilen biberlerden genel bir görünüm (Orijinal)

Sera içi sıcaklık ölçümü günlük olarak yapılmış ve ortalama minimum sıcaklık 14,4°C ve ortalama maksimum sıcaklık 32,9°C olarak belirlenmiştir (Şekil 3.3). Saksıların nem durumu kontrol edilerek ihtiyaç olduğunda saksılara tarla kapasitesine kadar su verilmiştir.



Şekil 3.3. Deneme boyunca sera içerisinde ölçülen günlük en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri

3.2.2. Tuz ve sulama uygulamaları

Bitkilere verilecek sulama suyu miktarları saksılardaki nem miktarları taşınabilir nem ölçer (HH2 Moisture Meter, WET Sensor, Delta-T Devices, Cambridge, England) (Şekil 3.4) ile hacim esaslı olarak belirlenmiştir. Sulama uygulamalarını gerçekleştirmek için öncelikle kullanılacak nem ölçerin denemede kullanılacak toprak materyaline göre kalibrasyonu sağlandıktan sonra, spesifik olarak ortamın tarla kapasitesinde tuttuğu hacimsel nem miktarı belirlenmiştir. Her sulama uygulamasında tam sulama (%100) yapılacak olan kontrol konusunda (S1) eksilen toprak nemi tekrar tarla kapasitene ulaşacak kadar sulama suyu verilmiştir. Kuraklık etkilerinin görülmesi amaçlanan diğer iki konuda tarla kapasitesinin %75 (S2) ve %50'si (S3) miktarında sulama yapılmıştır.

Tuz stresi konuları için üç farklı tuz seviyesine sahip (0 (T0), 50 (T1), 100 (T2) mM NaCl) sulama suları hazırlanarak fide dikiminden sonra kuraklık uygulamaları ile beraber tuzlu su ile sulama uygulamaları başlatılmıştır. Fakat bitki kök bölgesinde ani bir osmotik şok oluşmaması için sulama suyu tuz konsantrasyonu aşamalı olarak artırılmıştır.

Bu bağlamda ilk sulama uygulaması için sulama suyu tuz miktarı tüm konular için 25mM NaCl ile başlatılarak ve aşamalı olarak en yüksek tuzluluk seviyesi olan 100mM

NaCl dördüncü sulama ile sağlanmıştır. Saksı çalışması fide dikiminden sonra 40 günde tamamlanarak ve deneme sonunda bitkiler saksılardayken veya saksılardan alındıktan sonra aşağıda belirtilen gözlem, ölçüm, tartım ve analizler yapılmıştır.



Şekil 3.4. Taşınabilir nem ölçer

3.3. Ölçüm, Tartım ve Gözlemler

Bitkiler dikimden sonra 40 günlük olunca çeşitli ölçüm, tartım ve gözlemler yapılmaya başlanılmıştır. Tuz ve kuraklık uygulamalarının biber fidesi üzerindeki etkileri belirlemek amacıyla gerekli ölçüm, tartım ve gözlemler aşağıda belirtildiği şekliyle gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Bitki hasadı

Zarar görmüş dokuların oranı (Hasar İndeksi):

Tüm bitkiler kuraklık stresi sonrası aşağıdaki skalaya göre sınıflandırılmıştır;

- 0: Hiç etkilenme yok
- 1: Büyümede yavaşlama
- 2: Alt yapraklarda solgunluk başlangıcı
- 3: Üst yapraklarda kıvrılma (kapanma) ve solgunluk
- 4: Yapraklarda şiddetli solgunluk ve sararma, yaprak kenarlarında kuruma başlangıcı
- 5: Bitkilerde solma ve alt yapraklarda kuruma ve bitki ölümlerinin görülmesi

Fide boyu: Cetvel ile cm olarak,

Toprak üstü taze ağırlık: Hassas terazide g olarak,

Toprak üstü kuru ağırlık: Etüvde 68°C de sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutularak g olarak,

Kök taze ağırlık: Hassas terazide g olarak,

Kök kuru ağırlık: Etüvde 68°C de sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutularak g olarak,

Gövde çapı: Digital kumpas ile mm olarak,

Yaprak sayısı: Adet olarak belirlenmiştir.

Klorofil değeri (SPAD)

Klorofil ölçümü, yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen, taşınabilir klorofilmetre cihazı (SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc. Japan) ile yapılmıştır. Klorofilmetrenin yapımçı firmasına göre SPAD değer sklasında 1= kloratik veya sarı renk, 50= koyu yeşil renk olarak belirtilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. SPAD–502, (Konica Minolta Sensing, Inc. Japan)

Yaprak alanı

Her bir uygulamadaki bitkilerin yaprak alanları yaprak alan ölçer (CID Biosence, Model: CI-202, WA, USA) kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Yaprak alan ölçer (CID Biosence, Model: CI-202, WA, USA)

Doku elektriki iletkenliği

Bitkide oluşan stresle beraber yaprak dokularında ve özellikle hücre zarlarında oluşan hasarın bir belirtisi de yaş yaprak dokularında yapılan elektriksel iletkenlik ölçümleridir. Bu amaçla Doku elektriki iletkenliği (EC) Kaya vd (2003)'da belirtilen metoda göre ölçülmüştür.

Doku oransal su içeriği (DOSİ)

Doku oransal su içeriği Kaya vd (2003)'de belirtilen aşağdaki formüle göre hesaplanmıştır (Şekil 3.8).

$$\text{DOSİ} = [(TA - KA) / (TU - KA)] \times 100$$



Şekil 3.8. Doku oransal su içeriğinin belirlenmesi

Fotosentez, terleme ve stoma iletkenliği

Her bir uygulamadaki 2 bitki üzerinden en son gelişmiş yaprağı üzerinde LI-6400XT (LI-COR, USA) portatif fotosentez ölçer kullanılarak fotosentez, terleme hızı ve stoma iletkenliği ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sırasında küvette yaprak sıcaklığı 20°C, nispi nem %55, ışık şiddeti 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ve CO₂ konsantrasyonu 400 ppm olarak ayarlanmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Çalışmada kullanılan LI-6400XT (LI-COR, USA) portatif fotosentez ölçer

3.4. Bitki Analizleri

3.4.1. Azot tayini

Her parselden seçilen bitki örneklerinin azot içeriği salisilik + sülfürik asit + tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Bremner and Mulvaney 1982).

3.4.2. Diğer besin elementlerinin tayini (P, K, Ca, Mg, Fe, Cl, Zn, B, Na)

Bitki örneklerinin P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cl, Zn ve B içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile tabi tutulduktan (Mertens 2005a) sonra ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens 2005b).

3.4.3. Bitkilerde antioksidant enzimler (Peroksidaz, Katalaz, Süperoksitdismutaz)'in ekstraksiyonu

Enzimlerin ekstraksiyonu Angelini *et al.* (1990) ve Angelini ve Federico (1989)'e göre yapılmıştır.

3.4.3.a. Katalaz (CAT - EC: 1.11.1.6) aktivitesinin belirlenmesi

Katalaz (CAT) aktivite tayini Havir and Mchale (1987)'e göre yapılmış, g yaprak başına düşen enzim ünitesi (EU/g yaprak) olarak hesaplanmıştır (Gong *et al.* 2001).

3.4.3.b. Peroksidaz (POD - EC: 1.11.1.7) aktivitesinin belirlenmesi

Peroksidaz (POD) aktivite tayini Angelini vd (1990)'e göre yapılmış, g yaprak başına düşen enzim ünitesi (EU/g yaprak) olarak ifade edilmiştir (Yee *et al.* 2002).

3.4.3.c. Süperoksit dismutaz (SOD – EC: 1.15.1.1) aktivitesinin belirlenmesi

Süperoksit dismutaz (SOD) aktivite tayini Agarwal and Pandey (2004) ve Yordanova *et al.* (2004)'e göre yapılmıştır.

3.4.4. Hidrojen peroksit (H₂O₂) analizi

H₂O₂ analizi Özden *et al.* (2009)'da verilen yöntem esas alınarak yapılmıştır.

3.4.5. Lipid peroksidasyon (Malondialdehid -MDA) analizi

Lipid peroksidasyon (malondialdehid-MDA) analizi Zhang *et al.* (2005)'a göre yapılmıştır.

3.4.6. Amino asit (Prolin) miktarı

Bates *et al.* (1973)'nin kullandığı yöntem esas alınarak yapılmıştır.

3.4.7. Karbonhidrat (Sakkaroz) analizi

Kurutulmuş ve öğütülmüş fidelerde sakkaroz içeriğinin hesaplanması Morris (1948)'in önerdiği metoda göre yapılmıştır.

3.5. İstatiksel Analizler

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü kurulmuştur. Deneme sonucunda elde edilen veriler SPSS 18 paket programı yardımıyla varyans analizine tabi tutularak, ortalamalara ait farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (SPSS 2010).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Uygulamaların biber fidelerinde bitki gelişimi üzerine etkisi

Araştırmada, tuzluluğun ve kuraklığın biber fidelerinde bitki gelişimi üzerine etkisi Şekil 4.1 ve 4.2 ile Çizelge 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4’de sunulmuştur. Şekil ve çizelgeler incelendiğinde gerek tuzlu koşulların gerekse kuraklık stresinin biberde bitki gelişimini önemli düzeyde olumsuz etkilediği, tuz stresinin etkisinin daha fazla olduğu her iki stres faktörünün bir araya gelmesiyle daha da arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Kuraklığın biber fidelerindeki etkisi (orijinal)



Şekil 4.2. Tuzluluk ve kuraklığın biber fidelerindeki etkisi (orijinal)

Biberde tuz ve kuraklık stresi ile bunların interaksyonunun etkisinin incelenen çeşitlerde fide boyunu önemli düzeyde etkilediği tespit edilmiştir. Maraş ve Yalova çeşitlerinde en yüksek fide boyu 46,97-50,57 cm ile T0S1 uygulamasında belirlenirken en düşük fide boyu 21,57-29,51 cm ile T2S3 uygulamasında tespit edilmiştir. Tuz ve kuraklık stresi Maraş ve Yalova Çarliston çeşitlerinde gövde çapı üzerine olumsuz etki göstermiş olup bu olumsuz etki her iki stres faktörünün birlikte olmasıyla daha da fazla olmuştur. Bununla birlikte her iki çeşit de de tuz x kuraklık interaksyonu istatistiksel anlamda önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde fide boyu ve gövde çapı

NaCl	Sulama	Fide boyu (cm)		Gövde çapı (mm)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	46,97 a***	50,57 a***	5,63 a***	5,54 a***
	S2	36,35 b	46,83 ab	4,67 b	5,24 a
	S3	29,92 c	39,07 cde	4,40 b	4,17 bc
T1	S1	27,93 c	45,67 abc	4,19 bc	4,57 b
	S2	28,80 c	41,37 bcd	3,77 cd	3,89 cd
	S3	21,20 d	29,07 f	2,98 e	3,20 d
T2	S1	25,53 cd	35,67 def	3,56 d	3,63 cd
	S2	25,53 cd	33,38 ef	3,52 d	3,36 cd
	S3	21,57 d	29,51 f	2,93 e	3,15 d
Tuz		***	***	***	***
Sulama		***	***	***	***
TxS		***	***	ÖD	ÖD

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: %100 tam sulama; S2: %75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

Çalışmada kullanılan Maraş ve Yalova çeşitlerinde tuz ve kuraklık stresinin ve bunların interaksyonlarının yaprak sayısı ve yaprak alanı üzerine etkilerinin istatistiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir. Her iki çeşitte de en yüksek yaprak sayısı ve yaprak

alanı kontrol (T0S1) uygulamasında belirlenirken en düşük yaprak sayısı ve yaprak alanı tuz ve kuraklık stresinin birlikte ve en şiddetli uygulamalarında saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde yaprak sayısı ve yaprak alanı

NaCl	Sulama	Yaprak sayısı (adet/bitki)		Yaprak alanı (cm ² /bitki)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	35,67 a***	24,60 a***	435,21 a***	489,06 a***
	S2	24,73 b	21,73 ab	369,71 b	438,44 b
	S3	14,93 c	16,20 bc	324,38 c	313,63 d
T1	S1	15,40 c	18,00 b	264,61 d	368,64 c
	S2	13,20 c	13,13 cd	238,59 e	268,19 e
	S3	12,27 c	11,33 d	172,16 g	198,29 f
T2	S1	12,20 c	11,88 d	243,72 e	210,32 f
	S2	12,40 c	11,38 d	200,34 f	171,44 g
	S3	11,13 c	11,12 d	102,83 h	136,48 h
Tuz		***	***	***	***
Sulama		***	**	***	***
TxS		***	**	***	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: %100 tam sulama; S2: %75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

Maraş ve Yalova biber çeşitlerinde tuz ve kuraklık stresinin ayrı ayrı ve birlikte taze gövde ve taze kök ağırlığı üzerine etkisinin istatistiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir. En yüksek taze gövde (Maraş-29,50 g ve Yalova-39,44 g) T0S1, en düşük taze gövde ağırlığı ise T2S3 uygulamasında ortaya çıkmıştır. Her iki çeşitte de taze kök ağırlığı en yüksek T0S1 en düşük taze kök ağırlığı ise T2S3 uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde taze gövde ağırlığı ve taze kök ağırlığı

NaCl	Sulama	Taze gövde ağırlığı (g/bitki)		Taze kök ağırlığı (g/bitki)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	29,50 a***	39,44 a***	6,59 a***	8,56 a***
	S2	20,81 b	23,42 b	2,78 b	4,83 b
	S3	13,31 c	14,21 e	1,75 c	2,23 d
T1	S1	11,65 cd	21,34 c	1,44 cd	4,12 c
	S2	11,05 d	16,65 d	1,32 de	1,34 ef
	S3	5,70 fg	9,41 f	0,64 fg	0,87 g
T2	S1	9,00 e	8,66 f	0,97 ef	1,51 e
	S2	7,54 ef	8,30 f	1,01 ef	0,95 fg
	S3	4,59 g	6,78 g	0,56 g	0,98 fg
Tuz		***	***	***	***
Sulama		***	***	***	***
TxS		***	***	***	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: %100 tam sulama; S2: %75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

Taze gövde ve kök ağırlığı ile ilgili elde edilen verilere benzer şekilde araştırılan biber çeşitlerinde tuz ve kuraklık uygulamalarının kuru gövde ve kuru kök ağırlığını önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Maraş çeşidinde en yüksek kuru gövde (3,80 g) ve kök (0,68 g) ağırlığı kontrol (T0S1) uygulamasında, en düşük ise sırasıyla 1,07 ve 0,16 g ile T2S3 uygulamasında saptanmıştır. Gövde ve kök kuru ağırlığı ile ilgili benzer sonuçlar Yalova çeşidinde de tespit edilmiştir. Bununla birlikte, T2S1 ve T2S2 ile arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilememiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde gövde kuru ağırlığı ve kök ağırlığı ve klorofil değeri

NaCl	Sulama	Kuru gövde Ağırlığı (g/bitki)		Kuru Kök Ağırlığı (g/bitki)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	3,80 a**	4,68 a***	0,68 a***	0,89 a***
	S2	3,42 ab	4,26 ab	0,46 b	0,53 b
	S3	2,30 bc	2,66 bc	0,34 c	0,29 d
T1	S1	1,97 bc	2,26 c	0,34 c	0,40 c
	S2	2,24 bc	2,23 c	0,28 d	0,21 e
	S3	1,09 c	1,50 c	0,17 f	0,14 f
T2	S1	1,31 c	1,60 c	0,22 e	0,21 e
	S2	1,77 c	1,33 c	0,19 ef	0,13 f
	S3	1,07 c	1,26 c	0,16 f	0,14 f
Tuz		***	***	***	***
Sulama		*	ÖD	*	***
TxS		ÖD	ÖD	ÖD	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: %100 tam sulama; S2: %75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

Sera koşullarında yürütülen çalışmada tuz ve kuraklık (Yalova çeşidi hariç) stresinin Maraş ve Yalova çeşitlerinde klorofil değeri üzerine etkisinin ve tuz x kuraklık interaksyonunun önemli olduğu belirlenmiştir. Her iki çeşitte de en yüksek klorofil değeri T0S1 en düşük T2S3 uygulamalarında meydana gelmiştir. Genel olarak Maraş çeşidine ait klorofil değeri Yalova çeşidine göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde klorofil değeri

NaCl	Sulama	Klorofil değeri (SPAD)	
		Maraş	Yalova
T0	S1	40,27 a***	34,22 b***
	S2	35,90 bc	31,65 c
	S3	32,13 de	31,93 c
T1	S1	39,47 a	34,90 b
	S2	38,17 ab	36,97 b
	S3	39,73 a	40,50 a
T2	S1	33,77 cd	31,63 c
	S2	32,77 cde	31,20 c
	S3	30,20 e	28,07 d
Tuz		***	***
Sulama		***	ÖD
TxS		**	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: % 100 tam sulama; S2: % 75 sulama; S3: % 50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **:p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

4.2. Uygulamaların biber fidelerinde hasar indeksi, DOSİ ve EC üzerine etkisi

Yalova ve Maraş biber çeşitlerinde tuz ve kuraklık stresinin hasar indeksi, DOSİ ve EC üzerine etkisi Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Çizelge 4.6 incelendiğinde tuz ve kuraklık stresinin incelenen her iki çeşitte de hasar indeksini artırdığı görülmektedir. Bu artış Yalova çeşidinde Maraş çeşidine göre daha fazladır. Kurak ve tuz stresi şartlarında yetiştirilen biber fidelerinde DOSİ değerlerinde azalma görülürken, EC değerlerinde artış gözlemlenmiş olup bu durum her iki uygulamanın birlikte kullanıldığı durumlarda daha belirgin olmuştur (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.6. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde hasar indeksi

NaCl	Sulama	Hasar indeksi	
		Maraş	Yalova
T0	S1	0	0
	S2	1	2
	S3	1	2
T1	S1	1	2
	S2	2	2,5
	S3	2	2,5
T2	S1	1	2
	S2	2	2,5
	S3	2,5	2,5

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: % 100 tam sulama; S2: % 75 sulama; S3: % 50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **:p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

Çizelge 4.7. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde doku oransal su içeriği (DOSİ) ve elektriksel iletkenlik (EC)

NaCl	Sulama	DOSİ		EC	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	87,40 a***	80,49 a***	27,94 g***	17,29 e***
	S2	80,74 b	73,35 b	32,84 f	27,37 d
	S3	68,51 c	65,67 c	38,13 e	28,67 d
T1	S1	82,30 b	73,98 b	55,23 c	41,31 c
	S2	64,67 de	58,90 d	54,36 c	52,66 b
	S3	62,27 e	56,05 d	42,02 d	42,33 c
T2	S1	66,71 cd	71,06 b	59,15 ab	53,47 b
	S2	63,91 de	63,30 c	56,79 bc	56,89 b
	S3	57,84 f	55,54 d	62,47 a	64,22 a
Tuz		***	***	***	***
Sul		***	***	ÖD	***
TxS		***	*	***	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: % 100 tam sulama; S2: %75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

4.3. Uygulamaların biber fidelerinde fotosentetik aktivite (Pn), stomatal iletkenlik (Gs), CO₂ içeriği (Ci) ve transpirasyon hızı (Tr) üzerine etkisi

Araştırmada, tuzlu ve kurak koşullarda biber fidelerinde fotosentetik aktivite, stomatal iletkenlik, CO₂ içeriği ve transpirasyon hızının önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma tuzlu şartlarda kuraklığa göre daha fazla olmuş her ikisinin aynı anda uygulandığı durumda ise en fazla olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8, Çizelge 4.9).

Maraş ve Yalova biber çeşitlerinde en yüksek Pn değeri 6,34 ve 6,47 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ile T0S1 en düşük ise 2,80 ve 2,79 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ile T2S3 uygulamasında tespit edilmiştir. Benzer şekilde en yüksek Gs değeri 0,226 ve 0,09 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ile T0S1 en düşük 0,037 ve 0,028 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ile T2S3 uygulamasında meydana gelmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde net fotosentez hızı (Pn) ve gs (stomal iletkenlik)

NaCl	Sulama	Pn ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)		Gs ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	6,34 a***	6,47a***	0,226a***	0,090a***
	S2	6,02 a	5,60 b	0,213 a	0,075 b
	S3	4,60 c	4,32 c	0,050 b	0,057 c
T1	S1	4,09 c	4,18 c	0,055 b	0,056 c
	S2	5,30 b	3,52 d	0,047 b	0,044 de
	S3	3,52 d	2,94 e	0,034 b	0,023 g
T2	S1	4,52 c	3,80 d	0,046 b	0,051 cd
	S2	4,09 c	3,07 e	0,044 b	0,035 ef
	S3	2,80 e	2,79 e	0,037 b	0,028 fg
Tuz		***	***	***	***
Sulama		***	***	***	***
TxS		***	***	***	ÖD

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: %100 tam sulama; S2: %75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

Tuzluluk ve kuraklık uygulamaları ile bunların interaksyonunun denemede incelenen her iki biber çeşidinde içsel CO₂ içeriği (Ci) ve transpirasyon (Tr) üzerine etkisinin istatistiksel anlamda önemli olduğu bulunmuştur. Her iki çeşitte de en yüksek Ci ve Tr değeri T0S1 en düşük ise T2S3 uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde içsel CO₂ içeriği (Ci) ve terleme hızı (Tr)

NaCl	Sulama	Ci ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)		Tr ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	338,00ab***	276,00a***	4,71a***	2,59a***
	S2	328,67 b	266,33 ab	3,54 b	1,95 b
	S3	303,67 c	237,00 c	1,76 c	1,49 c
T1	S1	265,67 d	187,67 f	1,66 c	0,74 f
	S2	264,33 d	207,67 de	1,36 d	1,37 d
	S3	345,67 a	218,67 d	1,04 f	0,98 e
T2	S1	259,33 d	257,33 b	1,64 c	1,01 e
	S2	237,33 e	211,33 d	1,24 de	0,80 f
	S3	219,67 f	195,00 ef	1,11 ef	0,61 g
Tuz		***	***	***	***
Sulama		**	***	***	***
TxS		***	***	***	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: %100 tam sulama; S2: %75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli,

4.4. Uygulamaların biber fidelerinde yaprak bitki besin elementi içeriği üzerine etkisi

Çalışmada stres koşullarının fidelerde bitki besin element içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12, Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'de sunulmuştur. Çizelgeler incelendiğinde kuraklık ve tuz stres koşullarının denemede kullanılan her iki çeşide ait fidelerde bitki besin elementi içeriğini önemli ölçüde etkilediği tespit

edilmiştir. Stres şartları genelde yaprakta besin element içeriğini azaltırken tuzluluk uygulamaları Na ve Cl içeriğini artırdığı saptanmıştır.

Tuz ve kurak şartlarda yetiştirilen Yalova ve Maraş biber çeşitlerinin yapraklarında N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve B içeriği stresin bulunmadığı kontrol uygulamasına göre önemli ölçüde azalmış ve genellikle en düşük miktarlar T2S3 uygulamasında belirlenmiştir. Ancak Na ve Cl içeriği her iki çeşitte de özellikle tuz stresinin artışına paralel olarak artış göstermiştir (Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12, Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14).

Çizelge 4.10. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde yaprak N ve P içeriği

NaCl	Sulama	N (%)		P (mg/kg)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	3,01a***	2,88 a***	1790 a***	1848 a***
	S2	2,86 b	2,63 d	1736 cd	1649 c
	S3	2,75 de	2,74 b	1785 ab	1658 c
T1	S1	2,80 cd	2,75 b	1743 bc	1754 b
	S2	2,75 de	2,68 c	1754 abc	1541 d
	S3	2,83 bc	2,75 b	1739 cd	1641 c
T2	S1	2,66 f	2,71 bc	1695 de	1559 d
	S2	2,70 ef	2,73 b	1665 e	1449 e
	S3	2,42 g	2,59 d	1660 e	1346 f
Tuz		***	***	***	***
Sulama		***	***	ÖD	***
TxS		***	***	ÖD	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: %100 tam sulama; S2:% 75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

Çizelge 4.11. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde yaprak K ve Ca içeriği

NaCl	Sulama	K (mg/kg)		Ca (mg/kg)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	3111 a**	3245 a***	11120 a***	10805 a***
	S2	2855 b	2916 c	10330 cd	10624 b
	S3	2931 ab	2846 c	10684 b	10189 d
T1	S1	2917 ab	3047 b	10004 de	10585 b
	S2	2887 ab	2693 de	10223cd	10175 d
	S3	2705 bc	2749 d	10533bc	9796 e
T2	S1	2688 bc	2839 c	10321 cd	9720 e
	S2	2743 bc	2683 de	9788 ef	10478 c
	S3	2580 c	2619 e	9560 f	9519 f
Tuz		***	***	**	***
Sulama		*	***	**	***
TxS		ÖD	**	***	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: %100 tam sulama; S2: %75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

Çizelge 4.12. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde yaprak Mg ve Na içeriği

NaCl	Sulama	Mg (mg/kg)		Na (mg/kg)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	765,21 a***	843,98 a***	242,75 c***	228,43 de***
	S2	663,54 bc	628,77 c	241,76 c	218,28 e
	S3	668,36 b	624,45 c	216,78 d	223,26 de
T1	S1	678,95 b	766,75 b	259,08 b	233,43 d
	S2	636,99 cd	542,54 d	261,58 b	278,72 a
	S3	555,74 e	625,19 c	258,19 b	267,73 ab
T2	S1	571,94 e	522,93 d	263,58 b	245,58 c
	S2	627,58 d	510,18 d	278,60 a	260,24 b
	S3	547,62 e	526,06 d	279,45 a	277,06 a
Tuz		***	***	***	***
Sulama		***	***	***	***
TxS		***	***	***	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: %100 tam sulama; S2: %75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

Çizelge 4.13. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde yaprak Zn ve Fe içeriği

NaCl	Sulama	Fe (mg/kg)		Zn (mg/kg)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	39,70 a***	42,44 a***	24,06 a***	24,71 a***
	S2	34,54 b	33,65 d	22,96 ab	23,93 a
	S3	34,61 b	35,33 c	22,37 bc	21,42 b
T1	S1	36,38 b	38,97 b	20,67 cd	21,30 b
	S2	32,08 c	36,41 c	21,40 bcd	22,25 b
	S3	28,71 e	32,08 e	22,21 bc	19,93 c
T2	S1	31,07 cd	36,83 c	20,26 d	19,46 c
	S2	31,67 c	30,71 ef	20,95 cd	21,92 b
	S3	29,45 de	29,18 f	19,82 d	18,10 d
Tuz		***	***	***	***
Sulama		***	***	ÖD	***
TxS		***	***	ÖD	**

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: % 100 tam sulama; S2: % 75 sulama; S3: % 50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **:p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

Çizelge 4.14. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde yaprak B ve Cl içeriği

NaCl	Sulama	B (mg/kg)		Cl (mg/kg)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	17,80 a***	17,11 a***	69,31 e***	69,81 fg***
	S2	15,74 d	16,99 a	69,07 e	67,55 g
	S3	16,36 b	16,07 ab	73,30 d	74,37 de
T1	S1	15,92 cd	15,58 bc	77,18 bc	76,08 d
	S2	15,35 e	16,01 ab	76,72 c	68,64 g
	S3	16,191 bc	16,03 ab	79,88 ab	79,84 c
T2	S1	15,69 d	14,54 cd	82,08 a	84,97 b
	S2	15,06 ef	16,27 ab	79,61 abc	72,17 ef
	S3	14,78 f	13,79 d	82,09 a	89,70 a
Tuz		***	***	***	***
Sulama		***	*	***	***
TxS		***	*	NS	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: % 100 tam sulama; S2: % 75 sulama; S3: % 50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

4.5. Uygulamaların biber fidelerinde H₂O₂, MDA, prolin ve sakkaroz içeriği üzerine etkisi

Çalışmada kuraklık ve tuzluluk uygulamalarının Yalova ve Maraş biber çeşitlerinde H₂O₂, MDA, prolin ve sakkaroz içeriğini istatistiksel anlamda önemli düzeyde artırdığı bu artışın en fazla her iki stresin bir arada olduğunda meydana geldiği saptanmıştır. Çalışmada ayrıca incelenen parametreler bakımından interaksyonlarda çok önemli bulunmuştur. Maraş ve Yalova biber çeşitleri yapraklarında H₂O₂, MDA, prolin ve sakkaroz içeriği en düşük T0S1 (15,19-15,64, 8,39-6,69, 0,085-0,095, 1,0-1,17) en yüksek ise T2S3 (29,31-28,55, 13,46-10,75, 0,121-,0119, 1,20-1,36) uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.15, Çizelge 4.16).

Çizelge 4.15. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde H₂O₂ ve MDA içeriği

NaCl	Sulama	H ₂ O ₂ (mg/kg)		MDA (mg/kg)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	15,19f***	15,64 f***	8,39 f***	6,69 d***
	S2	19,52 cd	22,31 c	10,26 de	9,84 b
	S3	20,39 cd	19,40 de	9,57 ef	8,28 c
T1	S1	17,39 e	17,91 f	9,35 e	8,44 c
	S2	18,91 de	25,08 b	10,97 cd	9,97 b
	S3	23,93 b	20,22 cd	11,29 bc	8,08 c
T2	S1	21,03 c	21,53 cd	10,11 ef	9,38 b
	S2	19,17 d	26,99 ab	11,87 b	9,98 b
	S3	29,31 a	28,55 a	13,46 a	10,75 a
Tuz		***	***	***	***
Sulama		***	***	***	***
TxS		***	***	***	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: %100 tam sulama; S2: %75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

Çizelge 4.16. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde Prolin ve sakkaroz içeriği

NaCl	Sulama	Prolin (mg/kg)		Sakkaroz (mg/kg)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	0,085 f***	0,095 e***	1,00 e***	1,17 e***
	S2	0,094 cd	0,113 b	1,09 b	1,29 b
	S3	0,091 de	0,105 d	1,08 b	1,26 c
T1	S1	0,089 ef	0,105 d	1,04 cd	1,22 d
	S2	0,097 c	0,109 c	1,03 de	1,32 b
	S3	0,111 b	0,108 c	1,19 a	1,27 c
T2	S1	0,092 de	0,108 c	1,07 b	1,25 cd
	S2	0,099 c	0,115 b	1,06 bc	1,24 cd
	S3	0,121 a	0,119 a	1,20 a	1,36 a
Tuz		***	***	***	***
Sulama		***	***	***	***
TxS		***	***	***	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: %100 tam sulama; S2: %75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **: p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

4.6. Uygulamaların biber fidelerinde CAT, POD ve SOD aktivitesi üzerine etkisi

Çalışmada tuz ve kuraklık uygulamalarının biber çeşitlerine ait fidelerde CAT, POD ve SOD içeriği üzerine farklı şekilde etki gösterdiği tespit edilmiştir. Tuzluluk ve kuraklık koşullarındaki artışla birlikte genellikle CAT, POD ve SOD içeriği önemli derecede arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.17, Çizelge 4.18). Maraş ve Yalova çeşitlerinin yapraklarında en düşük CAT ve POD aktivitesi T0S1, en yüksek CAT ve POD aktivitesi ise T2S3 uygulamasında saptanmıştır.

Çizelge 4.17. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde CAT ve POD aktivitesi

NaCl	Sulama	CAT (EU g/yaprak)		POD (EU g/yaprak)	
		Maraş	Yalova	Maraş	Yalova
T0	S1	216,12 e***	216,92 g***	10482,09 f***	11416,88 f***
	S2	236,32 cd	244,10 e	11652,55 cd	12137,07 e
	S3	216,99 e	265,10 c	11209,85 e	12810,27 cd
T1	S1	240,83 cd	231,76 f	11449,48 de	12641,86 d
	S2	245,32 bc	281,44 b	12009,45 bc	13498,81 b
	S3	235,45 d	252,60 d	12418,63 b	13364,78 b
T2	S1	241,46 cd	258,47 cd	12162,14 b	12971,78 c
	S2	251,79 ab	279,61 b	12001,89 bc	13638,04 b
	S3	256,80 a	293,78 a	14706,06 a	13944,97 a
Tuz		***	***	***	***
Sulama		***	***	***	***
TxS		**	***	***	**

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: % 100 tam sulama; S2: % 75 sulama; S3: % 50 sulama; ***: p<0,001 önemli, **:p<0,01 önemli, ÖD: p>0,05 Önemli Değil

Maraş çeşidinde en yüksek SOD aktivitesi T0S2 (977,41 EU g/yaprak), T2S2 (970,92 EU g/yaprak) ve T2S3 (961,71 EU g/yaprak) uygulamasında tespit edilmiştir. Halbuki Yalova çeşidinde en yüksek SOD aktivitesi T2S3 (1061,71 EU g/yaprak) uygulamasında belirlenmiştir. Her iki çeşitte de en düşük SOD aktivitesi T0S1 uygulamasında ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.18. Tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında biberde fide döneminde SOD aktivitesi

NaCl	Sulama	SOD (EU g/yaprak)	
		Maraş	Yalova
T0	S1	705,73 e***	631,80 g***
	S2	977,41 a	859,26 d
	S3	797,38 d	858,55 d
T1	S1	893,13 c	721,82 f
	S2	897,31 bc	978,92 b
	S3	875,90 c	942,08 bc
T2	S1	899,22 bc	768,95 e
	S2	970,92 a	924,49 c
	S3	961,71 ab	1061,71 a
Tuz		***	***
Sul		***	***
TxS		***	***

T0: 0 mM NaCl; T1: 75 mM NaCl; T2: 150 mM NaCl; S1: %100 tam sulama; S2: %75 sulama; S3: %50 sulama; ***: p<0,001 önemli

5. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Tartışma

5.1.1. Kuraklık ve tuz stresinin biberde bitki gelişimi üzerine etkisi

Sera koşullarında yürütülen bu çalışmada, Maraş ve Yalova çarliston biber çeşitlerinde tuz ve kuraklık stresinin ayrı ayrı ve birlikte bitki gelişimi, besin maddesi içeriği ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. Gerek tuzlu koşulların gerekse kuraklık stresinin biberde bitki gelişimini önemli düzeyde olumsuz etkilediği, tuz stresinin etkisinin daha fazla olduğu her iki stres faktörünün bir araya gelmesiyle bu olumsuz etkinin daha da arttığı görülmektedir (Çizelge 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4).

Benzer şekilde tuzlu koşulların (Öztürk 1994; Atay 2006; Bora 2015) ve kuraklık stresinin biberde bitki gelişimi ve verimi olumsuz etkilediği bildirilmiştir. Tuz stresi bitkilerde; kök, gövde ve sürgün uzunluğu, yaprak alanı ve sayısı, klorofil miktarı ve veriminde azalmalara, ayrıca meyve tat ve renklerinde bozulma gibi farklılıklar ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bitki uzun bir süre tuzluluğa maruz kaldığında, yaşlı yapraklarda iyon toksisitesi ve su noksanlığı, genç yapraklarda ise karbonhidrat noksanlığı ve buna bağlı belirtilerin ortaya çıktığı belirlenmiştir (Greenway and Munns 1980; Tıprıdamaz ve Ellialtıoğlu 1994).

Tuzluluk ve kuraklık stresinin sebzelerde, sürgün gelişimini, yaprak alanı ve sayısını, kök uzunluğunu, toprak üstü ve toprak altı organlarda taze ve kuru ağırlıkları olumsuz etkilediği birçok araştırmada bildirilmiştir (Showemimo and Olarewaju 2007; Gadissa and Chemedda 2009; Köse 2011; Pıtır 2015). Hellal *et al.* (2012), biberde tuz stresi, Kuşvuran vd (2011) kavunda kuraklık stresi üzerine yaptıkları araştırmalarında artan stres sonucunda sürgün kuru ağırlığının azaldığını bildirmişlerdir.

Benzer şekilde, yapılan çalışmalar tuz ve kurak koşulların ayrı ayrı yada birlikte uygulandığı durumlarda soğan (Hancı and Cebeci 2015) ve soya fasulyesinde (Khan *et al.* 2016) bitki gelişimini olumsuz etkilediğini rapor etmiştir. Ayrıca, kuraklık ve tuzluluk abiyotik stres faktörlerinin bitkide kök ve yaprak gelişimini azaltarak bitki büyüme ve gelişimini olumsuz etkilediği daha öncesinde yapılan diğer çalışmalarla da belirlenmiştir (Aydemir 1992; Capell *et al.* 2004; Turan and Aydın 2005, Frooq *et al.* 2009; Dolferus 2014). Bulgularımıza paralel olarak benzer bir diğer çalışmada da lahanada tuz stresinin bitki gelişimi ve verimi önemli düzeyde olumsuz etkilediği tespit edilmiştir (Maggio *et al.* 2005). Kuraklık ve tuzluluk şartlarında yetiştirilen bitkilerde hücrede meydana gelen su kaybı, plazma zarında bozulmaya ve serbest kalan hidrolitik enzimler sitoplazma yapısının bozulmasına yol açarak sonuçta büyümede yavaşlama ve turgorda azalma meydana geldiği bildirmiştir (Kuşvuran 2010). Çalışmamızda, kuraklık ve tuz stresinin birlikte biberde bitki gelişimini ayrı ayrı uygulanmasına göre daha fazla olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bulgularımıza paralel olarak Ahmed *et al.* (2013), kuraklık ve tuzluluk stresinin birlikte arpa gelişimi üzerindeki bireysel stres koşullarından daha fazla olumsuz bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Toprak çözeltisi içerisindeki çözülebilir tuz miktarının aşırı olması durumunda, bitkilerin sudan yararlanabilme kapasiteleri azaltmaktadır (Yılmaz vd 2011). Biber çeşitleri genellikle tuza orta seviyede duyarlıdır (Chartzoulakis and Klapaki 2000; Supanjani *et al.* Lee 2006; Yıldırım ve Güvenc 2006). Toprağın veya sulama suyunun elektriksel iletkenliğindeki (EC) artma, biberde gelişme ve verimin azalmasına neden olmaktadır. Al-Maskri *et al.* (2010)' a göre, tuzluluk stresi, bitki gelişimini ve verimini yavaşlatan temel faktörlerdendir. Yüksek tuz seviyesinde yetiştirilen biberlerdeki büyümesinde ve verimindeki azalmanın sebebi olarak, fotosentezdeki azalma gösterilmiştir (Nieman *et al.* 1988; Chartzoulakis and Klapaki 2000). Kısa süreli kuraklık stresine uğrayan sebzeler yapraklardan meydana gelen su kaybını azaltmak için stomalarını kapatma yoluna giderler (Decoteau 2000). Bununla birlikte, uzun süreli kuraklık stresi şartlarında bitkilerde geri dönüşü olmayan hasarlar meydana gelir ve sonucunda ölüm meydana gelir. Kuraklığın bitkilerin tohum çimlenmesini, çıkışını, hipokotil uzunluğunu, su alımını ve kuru madde rezervlerinin taşınmasını, kök uzunluğunu, fotosentetik aktivitesini, karbon asimilasyonunu, kuru madde oluşumunu, çiçeklenmesini, çiçek tozu

oluşumunu, döllemeyi ve verimi gibi birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayı olumsuz etkilediği ortaya konulmuştur (Mckersie and Lehsem 1994).

Çalışmamızda kuraklık ve tuz stresi altında yetiştirilen biber çeşitlerinde klorofil değerlerinin (SPAD) azaldığı belirlenmiştir. Bu azalma her iki stres şartının bir arada olduğunda daha fazla olmuştur (Çizelge 4.5). Klorofil miktarında meydana gelen azalmaların klorofil membranlarının zarar görmesinden kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür (Yağmur 2008). Nitekim daha önce yapılan araştırmalarda tuz ve/veya kuraklık stresinin biberde (Okunlola *et al.* 2017) klorofil miktarını azalttığı bildirilmiştir.

5.1.2. Kuraklık ve tuz stresinin biberde hasar indeksi, DOSİ ve EC üzerine etkisi

Çalışmada, tuz ve kuraklık stresinin Maraş ve Yalova biber çeşitlerinde hasar indeksini artırdığı görülmüştür (Çizelge 4.6). Kurak ve tuz stresi şartlarında yetiştirilen biber fidelerinde DOSİ değerlerinde azalma görülürken, EC değerlerinde artış gözlemlenmiş olup bu durum her iki uygulamanın birlikte kullanıldığı durumlarda daha belirgin olmuştur (Çizelge 4.7). EC değerindeki bu artışın, hücre zarının stres koşullarından kaynaklanan hasardan kaynaklandığı düşünülmektedir. DOSİ'deki düşüşün, stomanın kapanmasıyla fotosentez hızında paralel bir azalmaya neden olduğu bildirilmektedir (Cornic 2000). Omami and Hammaes (2006) ayrıca, bitkilerde yaprak suyu potansiyeli, ozmotik potansiyel ve oransal su içeriğinin tuz ve su stresi ile azaldığını bildirmiştir. Bitkilerde kuraklık stresinin doku oransal su içeriğini azaltılması ile ilgili verilerin benzer çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür (Yuan *et al.* 2010; Asrar ve Elhindi 2011; Benabdellah *et al.* 2011). Masoumi *et al.* (2010) kuraklık stresinin yapraklarda hasara neden olduğunu ve bunun sonucunda elektrolitlerin hücre zarlarından sızmasını sağladığını bildirmiştir. Benzer çalışmalarda ıspanakta kuraklık stresi sonucu EC değerinin arttığı belirlenmiştir (Ekinci *et al.* 2015).

5.1.3. Kuraklık ve tuz stresinin biber fidelerinde fotosentetik aktivite (Pn), stomatal iletkenlik (Gs), CO₂ içeriği (Ci) ve transpirasyon hızı (Tr) üzerine etkisi

Araştırmada, tuzlu ve kurak koşullarda biber fidelerinde fotosentetik aktivite, stomatal iletkenlik, CO₂ içeriği ve transpirasyon hızının önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma tuzlu şartlarda kuraklığa göre daha fazla olmuş her ikisinin aynı anda uygulandığı durumda ise etkinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8, Çizelge 4.9). Fotosentez, tuzluluk ve kuraklık stresinden etkilenen karmaşık bir olay olup, stres koşullarının artmasıyla fotosentetik aktivitenin azaldığı bildirilmektedir (Chaves vd 2009). Çalışmamızda da su kısıtı ve tuzluluk oranındaki artış fotosentetik aktiviteyi azaltmıştır. Daha önce farklı bitkiler üzerine yapılan çalışmalarda tuzluluk ve kuraklık stresinin bitkide fotosentetik aktiviteyi olumsuz etkilediği rapor edilmiştir (Farooq *et al.* 2009; Ors *et al.* 2016; Xu and Leskovar 2015). Sanoubar *et al.* (2016), tuz stresinin lahanada yaprak fotosentez (Tr, gs ve Pn) etkinliğini azalttığını, Ashraf (2004) ise yüksek tuzluluk stresinin stoma sınırlaması nedeniyle fotosentezi azaltabileceğini belirtmiştir. Kuraklık bitki büyümesinde bir durgunluğa yol açarak hücre bölünmesinde durmaya ve meristem dokularının genişlemesine neden olur, bu da kuraklık stresi nedeniyle fotosentez oranını azaltır. Ayrıca, kuraklık stresinin, ışığın yakalanması ve kullanılması arasındaki dengesizlikten dolayı bitki dokularındaki fotosentetik etkinliği azalttığı belirtilmiştir (Noctor *et al.* Foyer 1998).

5.1.4. Kuraklık ve tuz stresinin biber fidelerinde yaprak bitki besin elementi içeriği üzerine etkisi

Kuraklık ve tuz şartlarında yetiştirilen Maraş ve Yalova biber çeşitlerinde genelde yaprakta besin element içeriği azalırken, tuzluluk uygulamaları ile Na ve Cl içeriğinde artış tespit edilmiştir (Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12, Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14). Benzer şekilde farklı çalışmalarda kuraklık ve tuz stresinin besin element içeriğini azalttığı rapor edilmiştir (Capell *et al.* 2004; Turan ve Aydın 2005; Ekinci *et al.* 2015; Yıldırım *et al.* 2015). Yapılan bir çalışmada, domateste fide aşamasında farklı tuz konsantrasyonlarının fide gelişimine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda

tuzluluk miktarı arttıkça tüm dozlarda K/Na oranının düştüğü, kök ve gövdedeki Na ve Cl konsantrasyonu ile K arasında negatif bir korelasyon olduğu belirtilmiştir. Daha önce yürütülen çalışmalarda, çilekte (Karlıdağ et al. 2011), marulda (Ekinci et al. 2012; Yıldırım et al.2015), ıspanakta (Ekinci et al. 2015) ve kabakta (Ors et al. 2016) tuzluluk ve kuraklığın bitkide besin elementi alımını azalttığı bildirilmiştir. Kuraklık stresi bitki besin elementlerinin yeterince alınamamasına ve bitkilerde besin elementi noksanlığının meydana gelmesine yol açmakta ve bu durum, respirasyon ve fotosentez gibi biyokimyasal olaylar dışında enzim aktivitelerinde de aksaklıkların ortaya çıkmasına ve sonuçta ozmotik dengenin bozularak bitki büyüme ve gelişmesinde olumsuzluklara yol açtığı bildirilmektedir (Kuşvuran 2010). Artan tuz dozlarına bağlı olarak yapraklardaki Na miktarı da artmıştır. Yapraklarda artan Na alımına bağlı olarak rekabet sonucu başta Ca olmak üzere K, P ve N alımları olumsuz etkilenmektedir. Bu durum Na ile diğer elementler arasındaki antagonizmden ileri gelmektedir (Fageria 2001). Güneş et al. (1996), biberde artan tuzluluk seviyelerinin, Na, Cl ve prolin içeriğini arttırdığını, Erdal vd (2000), hıyarda yaptıkları çalışmada; yüksek tuz uygulamasıyla birlikte bitkilerde Na miktarının arttığını bildirmişlerdir. Farklı patlıcan genotiplerine 150 mM tuz uygulamasından sonra bünyelerine Na iyon girişi miktarının arttığı, fakat bu artışın genotiplere göre önemli düzeyde farklılık gösterdiğini saptamıştır (Yaşar 2003). Yılmaz vd (2004), biberde yaptıkları çalışmada tuz dozlarının artmasıyla yaprak K⁺, Na⁺ içeriği ve K⁺ /Na⁺ oranının olumsuz etkilendiğini bildirmiş, Na⁺ konsantrasyonunun artması; yapraktaki K⁺ ve K⁺ /Na⁺ oranını düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Kuşvuran (2010), 100 mM tuz uygulanan *Cucumis sp.* genotiplerine ait bitkilerin yapraklarında, kontrol bitkilerine göre Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarında önemli düzeyde artışlar meydana geldiğini saptamışlardır.

5.1.5. Kuraklık ve tuz stresinin biber fidelerinde H₂O₂, MDA, prolin ve sakkaroz içeriği üzerine etkisi

Çalışmada kuraklık ve tuzluluk uygulamalarının Yalova ve Maraş biber çeşitlerinde H₂O₂, MDA, prolin ve sakkaroz içeriğini istatistiksel anlamda önemli düzeyde artırdığı, bu artışın en fazla her iki stresin bir arada olduğunda meydana geldiği saptanmıştır

(Çizelge 4.15, Çizelge 4.16). Oksidatif stres sonucu oluşan serbest radikallere bağlı olarak hücre zarındaki lipidler peroksidasyona uğramakta ve bunun son ürünü olarak malonaldehid (MDA) ortaya çıkmaktadır (Kuşvuran 2010). Yapılan benzer çalışmalar MDA birikiminin strese bağlı olarak arttığını göstermektedir. Kuraklık stresinin buğdayda strese maruz kalan bitkilerde MDA miktarını arttırdığı bildirilmiştir (Naveed *et al.* 2014). Birçok türde kuraklık stresi altında artan reaktif O_2^- radikali oluşum hızı; lipid peroksidasyonuna, yağ asidi doymunluğuna ve sonucunda membranların bütünüyle zarar görmesine neden olmaktadır (Fu and Huang 2001; Reddy *et al.* 2004). Serbest oksijen radikalleri hücre membranlarında lipid peroksidasyonuna neden olarak, membran lipidlerindeki peroksidasyon reaksiyonunu radikal olmayan konjuge ürünleri meydana getirmek için karbon veya peroksi radikalleri ile çapraz bağ kurarak sonlandırmaktadır (Cicerali 2004).

Kurak ve tuzlu şartlarda, suyun sınırlı olması bitki gelişimini sınırlandırır. Bitkiler bu olumsuz koşullara karşı bir takım uyum mekanizmaları geliştirirler. Bitkilerin geliştirdiği bu uyum mekanizmalarından biri de bitki dokusunun prolin içeriğinin artmasıdır. Kurak koşullarda ve tuz seviyesi yüksek topraklarda gelişen bitkilerin prolin içeriğinin arttığını, dolayısı ile prolin biriktirme özelliğinin de tuza dayanımın göstergesi olduğu belirtilmiştir (Hanson *et al.* 1977; Sing and Rai 1981; Chen *et al.* 2001; Ghoulam *et al.* 2002; Gırıja *et al.* 2002). Tuz stresine maruz bırakılan mısır bitkisinde, bitki boyu, nispi su içeriği ile toplam yaş ve kuru ağırlıklarda azalma saptanırken, prolin, Na ve Na/K oranlarında artma tespit edilmiştir (Çiçek ve Çakırlar 2002). Kurak bölgelerde ve tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerin prolin içeriğinin arttığı, dolayısıyla prolin biriktirme özelliğinin de tuza toleransın bir göstergesi olduğu belirlenmiştir (Chen *et al.* 2001; Ghoulam *et al.* 2002; Gırıja *et al.* 2002). Bitkilerde stres sırasında artan prolin birikimi reaktif oksijen türlerine karşı koruma sağlayarak bitkinin kuraklığa karşı toleransını arttırmaktadır (Armada *et al.* 2014). Prolin'in hücre içindeki görevi, lipid oksidasyonunu engelleyerek membran sistemlerini ve oluşturdukları bileşikler aracılığıyla da protein yapılarını korumaktır. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar, prolinin aynı zamanda sinyal iletiminde, mitokondri fonksiyonlarının düzenlenmesinde, hücre bölünmesi veya ölümünde ve gen anlatım

seviyelerinin düzenlenmesinde rol oynadığını göstermiştir (Anjum *et al.* 2011; Liang *et al.* 2013; Kishor and Sreenibasulu 2014). Bitkilerde ayrıca prolin birikiminin artması reaktif oksijen türlerinden biri olan hidrosil radikallerinin süpürücü fonksiyonlarına katkıda bulunmaktadır (Smirnoff and Cumbes 1989).

5.1.6. Kuraklık ve tuz stresinin biber fidelerinde CAT, POD ve SOD aktivitesi üzerine etkisi

Araştırmada, tuz ve kuraklık stresinin Maraş ve Yalova biber çeşitlerine ait fidelerde CAT, POD ve SOD içeriği üzerine farklı şekilde etki gösterdiği tespit edilmiştir. Tuzluluk ve kuraklık koşullarındaki artışla birlikte genellikle CAT, POD ve SOD içeriği önemli derecede arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.17, Çizelge 4.18). Benzer olarak; tuz stresi altındaki çeltik bitkilerinde SOD aktivitesinin yüksek olduğu (Lin and Kao 2000), değişik bitkilerin (pamuk, bezelye, şeker pancarı, dut) tuza toleranslı ve hassas çeşitlerinin SOD aktiviteleri üzerine tuz stresinin etkisini araştırıldığı çalışmalarda tuza dayanıklı çeşitlerde SOD aktivitesi daha yüksek bulunmuştur (Hernandez *et al.* 2001; Sudhakar *et al.* 2001; Bor *et al.* 2003; Meloni *et al.* 2003). Ayrıca, yapılan diğer bir çalışmada da tuz stresi altında yetiştirilen farklı bitkilerde (buğday, pirinç, salatalık) katalaz enzimi aktivitesinin düştüğü (Keleş ve Öncel 2002; Shim *et al.* 2003), tuz stresine toleransları farklı çeşitlerle yapılan çalışmalarda ise tuza toleranslı çeşitlerin katalaz ve peroksidaz aktivitelerinin daha yüksek olduğu (Sudhakar *et al.* 2001) belirlenmiştir. Bitkiler SOD, CAT, POD, APX ve GR' dan oluşan enzimatik antioksidant koruyucu sistemler ile strese karşı mücadele etmektedirler. Enzimatik olmayan antioksidan moleküllerin temel görevi fotosentetik membranların korunması iken, enzimatik antioksidan moleküller reaktif oksijen bileşiklerini indirgeyerek birikimlerini engellemektedirler (Farooq *et al.* 2009).

Miller *et al.* (2010), bitkilerin, ROS birikimini önleyen ve kuraklık stresi sırasında meydana gelen oksidatif zararı hafifleten hem enzimatik hem de enzimatik olmayan bileşenleri içeren antioksidan savunma sistemleri geliştirdiğini rapor etmiştir.

5.2. Sonuç ve Öneriler

- Çalışmada, biberde fide döneminde tuz ve kuraklık stres koşullarının bitki gelişimi, besin maddesi içeriği, bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Gerek tuzluluk gerekse kuraklık stres koşulları biberde bitki gelişimi ile fotosentetik aktivite, klorofil miktarı gibi bazı özellikler üzerine olumsuz etki göstermiş olup, bu etki iki stres faktörünün bir arada kullanıldığı uygulamalarda daha da fazla artış göstermiştir.
- Taze ve kuru kök-gövde ağırlığı ile biyomas değerleri, tuz-kuraklık uygulaması yapılmayan kontrol bitkilerine göre, tuz-kuraklık uygulanan bitkilerde daha az olmuştur.
- Bitki gövde çapı açısından yapılan değerlendirmede verilen su miktarının azalması ile birlikte uygulanan tuz dozunun artışının bitki gövde çapında azalmalara neden olduğu görülmüştür.
- Bitki yaprak sayısı ve alanı açısından yapılan değerlendirmede sulama suyu miktarı azaldıkça ve tuz miktarı arttıkça yaprak sayısının ve alanının azaldığı gözlemlenmiştir. En yüksek yaprak sayısı değerleri kontrol grubundan elde edilmiştir.
- Klorofil değeri tuz ve kuraklık stresine bağlı olarak olumsuz etkilenmiştir.
- Tuz ve kuraklık uygulamaları denemede kullanılan çeşitlerde hasar indeksini artırmıştır.
- Kurak ve tuz stresi şartlarında yetiştirilen biber fidelerinde DOSİ değerlerinde azalma görülürken, EC değerlerinde artış gözlemlenmiş olup, bu durum her iki uygulamanın birlikte kullanıldığı durumlarda daha belirgin olmuştur.
- Araştırmada, tuzlu ve kurak koşullarda biber fidelerinde fotosentetik aktivite, stomatal iletkenlik, CO₂ içeriği ve transpirasyon hızının önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir.
- Kuraklık ve tuz stresi koşullarının denemede kullanılan her iki çeşide ait fidelerde bitki besin elementi içeriğini önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir.
- Çalışmada kuraklık ve tuzluluk uygulamalarının Yalova ve Maraş biber çeşitlerinde H₂O₂, MDA, prolin ve sakkaroz içeriğini istatistiksel anlamda önemli düzeyde

artırdığı, bu artışın en fazla her iki stresin bir arada olduğunda meydana geldiği saptanmıştır.

- Stres koşullarına tolerans da biber fideleri antioksidan enzim aktivitesinde, prolin ve sakkaroz içeriğinde artış göstererek olumsuz koşullara adaptasyon sağlamaya çalışmışlardır.
- Kullanılan çeşitler arasında Maraş biber çeşidi stres koşullarına Yalova çeşidine göre daha toleranslı olduğu belirlenmiştir.
- Deneme arazi şartlarında tekrarlanarak biberde bitkinin fide döneminden sonraki dönemlerinde bu stres faktörlerine nasıl tepki vereceği belirlenmelidir.



KAYNAKLAR

- Agarwal, S., Pandey, V., 2004. Antioxidant enzyme response to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. *Biologia Plantarum*, 48(4): 555-560.
- Ahmed IM, Dai H, Zheng W, Cao F, Zhang G, Sun D, Wu F. 2013. Genotypic differences in physiological characteristics in the tolerance to drought and salinity combined stress between Tibetan wild and cultivated barley. *Plant Physiology and Biochemistry* 63: 49–60.
- Aktaş, H., 2002. Selection and Physiological Characterization of Pepper for Resistance to Salinity Stress. Ph.D. Thesis. Institute of Applied and Natural Science, University of Cukurova, Turkey. 105 pp. (In Turkish).
- Al-Maskri, A. H. M. E. D., Al-Kharusi, L., Al-Miqbali, H., & Khan, M. M., 2010. Effects of salinity stress on growth of lettuce (*Lactuca sativa*) under closed-recycle nutrient film technique. *Int. J. Agric. Biol*, 12(3), 377-380.
- Angelini, R., Federico, R., 1989. Histochemical evidence of polyamine oxidation and generation of hydrogen peroxide in the cell wall. *J. Plant Physiol*, (135): 212-217.
- Angelini, R., Manes, F., Federico, R., 1990. Spatial and functional correlation between diamine-oxidase and peroxidase activities and their dependence upon deetilation and wounding in chick-pea. *Planta*, 182: 89-96.
- Anjum S.A, Xie X, Wang, L., Saleem, M.F, Man, C., Lei, W., 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *Afr. J. Agric. Res.*, 6: 2026-2032.
- Armada, E., Roldan, A., Azcon, R., 2014. Differential activity of autochthonous bacteria in controlling drought stress in native lavender and salvia plants species under drought conditions in natural arid soil. *Microbial Ecology*, 67 (2), 410-420.
- Arora A, Sairam RK, Srivastava GC., 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Curr. Sci.* 82:1227-1238.
- Arslan A., 2011. Biberde 24-Epibrassinolid Uygulamaları ile Kuraklık Stresine Karşı Toleransın Artırılması. Yüksek Lisans Tezi, 105 sayfa. Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Ashraf, M., 1994. Breeding for salinity tolerance in plants, critical reviews in plant sciences, 13(1): 17-42.
- Ashraf, M., 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora* 199, 361–376.
- Asrar, A.W.A., Elhindi, K.M., 2011. Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18(1), 93–98.
- Atay, AN., 2006. Harran Ovası Koşullarında Damla Sulama Sistemi ile Sulanan Biberin Tuza Dayanımının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, 91 sayfa, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Aydemir, O., 1992. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Atatürk Üniversitesi Yayınları. No: 734. Erzurum.

- Ayers, R. S., Westcot, D. W., 1994. Food, agriculture organization of the United Nations (FAO), water quality for agriculture. Irrigation and Drainage, Rome, Paper, 29, 77044-2.
- Bates, L., Waldren, R.P., and Teare, J.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*. 39, 205-207.
- Baytorun, N., 1995. Seralar. ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın, (110).
- Benabdellah, K., Abbas, Y., Abourouh, M., Aroca, R., Azco'n, R., 2011 Influence of two bacterial isolates from degraded and non-degraded soils and arbuscular mycorrhizae fungi isolated from semi-arid zone on the growth of *Trifolium repens* under drought conditions: mechanisms related to bacterial effectiveness. *European Journal of Soil Biology* 47(5), 303–309.
- Bor, M., Özdemir, F., Türkan, I., 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. *Plant Science*, (164): 77-84.
- Bora M., 2015. Değişik Vejetasyon Dönemlerine Kadar Uygulanan Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Biberde Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 92 sayfa, Tekirdağ.
- Bosland, Paul W., Eric J. Votava, and Eric M. 2012. Votava. Peppers: vegetable and spice capsicums. Vol. 22. Cabi.
- Bray, E.A., Bailey-Serres, J., and Weretilnyk, E. 2000. Responses to abiotic stress. In *Biochemistry and molecular biology of plants*. Edited by B. Buchanan, W. Gruissen, and R. Jones. American Society of Plant Physiologists, Rockville, Md. pp. 1158–1203.
- Bremner, J. M., & Mulvaney, C. S., 1982. Nitrogen—total 1. *Methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2), 595-624.
- Büyük, Ş., Aydın, S. S., Aras, S., 2012. Bitkilerin stres koşullarında verdiği moleküler cevaplar, *Türk Hijyen Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2): 97-110.
- Caliskan, O., Radusiene, J., Temizel, K.E., Staunis, Z., Cirak, C., Kurt, D., Odabas, M.S., 2017. The effects of salt and drought stress on phenolic accumulation in greenhouse-grown *Hypericum pruinatum*. *Italian Journal of Agronomy* 2017; volume 12:918.: 271-275.
- Capell T, Bassie L, Christou P., 2004. Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress. *Proceedings of National Academy of Sciences, USA* 2004;101:9909-9914.
- Chartzoulakis, K., Klapaki, G., 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia horticulturae*, 86(3), 247-260.
- Cha-Um, S., Kirdmanee, C., 2009. 'Proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plantlets in response to iso-osmotic salt and water-deficit stress.' *Agricultural Sciences in China*, 8 (1): 51-58.
- Chaves, M. M., Flexas, J., Pinheiro, C., 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of botany*, 103(4), 551-560.

- Chen, C.T., Chen, L., Lin, C.C., Kao, C.H., 2001. Regulation of proline accumulation in detached rice leaves exposed to excess copper. *Plant Sci.*, 2001: 283-290.
- Chowdhury, M.A.M., Moseki, B. and Bowling, D.J.F., 1995. A method for screening rice plants for salt tolerance. *Plant and Soil*. 171: 317-322.
- Cicerali, I. N., 2004. Effect of salt stress on antioxidant defense systems of sensitive and resistant cultivars of lentil (*Lens culinaris* M.) (Doctoral dissertation, MSc Thesis submitted to the graduate school of natural and applied sciences of middle east technological Univ).
- Cornic, G., 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture-not by affecting ATP synthesis, *Trends in Plant Science*, 5 (5), 187–188.
- Çeçen Ö., 2004. Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisine Eksojen Olarak Uygulanan Naftalen Asetik Asit (NAA), Absisik Asit (ABA) ve Jasmonik Asit (JA)“in Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, 78 sayfa. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Van.
- Çiçek, N., Çakırlar, H., 2002. The effect of salinity on some physiol. Parameters in two Maize Cult. *Bulg. J. Plant Physiol.* 28 (1-2): 66-74.
- Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2), 11-34.
- Dalal, M., Dani, R.G., Kumar, P.A., 2006. Current trends in the genetic engineering of vegetable crops, *Scientia Horticulturae*, 107, 215–225.
- Decoteau, D.R. 2000. “Vegetable Crops, New Jersey, USA: Upper Rever Company.
- Demirel, K., Genç, L., Saçan, M., 2012. Yarı Kurak Koşullarda Farklı Sulama Düzeylerinin Salçalık Biberde (*Capsicum Annum* Cv. Kapija) Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi, *Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9-2, 7-15.
- Dolferus, R., 2014. To grow or not to grow: A stressful decision for plants. *Plant Sci.*, 2229: 247-261.
- Ekinci, M., Yıldırım, E., Dursun, A., Turan, M., 2012. Mitigation of salt stress in lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Crispa) by seed and foliar 24-epibrassinolide treatments. *HortScience*, 47(5), 631-636.
- Ekinci, M., Ors, S., Sahin, U., Yıldırım, E., Dursun, A., 2015. Responses to the Irrigation Water Amount of Spinach Supplemented with Organic Amendment in Greenhouse Conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46:327–342.
- Epstein, E., Norlyn, J. D., Rush, D. W., Kingsbury, R. W., Kelley, D. B., Cunningham, G. A., Wrona, A. F., 1980. Saline culture of crops: a genetic approach. *Science*, 210(4468), 399-404.
- Erdal İ. Türkmen Ö. Yıldız M., 2000 Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Hıyar (*Cucumis sativus* L.) Fidelerinin Gelişimi ve Kimi Besin Maddeleri İçeriğindeki Değişimler Üzerine Potasyumlu Gübrelemenin Etkisi Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, *Tarım Bilimleri Dergisi (j. Agric. Sci)* 2000, 10(1):25-29
- Fageria, V. D., 2001. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of plant nutrition*, 24(8), 1269-1290.
- FAO 2014. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.

- Farooq, M., Basra, S.M.A., Wahid, A., Rehman, H., 2009. Exogenously Applied Nitric Oxide Enhances the Drought Tolerance in Fine Grain Aromatic Rice (*Oryza sativa* L.). *J. Agronomy and Crop Science*, 195: 254–261.
- Fu J., Huang, B., 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress, *Environmental and Experimental Botany*, 45 (2), 105–114.
- Gadissa, T., Chemed, D., 2009. Effects of drip irrigation levels and planting methods on yield and yield components of green pepper (*Capsicum annuum*, L.) in Bako, Ethiopia. *Agricultural Water Management*, 96(11), 1673-1678.
- Ghoulam, C., Foursy, A., Fares, K., 2002. Effect of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany*. 47: 39-50.
- Gurija, C., Smith, B.N., Swamy, P.M., 2002. Interactive effect of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in pea nut (*Arabis hypogaea* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 47: 1-10.
- Gomez J.M., Hernandez, J.A., Jimenez, A., Del Rio, L.A., Sevilla, F., 1999. Differential response of antioxidative enzymes of chloroplasts and mitochondria to long-term NaCl stress of pea plants. *Free Radic Res.*, (31): 11-18.
- Gong, Y., Toivonen, P.M.A., Lau, O.L., Wiersma, P.A., 2001. Antioxidant system level in 'Braeburn' apple is related to its browning disorder. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, 42: 259–264.
- Göçmen, N., 2006. Biberlerde *Phytophthora Capsici*'ye Karşı Dayanıklılıkta Genotip X İzolat İnteraksiyonu ve Farklı Dayanıklılık Kaynaklarının Karakterizasyonu. Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi.
- Greenway, H., Munns, R., 1980. Mechanisms of Salt Tolerance in Non-halophytes, *Annual Review Plant Physiology*, 31, 149-190.
- Günes, A., Inal, A., Alpaslan, M., 1996. Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. *Journal of Plant Nutrition*, 19(2), 389-396.
- Güngör, Y. ve Erözel, Z., 1994. Drenaj ve Arazi Islahı. Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları No:1341, Ders Kitabı:389, Ankara, 232s.
- Hamada, E.A.M., Homoud, M.A., Kirkwood, R.C., El-Sayed, H., 1992. Studies on the adaptation of selected species of the Family Gramineae A. Juss to Salinization, *Afaeddes Repertorium*, 103: 128-798.
- Hancı, F., Cebeci, E., 2015. Comparison Of Salinity And Drought Stress Effects On Some Morphological And Physiological Parameters In Onion (*Allium Cepa* L.) During Early Growth Phase. *Bulgarian Journal Of Agricultural Science*, 21 (No 6) 2015, 1204-1210.
- Hanson, A.D., Nelsen, C.E., Everson, E.H., 1977. Evolution of free proline accumulation as an index of drought resistance using two contrasting barley cultivars. *Crop Sci.*, 17: 720-726.
- Havir, E.A. Mchale, N.A., 1987. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. *Plant Physiol*, (84): 1291-1294.
- Heimler, D., Tattini, M., Ticci, S., Coradeschi, M. A., Traversi, M. L., 1995. Growth, ion accumulation, and lipid composition of two olive genotypes under salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 18 (8): 1723-1734.

- Hellal, FA, Abdelhameid, M., Abo-Basha, DM ve Zewainy, RM (2012). Hamur fasulyesi (*Vicia faba* L.) üzerindeki silikon yaprak kullanımı ile toprak tuzluluk stresinin olumsuz etkilerinin azaltılması. Uygulamalı Bilimler Araştırmaları Dergisi, (Ağustos), 4428-4433.
- Hernandez, J.A., Jimenez, A., Mullineauxs, P. M., Sevilla, F., 2000. Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long-term salt stres is associated with induction of antioxidant defenses. Plant Cell Environ., (23): 853-862.
- Hernandez, J.A., Ferrer, M. A., Jimenez, A., Barcelo, A. R., Sevilla, F., 2001. Antioxidant systems and O₂/H₂O₂ production in the apoplast of pea leaves. Its relation with salt induced necrotic lesions in minor veins. Plant Physiology, (127): 817-831.
- Incrocci, L., Malorgio, F., Della Bartola, A., Pardossi, A. (2006). The influence of drip irrigation or subirrigation on tomato grown in closed-loop substrate culture with saline water. Scientia horticulturae, 107(4), 365-372.
- Işık F., 2012. Minirhizotron Kamera ile Elde Edilen Kök Yoğunluğu Görüntüleri Esas Alınarak Yapılan Sulamaların Biberin Kök Gelişimi, Verim ve Su Kullanım Randımanlarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, 68. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2005. The effects on drought on plants and tolerance mechanisms, Gazi University Journal of Science, 18: 723-740.
- Kanber, R., Kırdar, C. ve Tekinel, O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:21, Ders Kitapları Yayın No:6, Adana.
- Karlıdag H, Yıldırim, E, ve Turan, M., 2011. Role of 24-epibrassinolide in mitigating the adverse effects of salt stress on stomatal conductance, membrane permeability, and leaf water content, ionic composition in salt stressed strawberry (*Fragaria x ananassa*). Scientia Horticulturae 130:133-140 (2011).
- Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D., 2001. Enhancement of growth and normal growth parameters by foliar application of potassium and phosphorus in tomato cultivars grown at high (NaCl) salinity. Journal of Plant Nutrition, 24(2), 357-367.
- Kaya, C., Ak, B.E., Higgs, D., 2003. Response of salt-stressed strawberry plants to supplementary calcium nitrate and/or potassium nitrate. Journal of Plant Nutrition, 26: 543-560.
- Keleş, Y., Öncel, I., 2002. Response of antioxidative defence system to temperature and water stres combinations in wheat seedling. Plant Science. (163): 783-790.
- Khan, M. S. A., Karim, M. A., Haque, M. M., Islam, M. M., Karim, A. J. M. S., Mian, M. A. K., 2016. Influence of Salt and Water Stress on Growth and Yield of Soybean Genotypes. Tropical Agricultural Science. Pertanika J. Trop. Agric. Sci. 39 (2): 167 – 180.
- Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Hemmati, K., Khalighi, A., 2011. The effect of drought stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of Peppermint (*Mentha piperita* L.) Journal of Medicinal Plants Research Vol. 5(22), pp. 5360-5365.
- Kishor, P.B., Sreenivasulu, N., 2014. Is proline accumulation per se correlated with stress tolerance or is proline homeostatis a more critical issue? Plant Cell Environ., 37, 300-311.

- Köse, Ş., 2011. Türkiye’de Yetiştirilen Bazı Kabak Türlerinde(*Cucurbita sp.*) Kuraklık Stresine Tolerans Bakımından Genotipik Varyasyonun Belirlenmesi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, VAN.
- Kuşvuran, Ş., 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Adana,
- Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., Kazım, A. B. A. K., 2011. Farklı kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 21(3), 209-219.
- Lazof, D.B., Cheeseman, J.M., 1988. Sodium and potassium compartmentation and transport in the roots of intact lettuce plants. *Plant Physiology* 88: 1279–1284.
- Levitt, J., 1980. Responses of plants to environmental stresses. 2. Physiological Ecology. Academic Pres. Inc. p: 365-384.
- Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S.K., Becker, D.F., 2013. Proline mechanism of stress survival. *Antioxidants Redox Signaling*, 19 (9), 998-1011.
- Lin, C.C., Kao, C.H., 2000. Efferct of NaCl stres on H2O2 metabolism in rice leaves. *Plant Growth Regulation*. (30):151-155.
- Lopez, M.V., Satti, S.M.E., 1996. Calcium and potassium-enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress. *Plant Sci.*, 114: 19– 27.
- Maggio, A., Pascale, S.D., Ruggiero, C., Barbieri, G., 2005. Physiological response of field-grown cabbage to salinity and drought stress. *European journal of agronomy*, 23 (1), 57-67.
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, Salinity And Drought Stresses: An Overview. *Archives Of Biochemistry And Biophysics*, 444(2), 139-158.
- Martinez-Rodriguez, M. M., Santa-Cruz, A., Estan, M. T., Caro, M., Bolardn, M. C., 2002. Influence Of Rootstock In The Tomato Response To Salinity. *Acta Hort. (Ishs)* 573:455-460.
- Masoumi, A., Kafi, M., Khazaei, H., Davari, K., 2010. Effect of drought stress on water status, elecrolyte leakage and enzymatic antioxidants of *Kochia (Kochia scoparia)* under saline condition. *Pak. J. Bot.* 42, 3517-3524.
- McCollum, J.P. 1992. “Producing vegetable crops”. Interstate Publishers, Inc.41-42.
- McKersie, B.D., Leshem, Y.Y., 1994. *Stress and Stress Coping in Cultivated Plants*. Kluwer Academic Publishes, Dordrecht.
- Meloni, D. A., Oliva, M. A., Martinez, C. A., Cambraia, J., 2003. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stres. *Environ. and Exp. Botany*, (49): 69-76.
- Mertens, D., 2005a. Plants preparation of laboratory sample. In: Horwitz W, Latimer GW, editors. *Official Methods of Analysis*, 18th ed. Gaithersburg, MD, USA: AOAC, pp. 1–2.
- Mertens, D., 2005b. Metal in plants and pet foods. In: Horwitz W, Latimer GW, editors. *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Gaithersburg, MD, USA: AOAC, pp. 3–4.
- Miller, G., Susuki, N., Ciftci-Yilmaz, S., Mittler, R., 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant Cell Environ.* 33, 453–467.
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in plant science*, 7(9), 405-410.

- Morris, D. L., 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dreywoods anthrone reagent. *Science*, 107: 254-255.
- Mundree, S.G., Baker, B., Mowla, S., Peters, S., Marais, S., Willigen, C.V., Govender, K., Maredza, A., Muyanga, S., Farrant, J.M., Thomson, J.A., 2002. Physiological and molecular insights into drought tolerance. *Afr. J. Biotechnol.*, 1:23-38.
- Naveed, M., Hussain, M.B., Zahir, Z.A., Mitter, B., Sessitsch, A., 2014. Drought stress amelioration in wheat through inoculation with Burkholderia phytofirmans strain PsJN. *Plant Growth Regulation*, 73 (3), 121-131.
- Nieman, R. H., Clark, R. A., Pap, D., Ogata, G., Maas, E. V., 1988. Effects of salt stress on adenine and uridine nucleotide pools, sugar and acid-soluble phosphate in shoots of pepper and safflower. *Journal of experimental botany*, 39(3), 301-309.
- Noctor, G., Foyer, C.H., 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control, *Annual review of plant biology*, 49(1), 249-279.
- Okunlola, G. O., Olatunji, O. A., Akinwale, R. O., Tariq, A., & Adelusi, A. A., 2017. 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.
- Omami, E. N., Hammes, P. S., 2006. Interactive effects of salinity and water stress on growth, leaf water relations, and gas exchange in amaranth (*Amaranthus spp.*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 34(1), 33-44.
- Ors, S., Ekinci, M., Yildirim, E., Sahin, U., 2016. Changes in gas exchange capacity and selected physiological properties of squash seedlings (*Cucurbita pepo* L.) under well-watered and drought stress conditions. *Arch. Agron. Soil Sci.*, 62(12), 1700-1710.
- Özden, M., Demirel, U., Kahraman, A., 2009. Effects of proline on antioxidant system in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.) exposed to oxidative stress by H₂O₂. *Scientia Horticulturae*, 119(2), 163-168.
- Öztürk, A., 1994. Tabansuyu Derinliği ve Sulama Suyu Kalitesinin Biber Verimine Etkisi. Doktora Tezi, 107 sayfa, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara.
- Pıtır, M., 2015. Biber yetiştiriciliğinde farklı su kısıtlarının meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Quamme, H.A and Stushnoff, C., 1983. Resistance to Envi Ronmental Stress, In c *Methods in Fruit Breedingc*, (J.N. Moore, J. Janick, eds.) Purden Univ. Pres. West Lapayette. İndia. 242- 266.
- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., Vivekanandan, M., 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of plant physiology*, 161 (11), 1189–1202.
- Salama, S., Trivedi, S., Busheva, M., Arafa, A.A., Garab, G., Erdei, L., 1994. Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast sytructure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance, *J. Plant Physiol.*, 241-247.
- Sanoubar, R., Cellini, A., Veroni, A.M., Spinelli, F., Masia, A., Antisari, L.V., Orsini, F., Gianquinto, G., 2016. Salinity thresholds and genotypic variability of cabbage (*Brassica oleracea* L.) Grown under saline stress. *J. Sci. Food Agric.* 96, 319–330.

- Shim, I. S., Momose, Y., Yamamoto, A., Kim, D.W., Usui, K., 2003. Inhibition of catalase activity by oxidative stress and its relationship to salicylic acid accumulation in plants. *Plant Growth Regulation.*, (39): 285-292.
- Showemimo, F. A., Olarewaju, J. D., 2007. Drought tolerance indices in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Int J Plant Breed Genet*, 1(1), 29-33
- Singh, G., Rai, V.I.C., 1981. Proline accumulation and drought resistance, *Cicer arietinum* L. *Biol. Plant*, 23: 86-90.
- Smirnoff, N. Cumbes, Q.J., 1989. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. *Phytochemistry*, 28, 1057-1060.
- Sonneveld, C., 1988. The salt tolerance of greenhouse crops. *Netherlands journal of Agricultural science*.
- SPSS Inc. 2010. "SPSS® 18.0 Base User's Guide", Prentice Hall.
- Sudhakar, C., Lakshmi, A., Giridarakumar, A., 2001. Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulber (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. *Plant Science*, (161): 613-619.
- Supanjani, H. H., Jung, J. S., Lee, K. D., 2006. Rock phosphate-potassium and rock-solubilising bacteria as alternative, sustainable fertilizers. *Agron Sustain Dev*, 26(4), 233-240.
- Şahin, U., Ekinci, M., Ors, S., Turan, M., Yildiz, S., & Yildirim, E., 2018. Effects of individual and combined effects of salinity and drought on physiological, nutritional and biochemical properties of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). *Scientia horticulturae*, 240, 196-204.
- Şalk, A., Arın, L., Devenci, M., Polat, S., 2008. Özel sebzeçilik. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi
- Şeniz, V., Eser, B., Daşgan, Y., Akbudak, N., İlbi, H., Sürmeli, N., Başay, S., 2005. Sebze Üretiminde Gelişme ve Hedefler. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, VI. Teknik Tarım Kongresi.
- Tıprıdamaz, R., Ellialtıoğlu, Ş., 1994. Domates genotiplerinde tuza dayanıklılığın belirlenmesinde değişik tekniklerin kullanımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın, (1358).
- Turan, M., Aydın, A., 2005. Effect Of Different Salt Sources On Growth, İnorganic İons And Proline Accumulation İn Corn (*Zea Mays* L.). *Europ. Hort. Sci.*, 70 (3): 149-155.
- Weimberg, R. 1986. Growth and solute accumulation in 6-week old seedling of *Agropyron elongatum* stressed with sodium and potassium salts. *Plant Physiol.*, 67: 229-135.
- Weimberg, R. 1987. Solute Adjustments in Leaves of two Species of Wheat at two Different Stages of Growth in Response to Salinity. *Physiologia Plantarum*, 70(3), 381- 388.
- Xu, C., Leskovar D., 2015. Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 183; 39-47.
- Yaşar, F., 2003. Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin in vitro ve in vivo olarak incelenmesi. Doktora tezi, basılmamış, Y.Y.Ü. Fen Bil. Enst., Van

- Yee Y, Tam NFY, Wong YS, Lu CY., 2002. Growth and physiological responses of two mangrove species (*Bruguira gymnorrhiza* and *Kandelia candel*) to waterlogging. *Environmental and Experimental Botany*, 1-13.
- Yeo, A.R., Flowers, T.J. 1983. Varietal Differences in the Toxicity of Sodium Ions in Rice Leaves, *Physiologia Plantarum*, 59(2), 189-195.
- Yıldırım, E., Güvenç, İ., 2006. Çimlenme ve fide büyümesi sırasında biber çeşitlerinin tuz toleransı. *Türkiye Tarım ve Orman Dergisi*, 30 (5), 347-353
- Yıldırım, E., Ekinci, M., Turan, M., Dursun, A., Kul, R., Parlakova, F., 2015. Roles of Glycine betaine in Mitigating Deleterious Effect of Salt Stress on Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Taylor & Francis Journal, Archives of Agronomy and Soil Science*, DOI: 10.1080/03650340.2015.1030611. 61(12): 1673-1689.
- Yılmaz, K., Akıncı, D.E., Akıncı, S., 2004. Effect of Salt Stress on Growth and Na, K Contents of Pepper (*Capsicum annuum* L.) in Germination and Seedling Stages. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7 (4) :606-610.
- Yılmaz, E., Tuna, A. L., Bürün, B., 2011. Bitkilerin Tuz Stresi Etkilerine Karşı Geliştirdikleri Tolerans stratejileri. *CB Ü. Fen Bilim Derg*, 7(1), 47-66.
- Yokoi, S., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M., 2002. Salt stress tolerance of plants. *Jrcas Working Report.*, 25-33.
- Yordanova, R.Y., Christov K.N. and Popova L.P., 2004. Antioxidative enzymes in barley plants subjected to soil flooding. *Environ. Exp. Bot.* (51), 93-101.
- Yu, B., Gong, H. Liu, Y. 1998. Effects of calcium on lipid composition and function of plasma membrane and tonoplast vesicles isolated from roots of barley seedlings under salt stress. *J. Plant Nutr.* 21, 1589-1600.
- Yuan, G.F., Jia, C.G., Li, Z., Sun, B., Zhang, L.P., 2010. Effect of brassinosteroids on drought resistance and abscisic acid concentration in tomato under water stress. *Scientia Horticulturae*, 126 (2), 103–108.
- Yurtseven, E., 1999. Sürdürülebilir Tarım ve Tuzluluk Etkileşimi. VII. Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 11-14 Kasım 1999, Kapadokya, 237-245.
- Zhang, J. H., Huang, W. D., Liu, Y. P., Pan, Q. H., 2005. Effects of temperature acclimation pretreatment on the ultrastructure of mesophyll cells in young grape plants (*Vitis vinifera* L. cv. Jingxiu) under cross-temperature stresses. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47: 959-970.

ÖZGEÇMİŞ

25.07.1994 tarihinde Erzurum'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Sabancı ilk öğretim okulunda tamamladıktan sonra lise öğrenimini Nenehatun Kız Lisesinde tamamlamıştır. 2012 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünü kazanarak lisans öğrenimine başladı ve 2016 yılında mezun oldu. Halen Tarım ve Orman Bakanlığı, Erzurum/Horasanda Ziraat Mühendisi olarak çalışmaktadır.

