

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**BAZI BUĞDAY ÇEŞİTLERİNDE AZOTLU GÜBRE
UYGULAMALARININ KURAKLIK STRESİNE KARŞI
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet Kızıl

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRALAY**

ARTVİN-2022

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-ğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum ‘‘Bazı buğday çeşitlerinde azotlu gübre uygulamalarının kuraklık stresine karşı etkilerinin araştırılması’’ adlı tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin kğıt ve elektronik kopyalarının Artvin oruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim-ğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

☐ Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

18/11/2022
Ahmet KIZIL
İmza

JÜRİ TEZ KABUL TUTANAĞI
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRALAY danışmanlığında, Ahmet KIZIL tarafından hazırlanan çalışma 20/09/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Fuat YETİŞSİN İmza:.....

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Perinçek Seçkinozan ŞEKER İmza:.....

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRALAY İmza:.....

Yukarıdaki imzalar adı geçen öğretim üyelerine aittir.

..... / /

Prof. Dr. Hüseyin PEKER

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Bazı Buğday Çeşitlerinde Azotlu Gübre Uygulamalarının Kuraklık Stresine Karşı Etkilerinin Araştırılması” konu başlıklı bu araştırma yerli Kavılca ve tescilli Eminbey buğday çeşitlerinin, kuralık stresi koşullarında uygulanan azotlu gübreye karşı gösterdikleri reaksiyonu açıklayabilmek amacıyla ortaya konmuştur.

Bu tez araştırması Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmanın konusunu, halihazırda Kars ve Ardahan yörelerinde tarımı yapılan yerli Kavılca buğdayının mevcut potansiyeli oluşturmaktadır.

Tez çalışmalarında bilgisi ve tecrübeleriyle beni aydınlatan ve yüksek lisans eğitimim konusunda beni cesaretlendiren tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRALAY’a, teşekkürlerimi sunarım. Bilgi ve tecrübeleriyle çalışmalarına katkılarından dolayı Prof. Dr. Melahat ÖZCAN hocama ve laboratuvar çalışmalarımı gerçekleştirmemde, elde edilen verilerin analiz edilmesi aşamasında yardımlarını ve deneyimlerini esirgemeyen değerli arkadaşım Arş. Gör. Burak KILIÇ’a, buğday çeşitlerinin temin edilmesinde katkıları olan Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne ve Nejdet KANBİR Beyefendi’ye teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca ve tez çalışmam süresince yanımda olan değerli aileme, bilhassa sevgili annem Eser KIZIL’a, babam Abdurrahman KIZIL’a ve kardeşlerime sevgi ve saygılarımı sunar, sonsuz teşekkür ederim.

Ahmet KIZIL
Artvin – 2022

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ.....	I
JÜRİ TEZ KABUL TUTANAĞI.....	II
ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1 GENEL BİLGİLER	1
1.1 Giriş.....	1
1.2 Stres.....	2
1.2.1 Abiyotik Stres Faktörleri.....	3
1.2.2 Biyotik Stres Faktörleri	4
1.3 İklim Değişikliği, Kuraklık ve Tarım	4
1.4 Kuraklık Stresi.....	6
1.4.1 Kuraklık Stresi Altında Bitki Su İlişkileri.....	7
1.4.2 Ozmoprotektanlar ve Ozmotik Ayarlama	7
1.4.3 Kuraklık Stresinin Bitkinin Morfolojik, Biyokimyasal Ve Fizyolojik İşleyişine Etkisi	8
1.4.4 Kuraklıktan Kaçınma, Sakınma Ve Tolerans Mekanizmaları	8
1.5 Bitkilerde Azot Gereksinimi.....	11
1.6 Buğday	12
1.6.1 Siyez Buğdayı	13
1.6.1.1 Yabani Kaplıca Buğdayının Evcilleştirilmesi	15
1.7 Antioksidan Sistem ve ROT.....	16
1.8 Oksidatif Stres	18
2 MATERYAL VE YÖNTEM	20
2.1 Deney Materyali Temini ve Deneyin Tasarımı	20
2.1.1 Çalışmada Kullanılacak Tohumların Belirlenmesi	20
2.1.2 Tohumlara Uygulanacak Kuraklık Şiddetinin Belirlenmesi	20

2.1.3	Çimlenme Oranı ve Kök gelişimi.....	21
2.1.4	Taze Ağırlık ve Nisbi Su İçeriğinin (RWC) Belirlenmesi	21
2.2	Stres Parametrelerinin Belirlenmesi.....	22
2.2.1	Lipid Peroksidasyonu.....	22
2.2.2	Hidrojen Peroksit İçeriği	22
2.2.3	Prolin İçeriği.....	23
2.2.4	Klorofil ve Karotenoid İçeriği.....	23
2.3	Antioksidan Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi	24
2.3.1	Toplam Protein İçeriğinin Tayin Edilmesi.....	24
2.3.2	Süperoksit Dismutaz Enzim Etkinliği	24
2.3.3	Katalaz Enzimi Aktivitesi	25
2.3.4	Glutasyon Peroksidaz Aktivitesi.....	25
2.3.5	Askorbat Peroksidaz Aktivitesi.....	25
2.4	İstatistiksel Analizler	26
3	BULGULAR	27
3.1	Çimlenme Yüzdesi	27
3.2	Kök ve Fidecik Boyu.....	27
3.3	Nisbi Su İçeriği (RWC).....	28
3.4	Stres Parametreleri	29
3.4.1	Lipid Peroksidasyonu.....	29
3.4.2	Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂) İçeriği	30
3.4.3	Prolin İçeriği.....	32
3.4.4	Toplam Klorofil İçeriği	33
3.4.5	Toplam Karotenoid İçeriği	33
3.5	Antioksidan Enzim Aktivitesi	34
3.5.1	Süperoksit Dismutaz Aktivitesi.....	34
3.5.2	Katalaz (CAT) Aktivitesi	35
3.5.3	Glutasyon Peroksidaz (GPX) Enzim aktivitesi.....	37
3.5.4	Askorbat Peroksidaz (APX) Enzim aktivitesi.....	38
4	TARTIŞMA.....	40
5	SONUÇ VE ÖNERİLER	50
	KAYNAKLAR	52
	ÖZGEÇMİŞ.....	66

ÖZET

BAZI BUĞDAY ÇEŞİTLERİNDE AZOTLU GÜBRE UYGULAMALARININ KURAKLIK STRESİNE KARŞI ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Buğday (*Triticum aestivum* L.), poaceae familyasına ait tek yıllık otsu bir bitkidir. Buğday, gerek ülkemizde; gerekse dünya çapında üretimi en fazla olan en önemli tarım mahsullerinden biridir. Hemen hemen her türlü iklim ve toprak koşullarında yetiştirilebildiğinden dolayı ülkemiz (Türkiye) ve dünya üzerindeki bölgelerin genelinde yaygın bir şekilde üretimi yapılmaktadır. Modern buğdayın atası olarak kabul gören Siyez buğdayı (*Triticum monococcum*), Günümüze kadar genetik yapısını muhafaza etmiş ender bir bitki türüdür. Buğday bitkisi diğer tüm bitkiler gibi, yaşam döngüsü boyunca kaçınılmaz bir şekilde çeşitli biyotik ve abiyotik streslere maruz kalabilmektedir. Kuraklık, buğday verimini önemli ölçüde kısıtlayan en önemli abiyotik stresler arasındadır. Aynı zamanda Kuraklık, son yıllarda etkisini daha fazla hissettiren belki de en önemli abiyotik stres etkenidir. Kuraklık stresi bitkinin yaşam döngüsünde, tohum çimlenmesi gibi, çok erken dönemlerde ortaya çıkabilir. Buğday tohumunun çimlenme sürecinde farklı stres etkenlerine karşı oluşturduğu yanıtlar hala çalışılmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalara ek olarak ve literatüre yeni bilgiler kazandırmak amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kuraklık ortamını benzeştirmek için PEG (polietilen glikol) 6000 kullanılmıştır. Kuraklık koşullarında gübre etkisini takip etmek için ise azotlu gübre solüsyonları 50, 100, 200, 400 ve 600 ppm seviyelerinde uygulandı. Çalışmanın deney materyali olarak ülkemizde tescilli olarak yetiştiriciliği yapılan Eminbey ve Kars'ın yerel buğdayı olan Kavılca çeşitleri kullanıldı. Mevcut çalışma bulguları analiz edildiğinde kars siyez (Kavılca) buğday çeşidinin kuraklık koşulları karşısında tescilli Eminbey çeşidine göre daha yüksek bir tolerans gösterdiği tespit edildi. Ayrıca azotlu gübre uygulamasının da kuraklık stresine karşı tolerans artırıcı bir özelliğe sahip olduğu belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, Azotlu sıvı gübre, Buğday, Kavılca buğdayı

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF NITROGEN FERTILIZER APPLICATIONS AGAINST DROUGHT STRESS IN SOME WHEAT VARIETIES

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is an annual herbaceous plant belonging to the family Poaceae. Wheat is one of the most important agricultural products with the highest production both in our country and in the world. Because it can be grown in almost any climatic and soil conditions, it is widely produced in our country (Turkey) and regions around the world. The Siese wheat (*Triticum monococcus*), which is considered the ancestor of modern wheat, is a rare plant species that has preserved its genetic structure to the present day. The wheat plant, like all other plants, is inevitably exposed to various biotic and abiotic stresses throughout its life cycle. Drought is among the most important abiotic stresses that decisively restrict wheat yields. At the same time, drought is perhaps the most important abiotic stress factor, the impact of which has been increasingly felt in recent years. Drought stress can occur very early in the plant's life cycle, such as seed germination. The reactions of wheat germ to different stress factors during the germination process are still being studied. In addition to the studies conducted on this subject in October, this study was conducted to provide new information to the literature. PEG (polyethylene glycol) 6000 was used to simulate the drought environment in the study. Nitrogen fertilizer solutions at 50, 100, 200, 400, 600 ppm levels were applied to monitor the fertilizer effect under drought conditions. Kavılca varieties, which are the local wheat of Eminbey and Kars grown in our country, were used as the experimental material of the research. When the current study findings were examined, it was found that the Kars siyez (Kavılca) wheat variety showed higher tolerance than the Eminbey variety recorded in the face of drought conditions. In addition, it has been determined that nitrogen fertilizer application has the property of increasing tolerance to drought stress.

Keywords: Drought, Nitrogen liquid fertilizer, Wheat, Kavılca wheat

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Bitkilerdeki stres faktörleri	3
Şekil 2. Buğday türlerinin Ploidi yapıları (Faris 2014).....	16
Şekil 3. Çimlenme Yüzdesi (%).....	27
Şekil 4. Kök boyu.....	28
Şekil 5. Fidecik boyu	28
Şekil 6. Nisbi su içeriği (RWC%)	29
Şekil 7. Yapraklarda lipid peroksidasyonu seviyesi (MDA)	30
Şekil 8. Köklerde lipid peroksidasyonu seviyesi (MDA)	30
Şekil 9. Yapraklarda hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) içeriği	31
Şekil 10. Köklerde hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) içeriği	31
Şekil 11. Yapraklarda prolin içeriği.....	32
Şekil 12. Köklerde prolin içeriği.....	32
Şekil 13. Toplam klorofil içeriği	33
Şekil 14. Toplam karotenoid içeriği	34
Şekil 15. Yapraklarda süperoksit dismutaz enzim aktivitesi.....	35
Şekil 16. Köklerde süperoksit dismutaz enzim aktivitesi	35
Şekil 17. Yapraklarda katalaz aktivitesi	36
Şekil 18. Köklerde katalaz aktivitesi.....	36
Şekil 19. Yapraklarda glutatyon peroksidaz enzim aktivitesi	37
Şekil 20. Köklerde glutatyon peroksidaz enzim aktivitesi.....	38
Şekil 21. Yapraklarda askorbat peroksidaz aktivitesi.....	38
Şekil 22. Köklerde askorbat peroksidaz aktivitesi	39

KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrad derece
µl	Mikrolitre
APX	Askorbat Peroksidaz
CAT	Katalaz
GPX	Guaikol Peroksidaz
MDA	Malondialdehit
ml	Mililitre
mM	Milimolar
nm	Nanometre
PEG	Polietilen Glikol 6000
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
RWC	Nisbi su içeriği
SOD	Süperoksit Dismutaz

1 GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

Günümüz dünyasının başat sorunlarından biri olan küresel ısınma ve bunun ana sonuçlarından biri olan kuraklık faktörü, sürekli olarak artmakta olan bir dünya nüfusu için ciddiye alınması gereken bir durumdur. Gıda temininde yaşanan üretim ve arz problemleri, kuraklık stresinin oluşturduğu olası ürün kayıpları ile daha da ağırlaşmakta olup çözümlenmesi daha da zorlaşmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık değişimleri, etkilerini daha da arttıracak ve üzerinde yaşamakta olduğumuz topraklar da dahil olmak üzere, dünyanın birçok yerinde şiddetli mevsimsel kuraklıklar yaşanacaktır. Bunun hissedilebilir sonuçları olarak da tarımsal üretim, insan ve hayvan beslenmesi için gerekli olan buğday, hayvan yemi gibi temel besin kaynakları, ekilebilir alanların azalması, kuraklaşma sonucu meydana gelen çölleşme, çevresel bozulmalar ve su kalitesinin ve niceliğindeki azalmalar ve benzeri sorunlardan ötürü, buğday ve diğer bitkilerin mevcut zorluklarla baş edebilmesi için bu konuda bitki biyoteknolojisi çalışmalarına tüm zamanlardan daha çok ihtiyaç vardır.

Türkiye'nin ekonomik yönden büyümesinde, tarımın ve tarıma dayalı üretimin önemli bir yeri vardır. Türkiye, tarımsal biyoteknoloji yönünden potansiyel bir ülke konumundadır.

Su, dünyanın sahip olduğu belki de en önemli doğal kaynaklardan biridir. Mevcut su kaynakları hızla artan insan nüfusu trendlerine nispeten ihtiyacı karşılayamamaktadır. Aynı zamanda tarımsal üretim ve buna bağlı sanayi kuruluşlarının da ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. Doğa tahribatı, ormansızlaştırma, bilinçsiz tarımsal sulama, Tarım alanlarının bilinçsizce kullanımı, CO₂ emisyonları, küresel iklim değişikliği ve benzeri nedenler neticesinde kuraklığın da etkisini arttırması muhtemeldir.

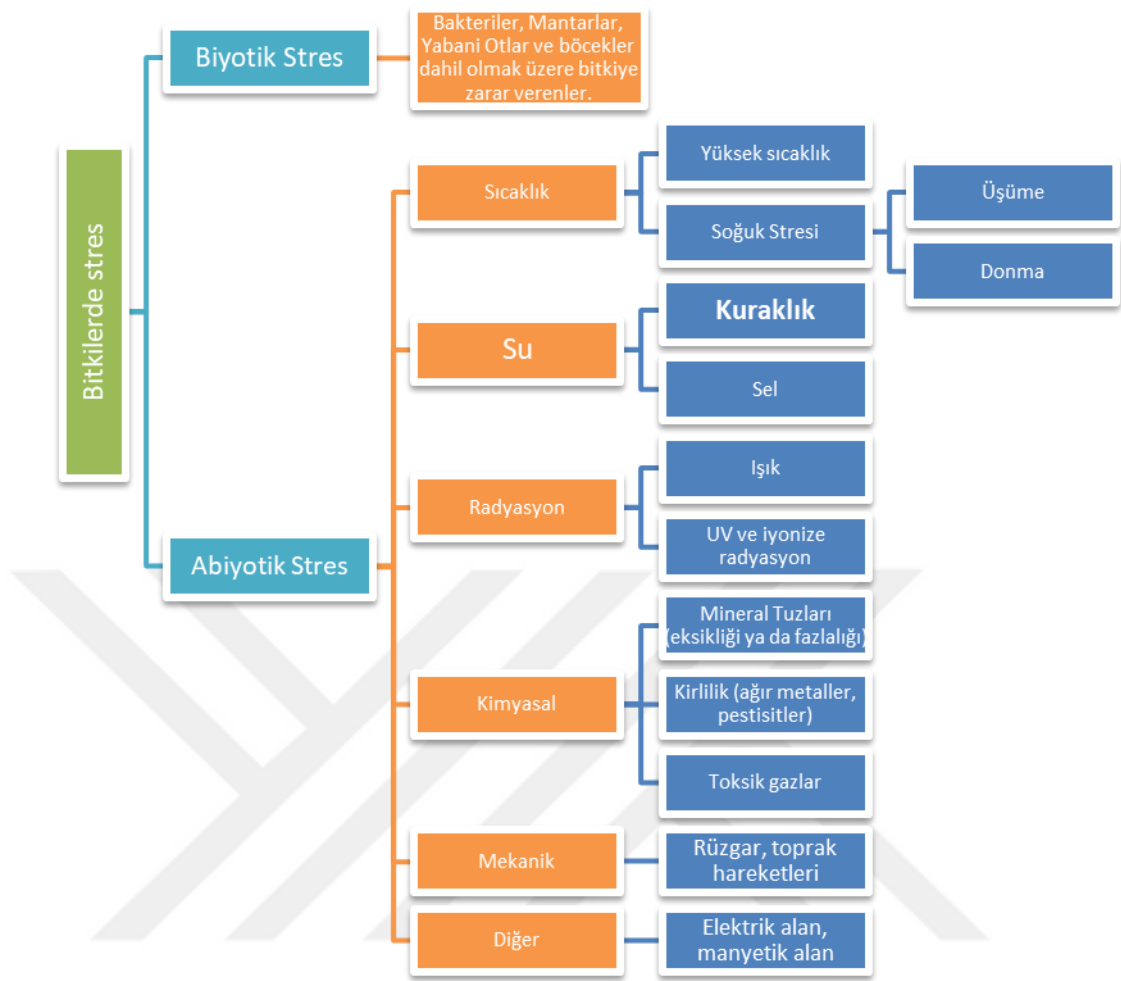
Ülkemiz (Türkiye) üç tarafı denizlerle kaplı olmasıyla, sanılanın aksine su fakiri bir ülkedir. Türkiye gibi gelişmekte olan ve ekonomisi çoğunlukla tarımsal üretim destekli sanayiye dayalı ülkelerin yanı sıra, dünyada kurak ve yarı-kurak iklim kuşaklarında

bulunan ülkeler su kaynaklarına erişim konusunda ciddi sıkıntılar yaşayacak ve su kıtlığı yaşanacaktır. Bütün bu sorunların ekonomik, sosyal ve politik yaşama olumsuz yansımaları kontrol edilemez olacaktır.

Kuraklık olgusu ile alakalı olarak iklim değişikliği ve bunun doğuracağı sonuçlar değerlendirildiğinde, ilgili konuda mevcut çalışmalara ek olarak özellikle bitkisel biyoteknoloji alanında araştırmaların ve stratejilerin geliştirilmesi elzemdir.

1.2 Stres

Bitki metabolik aktivitesini olumsuz yönde etkileyerek, bitkilerde fizyolojik, metabolik ve biyokimyasal zararlar oluşturan aynı zamanda bitkilerin büyüme ve gelişmesinde ciddi bir zararlar oluşturan bütün olumsuz çevresel faktörler, stres olarak adlandırılabilir. Bahsettiğimiz bu olumsuz çevre koşullarının neden olduğu stres faktörleri biyotik ve abiyotik kaynaklı olabilmektedir. Stres, biyokütle üretimi ve üreme gibi değişkenlerle ilgili olarak çeşitli seviyelerde sapmaya neden olur ki bu sapma genellikle azalış şeklinde kendini gösterir. Bazı bilim adamlarının ilgili konudaki görüşlerine bakıldığında: “Stres, olağanüstü derecede uygunsuz ortam şartlarına maruz kalmaktır.” Şeklinde tanımlanmaktadır (Otte 2001). Her yıl kuraklık, sıcaklık, tuzluluk, soğuk gibi abiyotik stres koşulları ve özellikle bunların farklı kombinasyonları, dünya çapında mahsul verimliliğine ağır bir zarar vermektedir. Bu olumsuz koşulların bitki verimliliği üzerindeki etkileri, küresel iklim değişikliklerinin artan hızı ve yoğunluğu ışığında son yıllarda daha da endişe verici hale geliyor. Abiyotik stres koşullarına karşı mahsul toleransını geliştirmek, bitkilerin çevrelerindeki değişikliklere verdiği tepkinin derinlemesine anlaşılmasını gerektirir (Devireddy vd. 2021).



Şekil 1. Bitkilerdeki stres faktörleri

1.2.1 Abiyotik Stres Faktörleri

Çevresel faktörlerden kaynaklı (kuraklık, yüksek sıcaklık, tuzluluk ve yüksek ışık ve benzeri) genellikle bitkilerin büyümesini ve gelişmesini olumsuz yönden etkileyen her türlü çevresel faktör, abiyotik stres olarak adlandırılabilir. Bu etkenlerden herhangi biri optimum toleransı aştığında, bu bitkide strese neden olur ki ve bu durumda bitkinin, büyümesini, gelişmesini, fizyolojisini ve biyokimyasal süreçlerini genellikle olumsuz yönden etkiler. Abiyotik streslerin bir bitkideki olumsuz etkileri öncelikle iyon dengesizliği ve hiperozmotik bir stres durumu meydana getirmesidir. Bunun sonucunda bitki bozulmuş olan homeostazı yeniden kurmak ve hasarlı proteinleri ve zarları korumak onarmak için strese yanıt veren mekanizmaları harekete geçirir. Bir bitki abiyotik strese maruz kaldığında, bir dizi gen devreye girer ve bu, bazıları mevcut strese belirli bir derecede koruma sağlamaktan sorumlu olabilen birkaç metabolit ve protein seviyesinin artmasına neden olur (Ahmad vd. 2010).

1.2.2 Biyotik Stres Faktörleri

Bitkiler, yaşamları süresince büyümeleri, gelişmeleri ve üretkenlikleri üzerine olumsuz etkileri olan çok sayıda biyotik ve abiyotik stres unsurları ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Biyotik faktörler arasında böcek zararlıları, mantarlar ve yabancı otlar bulunurken, abiyotik stresler arasında kuraklık, tuzluluk, ağır metaller, pestisitler, ultraviyole (UV) radyasyonun yanı sıra yüksek sıcaklık ve soğuk stresleri de yer almaktadır. Bütün bitki türleri, doğaları gereği stres unsurlarından kaçınamadıklarından dolayı sürekli olarak bu faktörlere maruz kalırlar ve yaşam döngülerini devam ettirebilmek için mevcut elverişsiz stres şartları altında aktifleştirilecek bir dizi mekanizmaya ihtiyaç duyarlar. Stresler hakkında yapılan çalışmalar sonucunda yayınlanan bazı raporlar streslerin, mahsul verimini ve mahsul üretimini sırasıyla %70 ve %50 oranında azaltarak büyümeyi ve üretkenliği önemli derecede olumsuz etkilediği bildirilmektedir (Sharma vd. 2019).

1.3 İklim Değişikliği, Kuraklık ve Tarım

Kuraklık, bitki büyümesine ve gelişimine ciddi boyutlarda zarar veren çevresel bir stres olmasının yanında, bitkisel üretimi ve mahsul bitkilerinin başarısını diğer çevresel faktörlere göre daha fazla sınırlar. Kuraklık stresi iklimsel, edafik ve agronomik faktörlerden etkilenir. Bitkilerin kuraklık stresine karşı hassasiyeti, stres derecesine ve buna eşlik eden farklı stres faktörlerine aynı zamanda bitki türlerine ve gelişim aşamalarına bağlı olarak değişmektedir (Anjum vd. 2011). Kuraklık, bitkilerin gelişmesi ve üretkenliği üzerindeki en istenmeyen olumsuz aktörlerden biridir. Kuraklık, aynı zamanda değişen küresel iklim koşullarında sürdürülebilir bir tarımsal üretim kapasitesi için sınırlayıcı bir etkiye sahip olmakla beraber, ciddi bir tehdit olarak da kabul görmektedir. İlaveten Kuraklık, bitkilerde hücrel metabolizmadan büyüme derecelerine ve ürün verimine dek birçok değişikliğe ve muhtelif bitki tepkilerini tetiklemeye neden olur (Anjum vd. 2011; Nezhadahmadi, Prodhan, ve Faruq 2013). Bunun yanı sıra kuraklık, tarıma, ekolojik sistemlere ve insan topluluklarına yüksek maliyetleri olan dünyadaki en pahalı doğal afetler arasındadır. İklim değişikliğinin, özellikle şu anda önemli ölçüde su noksanlığı yaşayan yarı kurak bölgelerde, dünyanın birçok bölgesinde kuraklığın sıklığını ve şiddetini arttırması beklenmektedir. Kuraklıkla beraber artan nüfus ve değişen iklimsel parametrelerin

etkisi ile zor zamanların beklediği dünyamızın, gıda ve beslenme güvenliğini sağlamak elzemdir. Bu açıdan, tarım her zamankinden daha çok üzerinde düşünülmesi gereken önemli bir konudur.

İklim değişikliği konusunda gelecekteki iklim senaryoları hakkında halen bir çeşit belirsizlikler olsa da ilgili konudaki çeşitli araştırmalar iklim değişikliğinin gelecek yıllarda tarımsal verimliliği önemli derecede olumsuz etkileyeceği öngörülüyor olmasıyla, tarımsal verimlilikte dikkate değer bir azalışa neden olacağı bildiriliyor.

İklimin temel bileşenlerinden olan sıcaklık, yağış ve sera gazları, toprak verimliliğini, sulama kaynaklarını, haşere istilasını, bitki fizyolojisi ve metabolik faaliyetlerini önemli derecede olumsuz etkilemektedir. Tarım geniş hacmi ve hava parametrelerine hassasiyeti nedeniyle iklim değişikliğine karşı en savunmasız sektördür diyebiliriz, bu anlamda ekonomik etkileri de bir hayli büyük orandadır. 2100 yılına kadar kuraklıktan etkilenen alanların %44,0'ten %154'e çıkması öngörülmektedir. Ayrıca, kuraklık yaşanan bölgelerdeki mahsullerin veriminin 2050'ye kadar %50'den fazla 2100'e kadar neredeyse %90 oranında azalması bekleniyor (Malhi, Kaur, ve Kaushik 2021). Tam da bu noktada iklim değişikliğinin başta buğday olmak üzere, diğer tarımsal ürünler açısından etkilerini minimize etmek için kuraklığa dayanıklı buğday çeşitlerinin araştırılması ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinde dayanıklı çeşitlerin keşfedilmesi elzemdir. İklim değişikliğinin olumsuz etkileri hem mikro hem de makro düzeydeki bu müdahalelerle azaltılabilecekken aksi takdirde çok büyük kayıplara neden olabilir. Bitkilerin iklim değişikliğine karşı gösterdiği reaksiyon, bitki türüne ve bitkinin gelişme aşamasına göre değişiklik gösterir (Malhi vd. 2021). IPCC'nin iklim hassasiyeti aralığının olasılıklı hesaplamaları ile tahmin edildiği üzere, ortalama küresel sıcaklığın 2100'de 2 °C ve 2400'de 4,2 °C artması bekleniyor.

Bitkilerin su kullanım verimliliği (WUE), bitki metabolizmasında kullanılan suyun terleme ve diğer işlemler ile kaybedilen suya oranını ifade eder. WUE, bitkinin orta veya şiddetli toprak su açığı ile başa çıkma yeteneğini belirler, aynı zamanda kuraklık stresi altında bitkilerin hayatta kalmasında önemli bir faktördür ve sınırlı su mevcudiyeti koşulları altında mahsul veriminin temel belirleyicilerinden biridir (Schulz vd. 2021).

İklim faktörleri nedeniyle bitkiler başta kuraklık, tuzluluk, ısı stresi, soğuk stresi gibi çeşitli abiyotik streslerle yüzleşmek zorunda kalmaktadır.(Malhi vd. 2021). Kuraklık olgusu, özellikle gelişmekte olan ülkelerin (Türkiye vb.) tarımı üzerinde ciddi boyutlarda zararlı olabilmektedir. Mahsul verimini etkilemenin yanı sıra, ekim alanlarını da önemli ölçüde etkiler. Küresel ısınma, dünyanın gıda güvenliği için ciddi bir tehdit oluşturacak, Dünya nüfusu için iklim değişikliği karşısında gıda tedarik etmek, kuraklık faktörünün tarımsal üretim üzerindeki büyük etkisi nedeniyle zannedildiği kadar kolay bir iş değildir, bu konuda gerekli önlemler alınmazsa yakın gelecekte çok ciddi sıkıntılar ile karşı karşıya kalınabilir (Malhi vd. 2021).

1.4 Kuraklık Stresi

Doğadaki bitkiler, yaşamları boyunca birtakım abiyotik ve biyotik stres faktörlerine maruz kalırlar. Bu muhtelif stres faktörleri arasında kuraklık stresi, bitkilerin büyümesi ve gelişmesini engelleyen en yaygın çevresel streslerden biridir. Abiyotik stresler arasında kuraklık, tuzluluk, sıcaklık vb. yer alır. Çevresel stresler arasında kuraklık stresi en yaygın olanıdır ve özellikle tarım ürünlerinin büyümesini ve gelişmesini olumsuz etkiler (Fathi ve Tari 2016; Seleiman vd. 2021).

Kuraklık stresi, aynı zamanda bitki gelişimini, performansını ve üretkenliğini olumsuz etkileyen başlıca abiyotik streslerden biridir. Su eksikliği stresine sebep olan kuraklık, bitkilerde su kıtlığına, sınırlı büyümeye ve verime neden olur. Su eksikliği sonucu bitkilerde oluşan kuraklık stresi, bitki su potansiyelinde ve turgorda hücrelerin normal işleyişini bozacak kadar bir düzeyde azalmaya sebep olur. Kuraklık stresi koşullarının fizyolojik etkisi, stresin şiddeti ve süresine göre değişir. Kuraklık stresi bitkide stoma açılmasını azaltır, CO₂ fiksasyonunu kısaltır ve neticede bitkilerde ROT birikimine ve bunun sonucu olarak da hücrede oksidatif hasara yol açar.

Kuraklık stresi, tarımsal üretimi ve verimini sınırlayan en önemli olgulardan biri olarak görülmektedir. Bitkilerin vejetatif ve üreme aşamaları kuraklık stresinden yoğun bir şekilde olumsuz etkilenir. Buğday ve diğer tarım ürünleri kuraklığın üstesinden gelebilmek için çeşitli morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler bir çeşit tepkiler gösterirler.

Kuraklık stresi dünya genelinde bitkisel üretimi önemli ölçüde daraltan stresörlerdendir. Buğday verimi, kuraklık stresinin derecesinden ve uygulama aşamasından etkilenir (Seleiman vd. 2021). Artan dünya nüfusu, küresel ısınma ve öngörülen sıcaklık artışı nedeniyle yakın gelecekte tarımsal üretim, çok ciddi sorunlarla karşı karşıya kalacaktır. Kuraklık nedeniyle, dünya çapında verimlilik son birkaç yılda buğdayda %21 oranında azalmıştır. (Sachdev vd. 2021). Bu sebeple kuraklığa toleranslı ve yüksek verimli genotiplerin kullanılması ve aynı zamanda kuraklığa duyarlı yerel çeşitleri, kuraklığa toleranslı ve dayanıklı bir hale getirebilmek için stres sonuçlarıyla başa çıkılması için yeni yaklaşımlar ve yöntemler benimsenmelidir.

1.4.1 Kuraklık Stresi Altında Bitki Su İlişkileri

Yaprak bağıl su içeriği (RWC) ve hücre zarı stabilitesi (CMS), bitkilerde kuraklık stresi toleransının ölçüleridir. Kuraklık stresi genellikle iyon dengesizliğine yol açan oksidatif ve ozmotik streslerle ilişkili bir olgudur ve bu da hücre zarının yapısında ve diğer çeşitli hücresel işlevlerde ciddi değişikliklere yol açar (Bernardo vd. 2019). Azaltılmış RWC ve CMS, kuraklık stresi koşulları altında yetiştirilen bitkilerde rapor edilmiştir, burada stres şiddeti arttıkça azalma kademeli olarak artar (Hammad ve Ali 2014). Kuraklık, membran lipidlerinin bozulmasına neden olur ki bu durum da hücre zarlarının hasarlanmasına yol açar. Zarlar genellikle hücreden daha fazla elektrolit sızıntısına izin vermek için daha geçirgen hale gelir (Petrov vd. 2018). Stres altındaki farklı bitkilerde bağıl su içeriğinde %40'tan fazla azalma olduğu literatürdeki çalışmalarda rapor edilmiştir (Efeoğlu, Ekmekçi, ve Çiçek 2009; Nayyar ve Gupta 2006; Slabbert ve Krüger 2014).

1.4.2 Ozmoprotektanlar ve Ozmotik Ayarlama

Bitkilerde en yaygın stres tolerans stratejilerinden biri, "ozmolitler" adı verilen farklı türdeki uyumlu organik çözünenlerin aşırı üretimidir. Bu ozmolitler (örneğin, prolin, glisin-betain, mannitol, sorbitol, vb.) genellikle toksik değildirler. Reaktif olmayan moleküller, ozmotik ayarlamaya katkı, reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonu, zarların stabilizasyonu ve enzimlerin ve proteinlerin doğal yapıları gibi farklı yollarla bitkileri stresten korurlar (Munns 2002).

Bunlar aynı zamanda uyumlu çözünenler olarak da bilinir ve hücrenin ozmotik dengesini korumak için kuraklık stresi altında hücrenin sitozolünde biriktikleri bilinmektedir (Hoekstra, Golovina, ve Buitink 2001). Biyolojik membranlar birçok abiyotik stresin ilk hedeflerinden biridir. Kuraklık stresi altında membranların bütünlüğünün ve stabilitesinin korunmasının bitkilerde kuraklık toleransının önemli bir bileşeni olduğu genel olarak kabul edilmektedir. Ozmoprotektanlar ayrıca lipidler ve proteinler arasındaki hidrofilik etkileşimi sürdürerek zarı stresin zararlı etkilerinden korur (Tamura vd. 2003). Ayrıca DNA'yı ROT hasarından koruyan serbest radikal süpürücüler olarak da hareket ederler. Bitkiler ayrıca, yalnızca ozmoprotektan olarak çalışmakla kalmayıp aynı zamanda ozmotik stres altında ROT'u temizleyen bu çözünenler aracılığıyla ozmotik ayarlama yoluyla hücrenin membran stabilitesini korurlar (Mahajan ve Tuteja 2005). Osmolitler makromoleküllerin yapısını korur, çeşitli proteinlere stabilite verir ve ayrıca bir pH tamponu görevi görür (Szabados ve Savouré 2010; Trovato, Mattioli, ve Costantino 2008). vb.

1.4.3 Kuraklık Stresinin Bitkinin Morfolojik, Biyokimyasal Ve Fizyolojik İşleyişine Etkisi

Kuraklık stresi altındaki bitkiler genellikle zayıf büyüme, azalan yönde bir yaprak su içeriği, düşük turgor basıncı (Tahi vd. 2007), ve düşük terleme oranı sergiler (Özenç 2008). Uzun süreli kuraklık, protein sentezi, nitrojen asimilasyonu ve hücre zarı aktivitesi gibi birçok bitki hücresel fonksiyonunu bozar (Saneoka vd. 2004a). Nitekim kuraklık stresi bitkiler üzerinde çeşitli morfolojik, fizyolojik ve moleküler etkilere sebep olur.

1.4.4 Kuraklıktan Kaçınma, Sakınma Ve Tolerans Mekanizmaları

Kuraklık, dünya çapında mahsul verimliliğini tehdit eden en ciddi abiyotik stres faktörlerinden biridir (OlaOlorun, Shimelis, ve Mathew 2021). Tarımsal üretim alanlarının %45'e kadarı, genellikle buğday gibi tarımsal ürünlerin kritik büyüme aşamasında kuraklık stresine maruz kalmaktadır (Li vd. 2022). Bitkiler, hüküm süren kuraklık stresine karşı hücresel ve tüm organizma seviyelerinde çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler gösterirler (Zia vd. 2021). Kuraklık koşulları altında, buğday ve benzeri mahsul bitkilerinin kuraklıktan kaçış, kuraklıktan sakınma ve kuraklık

toleransı dâhil olmak üzere, üç farklı hayatta kalma ve verim oluşum mekanizmaları mevcuttur ve mevcut bu mekanizmaları benimsemesi elzemdir (Katuwal, Schwartz, ve Jespersen 2020; Skirycz vd. 2011; Tardieu 1996; Ullah vd. 2021). Bu tepkiler genellikle üç gruba ayrılır; kuraklıktan kaçış, kuraklıktan kaçınma ve kuraklığa tolerans (Zia vd. 2021). Kuraklığa uyum mekanizmasının bu önemli bileşenleri arasında, kuraklıktan kaçınma ve kuraklık toleransı, mahsullerin kuraklığa dayanıklılık kazandırdığı önemli iki ana mekanizmadır (Fang ve Xiong 2015).

Bazı bitkiler, hızlı fenolojik gelişimlerine atfedilen gerçek kuraklık stresi oluşmadan önce yaşam döngülerini tamamlayarak kuraklıktan (DE) kaçarak. Bu, bitkinin bazı organlarda besinleri saklama ve onları verim üretimi için dolaşıma sokma yeteneği ile sağlanır. Yani Protoplazmadaki suyun azalması ve bitkinin bu durumu, kendisine zarar verecek kadar uzun sürmesini engelleyecek stratejiler geliştirmesi, kuraklıktan kaçınma olarak ifade edilebilir. Örneğin; Su depolayarak uzun süre canlılıklarını sürdürebilen sukkulent bitkiler örnek olarak verilebilir. Kuraklıktan kaçınma esasen, bir su kıtlığı varlığında yüksek bitki su potansiyellerinin korunması ile karakterize edilen bir durumdur (Luo 2010; Mitra 2001). Kuraklıktan kaçınma, büyük miktarda su elde etme yeteneği ile ilgili olan ve bitkinin su teminini sürdürmede kritik bir rol oynayan iyi gelişmiş bir kök sistemi aracılığıyla gerçekleşir (Quarrie, Stojanović, ve Pekić 1999). Kök özellikleri, kuraklıktan kaçınma ve su eksikliği olan çevre koşullarında bitkinin hayatta kalması için kritik bir öneme sahiptir. Kök uzunluğu, biyokütle, hacim, yoğunluk ve kök/gövde oranı, önemli kuraklıktan kaçınma özellikleri olarak araştırılmıştır (Fang ve Xiong 2015, 2015). Bitkiler genellikle kaçınmayı gerçekleştirmek için temelde üç strateji benimserler: 1- Hızlı stoma kapanması yoluyla: Bitkiler genellikle kaçınmayı gerçekleştirmek için üç strateji benimserler: (1) hızlı stoma kapanması yoluyla su kaybını azaltmak, yaprak yuvarlamak (Tardieu 2013) ve yonca, tütün ve pirinç gibi birçok bitki türünde yaprak yüzeyinde mum birikimini artırmak gibi stratejiler vasıtasıyla kuraklıktan kaçınırlar (Islam vd. 2009; Zhang vd. 2005). (2) iyi gelişmiş bir kök sistemi (özellikle artan köklenme derinliği, köklenme yoğunluğu veya kök/sürgün oranı) yoluyla su alma kabiliyetini arttırmak ve belirli organlarda (kaktüslerin etli su depolayan dokuları, kaktüsler gibi) su depolama yeteneklerini arttırmak. yerfıstığı veya bazı bitkilerin yumruları vb.) gibi stratejiler kullanırlar (Ogburn ve Edwards 2010; Sawidis, Kalyva,

ve Delivopoulos 2005; Tardieu 2013); (3) şiddetli kuraklık stresi aşamasında, kaçınmak için vejetatif büyümeden üreme gelişimine dönüşümü hızlandırmak veya yavaşlatmak şeklinde davranışlar sergileyebilirler (Luo 2010; Mitra 2001). Kuraklık toleransı, bitkilerin başa çıkmak için önemli miktarda enerji harcadığı, yoğun bir olgudur. Farklı bitkiler, farklı kuraklığa tolerans mekanizmaları sergilerken, bitkiler hayatta kalmak için çoklu adaptasyon stratejilerini birleştirebilirler. Diğer bir ifadeyle kuraklık toleransı, kuraklık stresi sonucu ortaya çıkan stres hasarını azaltmak veya onarmak için binlerce genin ve bir dizi metabolik yolun düzenlenmesi yoluyla şiddetli kuraklık stresi koşulları altında bitkilerin belirli bir düzeyde fizyolojik aktiviteleri sürdürme kabiliyeti olarak açıklanabilir (Passioura 1996). Bu durumda bitkiler genellikle hücre turgor basıncını korumak için hücrelerdeki ozmoregülatör molekülleri artırarak ve tehlikeli maddelerin birikimini azaltmak için hücre savunma enzimlerinin aktivitelerini ayarlayarak protoplazmik tolerans uygularlar. Araştırmacılar, çalışmalarının amaçlarına bağlı olarak bitkinin kuraklığa karşı direncini değerlendirmek için genellikle belirli bir özellik veya birkaç birleşik gösterge kullanırlar. Bu göstergelerin özellikleri genel olarak üç tipte sınıflandırılabilir: DA ile ilgili, DT ile ilgili ve bütünleştirici göstergeler (Hu ve Xiong 2014). Bu yolların tümü nihayetinde strese duyarlı genlerin aktivasyonuna yol açar. Bu kuraklığı hafifletme stratejileri genellikle birbiriyle örtüşen ve bitkiler optimal yanıt için bu kombinasyonlar kullanabilirler. Çeşitli biyotik ve abiyotik streslerin aynı anda çalıştığı zorlu koşulları altında bitkiler, daha karmaşık bitki tepkileri devreye girer ve çeşitli stres giderici yollar üst üste gelir (Ohashi vd. 2006).

Kuraklık stresi, köklerde bitki hormonu absisik asit (ABA) sentezinin artmasına yol açar (Thompson vd. 2007), bu da ksilem damarları yoluyla sürgünlere taşınır (Dodd, Egea, ve Davies 2008). ABA, koruyucu hücrelere ulaştığında, dallanmış bir sinyal yoluyla stomaların kapanmasına yol açar (Acharya ve Assmann 2009; Sarwat ve Tuteja 2017), tüm bu süreçler, ABA uzun mesafe sinyalleme olarak bilinir (Sauter, Davies, ve Hartung 2001). ABA aracılı stoma kapanması, bitkinin kuraklık stresine en önde gelen tepkisidir denilebilir. Genellikle stomalar, terleme oranını azaltmak için kapatılır ve bu durumda gaz değişimi azalır.

Hem endojen olarak sentezlenen hem de eksojen olarak uygulanan ABA (toprağa veya bitki ksilemine verilen) stoma kapanmasını indükleyebilir (Wilkinson ve Davies

2002). ABA ksilem damarından çıkarıldığında stomaların transpirasyon inhibisyon aktivitesinin azaldığı gözlemlenir (Zhang ve Davies 1991).

Stomaların kapatılması, su kaybını azaltmak için adaptif (kaçış) bir mekanizma olan stoma iletkenliğini azaltır, ancak sonuçta fotosentezi azaltır. Kuraklık fotosentetik pigmentleri etkiler, klorofil ve karotenoid oranında bir dengesizliğe neden olur ki ve bu da hücre bölünmesini azaltır (Farooq, Basra, vd. 2008). Fotosentetik aktivitede ve büyümede kuraklığa bağlı azalma, bitki tipine ve gelişim aşamalarına bağlıdır (Chaves, Flexas, ve Pinheiro 2009). Şiddetli kuraklık, fotosentezde yer alan proteinleri denatüre eder (Li vd. 2017). Örneğin, lipid peroksidasyonu kloroplast membranları, kloroplast proteinlerinin denatürasyonu, ROT nedeniyle pigmentlerdeki düşüş (Marcinińska vd. 2013). Artan su eksikliği stresi ile bitkilerde CO₂ asimilasyonu hızı azalır ve bu durum fotosentetik hızı düşürür (Ali vd. 2007). Klorofil içeriğinde önemli bir azalmanın yanı sıra (Guerfel vd. 2009; Manivannan vd. 2007), yardımcı pigmentler, örneğin, fotosistemleri oksidatif hasardan koruyan karotenoidler de kuraklık sırasında azalır (Jaleel vd. 2007; Simkin vd. 2008).

1.5 Bitkilerde Azot Gereksinimi

Buğday bitkileri için hem makro hem de mikro besinler gereklidir. Her besin kendi karakterince bitkiler için yararlıdır ve bitki yaşamının farklı metabolik süreçlerinde yer alır. Besin eksikliği normal koşullarda bitki büyümesini ve gelişmesini engeller ve karakteristik bazı semptomlar sergiler. Optimal büyüme, gelişme ve üretim için bitkiler, gerekli tüm besin maddelerine dengeli bir ölçüde ihtiyaç duyarlar. Buğday üretimini arttırmak için azot (N) birincil besin elementerinden biridir ve bitkilere dengeli bir şekilde uygulanması gerekir (Pandey vd. 2020). Yeni hücreler ve doku oluşumu yoluyla sürekli büyüme ve gelişme için bitkinin her büyüme aşamasında azota ihtiyacı vardır (Ahanger vd. 2019). Bitkilerde vejetatif büyüme aşamalarında, üstel bir oranda yeni dokular ve parçalar oluşukça azot gereksinimi de artar (Vicente vd. 2015). Bitki için besin maddelerinin mevcudiyeti, verimini ve büyüme oranını gösterecektir. Ayrıca, hayati besin maddelerinin gübre formunda uygulanması, buğdayın sürdürülebilir tarımsal üretimi üzerinde olumlu etkilere sahiptir (Shaharoona vd. 2008).

1.6 Buğday

Buğday (*Triticum aestivum* L.) Poaceae familyasına ait, tek yıllık otsu bir bitki türü olarak kabul edilir (Peleg vd. 2011; Raza vd. 2019). Buğday, ülkemiz (Türkiye) ve Dünyanın başlıca temel gıda ürünüdür (Anwaar vd. 2020). Temel gıda olarak önemi, enerji ve proteinlere, karbonhidratlara ve diyet kalorilerine hizmet etmesinden kaynaklanmaktadır (Poole, Donovan, ve Erenstein 2021). Küresel nüfusun %30'unu beslemektedir (Altaf vd. 2022). Buğday bitkisi dünya genelinde insan ve hayvan beslenmesinde elzem, ekonomik ve endüstriyel anlamda önemli ve değerli bir bitkidir. Buğdayın küresel ekonomik değeri, başta üreticiler, çalışanlar ve tüketiciler olmak üzere ülkelerin ekonomileri için oldukça önemli bir değere sahiptir (Faris 2014). Günümüz dünya nüfusunun beslenmesinde ihtiyacın önemli bir kısmını karşılayan ticari buğday çeşitlerinin önemi yakın gelecekte daha da artacaktır. Dünya üzerindeki bölgelerin genelinde yaygın bir şekilde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Dünya genelinde buğday (*Triticum aestivum* L.), 214 milyon ha alanda, toplam 762,06 milyon ton üretimle önemli bir tahıl ürünüdür (Fao 2022). Bütün dünyada olduğu üzere Türkiye'de de buğday üretimi ve rekoltesinde pek çok kısıtlama ve zorluklarla karşı karşıya kalınmaktadır. Bakıldığı zaman buğday ve diğer tahıl ürünlerinde başat amaç, sayıca artan nüfusa oranla genel olarak nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla daha yüksek verim almaya odaklı bir tarımsal üretim sistemine odaklanılmıştır. Genel tarımsal üretimde ciddi üretim kayıplarına neden olacak olan küresel ısınmanın doğal bir sonucu olarak, kuraklık yoğunluğu ve şiddeti yakın gelecekte kesinlikle artacaktır. 2100 yılına kadar 1,5-5,8 °C'lik bir sıcaklık artışı, tarımsal üretimde çok ciddi sorunlara sebebiyet verecektir. Bununla birlikte 2050'de 9 milyara ulaşabileceği tahmin edilen gittikçe artan dünya nüfusu, gıda talebinde doğal olarak bir artışı gerektiriyor. Ekilebilir tarım alanlarında meydana gelen çökmelerin sonucunda çölleşme daha da artacağından, gelecek dönemlerde bu durum daha da sarsıcı ve sıkıntılı olacaktır. Azalan su rezervleri ve git gide artan kuraklık tarımsal rekoltelede meydana gelecek olan düşüşlerin habercisidir. Bu yüzden dolayı, kuraklığa toleranslı buğday çeşitleri üzerine çalışmalar yapmak elzemdir (Anwaar vd. 2020:1818-20).

1.6.1 Siyez Buğdayı

Buğday (*Triticum*), cinsinin kökeni bereketli hilal olarak bilinen, Türkiye'nin de güney kısmında yer alan Mezopotamya, Güney Doğu Anadolu, Irak, Kuzey Suriye, İsrail gibi bölgeleri kapsayan Batı Asya'da bulunmuştur. Yetiştirilen siyez ya da einkorn buğdayı da denebilir, *Triticum monococcum* L. subsp. *Monococcum* ($2n = 2x = 14$, AmAm), tarımın temel ürünlerinden biridir. Yüzyıllardır Ortadoğu, Orta Asya, Avrupa ve Kuzey Afrika'da farklı isimler altında yetiştirilmektedir. (Zaharieva ve Monneveux 2014). Modern buğdayın atası olarak kabul gören Siyez buğdayı (*Triticum monococcum*), Günümüze kadar genetik yapısını muhafaza etmiş ender bir bitki türüdür. Siyez buğdayı, Anadolu'da ve "bereketli hilal" diye adlandırılan Mezopotamya, Güney Doğu Anadolu, Doğu Akdeniz, kuzey Suriye bölgelerinde mevcut olan endemik bir türdür. Arkeolojik incelemeler sonucu elde edilen bulgular, buğday bitkisinin ilk olarak Türkiye, Mısır, Etiyopya, Lübnan, Suriye, İsrail'in bazı bölgelerinde oluştuğuna işaret etmektedir. Türkiye'de evcilleştirilmiş olan Siyez, Kavılca ya da Kaplıca (Kabulca) buğdayının tarihi M.Ö 9000 yıllarına kadar uzanmaktadır. $2n=14$ kromozomlu diploid ve kavuzlu bir buğday olan siyez, Diyarbakır Karacadağ eteklerinde yetiştirilen ilk buğday türüdür. Değişen iklimsel ve ekolojik şartlar, sosyo-ekonomik değişiklikler birçok geleneksel gıdanın ve çeşidin hayatta kalmasını ciddi bir şekilde tehlikeye atmıştır. Atasal bir buğday türü olan siyez, yalnızca dar ölçekli üreticiler tarafından belirli coğrafi bölgelerde tarımı devam ettirilmektedir. Türkiye'de Siyez (*Triticum monococcum*) tarımı yaygın olarak Kars, Ardahan ve Kastamonu illerinde yapılmaktadır. Türkiye'de son yıllarda özellikle organik tarıma, sürdürülebilir tarıma, gıdaların besleyiciliğine, genetiği değiştirilmemiş Atasal tohumlara artan ilgi sebebiyle neredeyse unutulmaya yüz tutmuş Siyez buğdayının yeniden keşfedilmesi sağlandı (Hendek Ertop ve Atasoy 2019).

Tarih boyunca birçok önemli uygarlığın sahne aldığı Anadolu'da, bu türün tarımını yapmış olan Hititler ve Frigler tarafından siyez buğdayına Hititçe "Zız" denmiştir. Sonraki dönemlerde ismi, Siyez veya Kaplıca (Kavılca) olarak kalmıştır. Siyez buğdayı için ülkemizde şu adlarda kullanılabilir: Iza, Kabulca, Kavılca, Kaplıca, Gabulca'dır (Özberk vd. 2016). Başakçıkların sert kavuzlu bir yapıda olması, harmanlama esnasında kavuz ve tanenin birbirinden ayrılması işlemi epeyce zordur.

Eskiden kabuk soyma işlemi taş değirmenlerde yapılırken, halihazırda tarım makinaları yardımı ile bu işlem gerçekleştirilmektedir. Fitomorfolojik olarak küçük ve yassı başaklı olup başakçıklar, başak üzerinde iyice oturmuş bir durumda uzun kılçıklı bir yapıya sahiptir.

Siyez buğdayı, sert ve sıkı kavuzlu yapısıyla abiyotik ve biyotik zararlılara karşı dayanıklı ve aynı zamanda yüksek sıcaklıklara sahip yarı kurak ve kurak ortamlarda yetişme kabiliyetine sahip, rekabet gücü yüksek bir türdür. Siyez, tahıl grubu içerisinde genellikle bulgur olarak tüketilir. Siyez, düşük glüten, yüksek protein ve besin içeriği nedeniyle geleneksel buğday çeşitlerinden farklıdır. Olağanüstü özelliklerine rağmen, siyez buğdayı yetiştiriciliği modern melez buğdaylara kıyasla kâr marjının düşük olmasından dolayı olduğu için onlarca yıldır üretiminde bir düşüş yaşanmaktadır. Siyez buğdayını günümüz modern buğdaylardan değerli kılan özellik ise, modern melez buğdayların mücadele etmekte zorlandığı fakir topraklarda gelişmesidir.

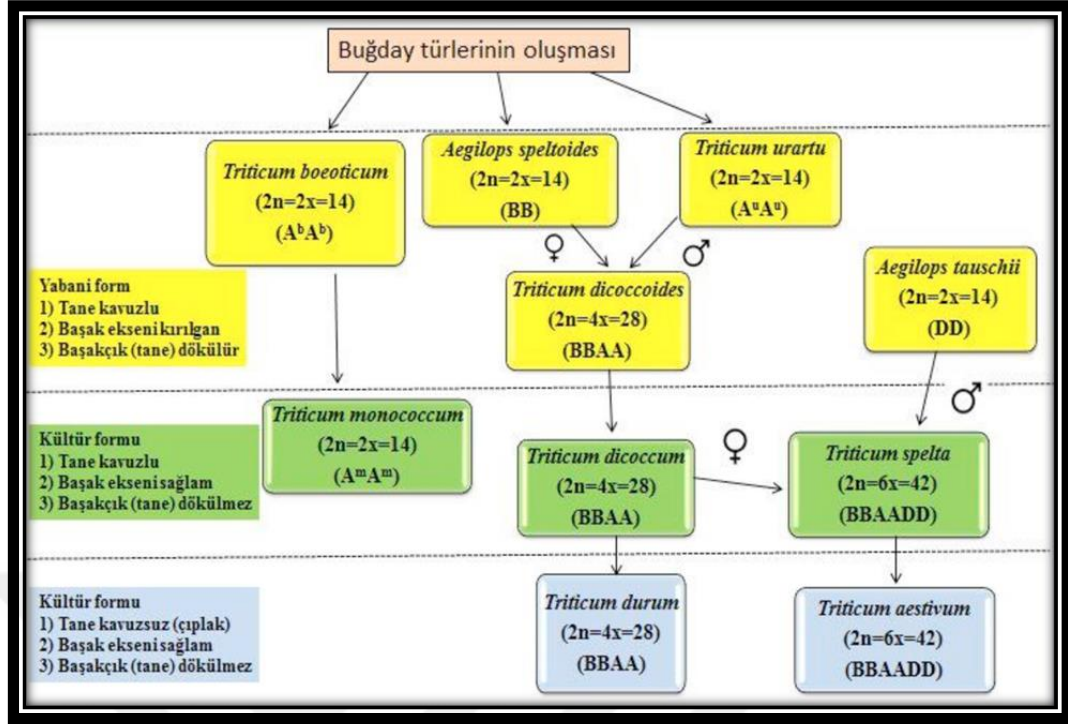
Modern buğdaylara nazaran daha düşük girdi ve teknoloji ile en az üç aylık kar örtüsüyle kaplı derin don olan alanlarda, kurak yaz koşullarına kadar sert koşullara dayanabilir. Bu nedenle bugün Türkiye’de, Kars, Ardahan ve Kastamonu ilinde 900’den fazla çiftçi bu buğdayı yetiştirmeye devam ediyor. Genellikle bulgur gibi temel tahıl gıdaların yapımında kullanıyorlar. Çünkü Siyez daha düşük glüten oranına sahip olduğundan ekmek üretimi için uygun değildir. Bulgur üretimi için nispeten basittir (Anonim 2015).

İnsan sağlığı açısından Siyez, hibritize edilmiş modern buğdaylar ile kıyaslandığında yüksek yağ, protein ve karotenoid içeriğine sahip ve aynı zamanda ekmeklik buğdaydan daha fazla lutein içerdiği, yapılan bilimsel akademik çalışmalarda mevcuttur. Geleneksel olarak tam buğday şeklinde tüketildiği için, glisemik indeksi oldukça düşüktür. Protein, fenolik, tokoferol yönünden de diğer buğday çeşitlerine nispeten daha zengin bir içeriğe sahip olduğu da yine yapılan çalışmalarda mevcuttur. Genetiğini muhafaza etmiş atasal buğday tohumlarından biri olan siyez ayrıca kolesterol, kolit ve benzeri hastalıkların tedavisinde etkili olduğu bilinmektedir (Hendek Ertop ve Atasoy 2019). Örneğin (Hendek Ertop ve Atasoy 2019) yaptıkları başka bir çalışmada elde ettikleri sonuçlara göre, Siyezın özellikle yüksek miktarda protein ve antioksidan içeriği nedeniyle yüksek miktarda besin değerine sahip olduğu

belirlenmiştir. Aynı zamanda düşük glüten seviyesi, yüksek protein içeriği sayesinde modern ve diğer geleneksel buğday çeşitlerinden farklıdır. Yine bu özelliklerinin yanında yağ ve mineral içeriği yüksektir. Bütün bu olağanüstü özellikleri taşımasına rağmen, yetiştiriciliğinde düzenli bir azalış söz konusudur. Çeşitli çalışmalar gösteriyor ki, Siyez buğdayının unlu mamuller, bebek maması veya yüksek diyet lifi, karotenoid ve tokol içeren ürünler gibi yeni veya özel yiyeceklerin geliştirilmesi için, umut verici bir aday olduğu sonucuna varmıştır (Hendek Ertop ve Atasoy 2019).

1.6.1.1 Yabani Kaplıca Buğdayının Evcilleştirilmesi

Bugünkü haliyle buğday, uzun ve ilginç bir evrim sürecinden geçmiştir. Buğdayın nerede ne şekilde yetiştirildiğini anlamak, yabani emmer buğdayı, (*Triticum turgidum* L.) keşfiyle önemli ölçüde ilerlemiştir. Yabani Kaplıca (*T turgidum* ssp. *Dicoccoides*), ya da emmer buğdayı olarak isimlendirilen buğday, soyunun tek gerçek poliploid buğdayıdır. Yabani kaplıca, günümüz modern ekmeklik ve durum buğday çeşitlerinin öncüsü konumundadır. Bu nedenledir ki yabani kaplıcanın keşfi ve anlaşılması, modern buğdayların evcilleştirilmesine yol açan olayları anlamamıza önemli derecede katkılar sunmaktadır. Yabani kaplıca buğdayı bir yabani ot olarak değil, çoğunlukla nispeten taranmamış habitatlarda sınırlı bir yabani bitki olarak büyümüş, bu nedenle de bereketli hilalin dışında pek yayılış gösterememiştir. Hem einkorn (siyez) hem de emmer, kaplıca ya da gernik, her ikisi de büyük olasılıkla tek bir ortak atadan evrilmiş (monofiletik) kökenli türlerdir, bu noktadan hareketle aslında her iki tür de aynı bölgede evcilleştirilmiştir. Evcilleştirilmiş kaplıca, M.Ö 8.800-6.500 tarihlerinde bereketli hilaldeki en önemli ve en bol buğday mahsulüydü, bu durum birkaç bin yıl böyle devam etti. Dünyanın en kadim buğday türlerinden biri olan kaplıca buğdayının (Gernik ya da Kavılca olarak da isimlendirilebilir) yaklaşık 8.000 yıl önce *Triticum turgidum* ssp (durum buğdayı) ile birlikte Diyarbakır ve Urfa civarından dünyaya yayıldı. Aşağıda geçmiş dönemlerden günümüze kadar bazı buğday çeşitlerinin ploid yapılarını gösteren yapı şeklinde verilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Buğday türlerinin Ploidi yapıları (Faris 2014).

1.7 Antioksidan Sistem ve ROT

Sürekli değişen bir çevrede, bitki büyümesini ve mahsul üretimini önemli ölçüde etkileyen kuraklık, soğuk, sıcak, tuzluluk, ağır metal toksisitesi ve oksijen yoksunluğu gibi birçok olumsuz abiyotik stres koşulları vardır. Bitki hücreleri, abiyotik stresle ilişkili çeşitli süreçler sırasında reaktif oksijen türleri (ROT) olarak adlandırılan oksijen radikallerini ve türevlerini üretir. Bu nedenle bitkiler, olumsuz çevresel koşullara tepki olarak etkinleştirilen veya güçlendirilen uyarılabilir redoks durumuna dayalı algılama mekanizmalarını geliştirmiştir (Fotopoulos vd. 2010).

Bitki antioksidan savunma mekanizmasının, kuraklık stresiyle karşı karşıya kalan bitkiye zarar vermeden önce ROT'u söndürmesini sağlar (Selote, Bharti, ve Khanna-Chopra 2004; Selote ve Khanna-Chopra 2010). Öte yandan, stres sırasında artan ROT üretimi de stres tepki yollarının aktivasyonu için sinyal görevi görür (Baxter, Mittler, ve Suzuki 2014).

Tüm organizmalar, oksidatif stresle savaşmak için içsel hücresel savunmalara sahiptir; bu maddelere antioksidanlar denir. Bitkiler, oksidatif stresin olumsuz etkilerini azaltmak için antioksidan savunma sistemlerini harekete geçirir. Serbest radikaller

mili, mikro veya nanosaniye gibi kısa bir ömre sahiptir ve genel olarak lipidler, DNA, proteinler vb. ile reaksiyona girerek hasara neden olarak lipid peroksitleri ve diğer lipid eklentileri gibi zararlı ürünler oluştururlar. Ortaya çıkan protein hasarı, enzim aktivitelerinde bir azalmaya neden olur (Shah vd. 2001). Antioksidanlar doğrudan veya dolaylı olarak ROT'u temizler ve/veya ROT üretimini kontrol eder (Carocho ve Ferreira 2013). Antioksidan savunma sistemi, düşük moleküler ağırlıklı enzimatik olmayan antioksidanlardan ve bazı antioksidan enzimlerden oluşur (Hasanuzzaman vd. 2019). Bu enzimlerin aktivitesi, ROT'un temizlenmesinde ve etkilerinin azaltılmasında oldukça etkili olan bir savunma sisteminin kilit enzimleridir (Jaleel vd. 2009). AsA, GSH, a-tokoferol, fenolik bileşikler (PhOH), flavonoidler, alkaloidler ve protein olmayan amino asitler gibi enzimatik olmayan antioksidanlar, SOD, CAT, POX, polifenol oksidaz (PPO), APX gibi antioksidan enzimlerle koordineli bir şekilde çalışırlar. Her iki savunma sisteminin amacı esasen, bitkiyi ROT'un zararlı etkilerinden korumak için çalışmaktır (You ve Chan 2015; Zhu, Liang, ve Han 2009). Kuraklık streslerinde, her iki bileşenin rolü de önemlidir ve bitkide kuraklığın neden olduğu olumsuz etkileri azaltmak için bitkinin bunlardan daha yüksek bir antioksidan konsantrasyonuna ihtiyacı vardır. Antioksidan enzimler ROT'u temizlemede oldukça etkilidir, bu nedenle kuraklık toleransı üzerine yapılan çalışmaların çoğu bu enzimlerin yukarı yönlü regülasyonunu bildirmektedir (Farooq, Aziz, vd. 2008). Çeşitli enzimatik antioksidanlar, hücre sitozolünde ve çeşitli organellerin stromasında glutatyon döngüsünde ROT'un temizlenmesinde rol oynarlar (Fazeli, Ghorbanli, ve Niknam 2007). Aynı zamanda bitkilerdeki kuraklık toleransı ile pozitif bir korelasyon içerisindedirler. Pek çok çalışma, abiyotik stres sırasında çeşitli bitki organellerinde ROT oluşumunu ve bunların enzimatik yollarla süpürülmesini özetlemektedir. Geleneksel antioksidanların yanı sıra, çözünür şekerlerin (örneğin disakkaritler, rafinoz, fruktanlar, vb.) ROT ile ilgili ikili bir rolü olduğunu gösteren kanıtlar da vardır. Yaprak hareketi ve kıvrılma, fotosentetik aparatın yeniden düzenlenmesi gibi diğer mekanizmalar da bitki tarafından emilen enerji miktarını CO₂ mevcudiyeti ile dengeleyerek ROT'un aşırı azalmasını önleme girişimini temsil edebilir (Mittler 2002).

ROT üretimi ve ROT süpürme sistemleri arasında sabit bir denge, hücreye özgü ve bağlama özel bir yaklaşımda aşağı akış sinyal prosedürlerini şekillendirmek ve hassas bir şekilde uyarlamak için hücrel redoksa duyarlı bileşenlerle birlikte çalışarak

zaman ve mekan içinde güçlü bir şekilde senkronize edilir (Finkel 2011; Panieri ve Santoro 2015). Bununla birlikte, ROT üretimi ve antioksidanlar tarafından ROT süpürme dengesindeki herhangi bir bozulma, kuraklık stresi ve çeşitli abiyotik stres koşulları altında oksidatif stres ile sonuçlanan aşırı ROT birikimine yol açar (Hasanuzzaman vd. 2019).

1.8 Oksidatif Stres

Biyolojik sistemde, oksidatif stres, serbest oksijen radikallerinin varlığının, reaktif oksijen türleri ve antioksidanlar arasında bir dengesizliğe yol açan radikal temizleme stratejilerini bastırdığı doğal bir fizyolojik süreçtir (Foyer ve Jeremy 1994). Oksidatif stres, aynı zamanda “oksidanlar” veya “oksijen türevli türler” olarak da adlandırılan reaktif oksijen türlerinin (ROT) seviyelerinin artması durumudur.

Redoks reaksiyonları (verici ve alıcı arasında elektron transferi), ROT üretiminden sorumlu olan canlı organizmalarda çok yaygındır (Decros vd. 2019). Bitki hücrelerinde redoks homeostazı, ROT üretimi ve bitkilerde etkili savunma sisteminin ROT üretimi ve eliminasyonu arasındaki uygun dengeyi sağladığı antioksidan enzimlerin işleyişi arasındaki dengenin bir sonucu olarak geliştirilir (Paciolla, Paradiso, ve de Pinto 2016). Bu nedenle, sitostatik konsantrasyonun üzerinde veya sitotoksik konsantrasyonun altında tutulan bir bazal ROT seviyesi, hücrelerde uygun ROT veya redoks sinyali için vazgeçilmez bir seviye demektir ve bu seviye, ROT üretimi ve ROT süpürme arasındaki denge ile korunur (Hasanuzzaman vd. 2019; Mittler 2017). Bu nedenle bilim adamları, bitkilerin olağan fizyolojik aktivitelerini kontrol etmek ve mevcut aktivitelerini sürdürmek için ROT'u sinyal molekülleri olarak belirtmek için "redoks biyolojisi" terimini kullandılar (Mittler 2017; Reczek ve Chandel 2015; Schieber ve Chandel 2014). Redoks sinyali, olağan bitki fonksiyonlarını ayarlayan sinyalleşme basamaklarını aktive etmek için sinyaller olarak işlev gören düşük ROT seviyeleri ile oksidatif hücresel hasara neden olan yüksek ROT seviyeleri arasındaki denge olarak fark edilmiştir (Decros vd. 2019). Bununla birlikte, ROT üretimi ve antioksidanlar tarafından ROT süpürme dengesindeki herhangi bir bozulma, kuraklık stresi ve çeşitli abiyotik stres koşulları altında oksidatif stres ile sonuçlanan aşırı ROT birikimine yol açar (Hasanuzzaman vd. 2019). Oksidatif stres lipid peroksidasyonuna neden olur, nükleik asitlere ve proteinlere zarar verir ve

karbonhidrat metabolizmasını değiştirerek hücre fonksiyon bozukluğu ve hücre ölümüyle sonuçlanır. Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), guaiakol peroksidaz (GPX), askorbat peroksidaz (APX), monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR), dehidroaskorbat redüktaz (DHAR) ve glutatyon redüktaz (GR) gibi hem enzimatik antioksidanları içeren antioksidan savunma sistemi ve askorbat (AsA), glutatyon (GSH), karotenoidler, tokoferoller ve fenolikler gibi enzimatik olmayan antioksidanlar, bu ROT'un hücrelerden iyileştirilmesinde büyük rol oynar (Beckman ve Koppenol 1996). Bu antioksidatif enzimlerin gelişmiş aktiviteleri, birçok bitkide ROT'un detoksifikasyonuna ve oksidatif hasarın azalmasına yol açan birçok bilim insanı tarafından rapor edilmiştir. Artan antioksidan potansiyeli, serbest radikallerin detoksifikasyonu ile doğru orantılıdır ve oksidatif patlamaya karşı koruma sağlar (Flora 2009; Young ve Woodside 2001); Mevcut stres faktörlerine alternatif yol, strese dayanıklı olabilecek transgenik mahsuller geliştirmektedir (Finkel ve Holbrook 2000; Flora 2009; Uchida 2003).

2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Deney Materyali Temini ve Deneyin Tasarımı

2.1.1 Çalışmada Kullanılacak Tohumların Belirlenmesi

Bu Çalışma, Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ve Ardahan ili Çıldır ilçesi Fevzi çakmak mahallesi 147 ada 5 nolu parsel lokasyonları olmak üzere 2 farklı bölgeden tohumlar tedarik edilmiştir. Eminbey çeşidi, genellikle İç Anadolu ve geçit bölgelerinde tarımı yapılan makarnalık bir buğday çeşididir. Morfolojik özellik olarak kılçıklı ve beyaz başaklı, başakları orta uzun, sık ve dik bir yapıdadır. Aynı zamanda orta boylu ve sağlam saplı, tane biçmi uzamış yumurta şeklinde bir çeşittir. Yerli Kavılca çeşidi ise geçmişten günümüze kadar gelmiş, genetiği değiştirilmeden korunmuş, Anadolu'da ilk kullanılan makarnalık olarak kullanılan durum buğday çeşitlerinden biridir. Fitomorfolojik olarak küçük ve yassı başaklı olup başakçıklar, başak üzerinde iyice oturmuş bir durumda uzun kılçıklı bir yapıya sahiptir. Genellikle soğuk iklim şartlarında yetiştiği için endospermini adeta korumuşcasına sarmış kavuzlu ve iri bir yapısı vardır.

Tohumlar hakkında genel bilgiler yukarıda detaylı bir şekilde verilmiştir.

Mevcut araştırmada kullanılmak üzere, tescilli tohum çeşitlerinin seçilmesi amacıyla bütün çeşitler için çimlenme deneyleri gerçekleştirildi. Deneyler sonucunda çimlenme oranı en yüksek olan tescilli çeşit tespit edildi ve sonrasında, nispeten çimlenme oranı güçlü olan tescilli çeşit (Eminbey), çalışmada kullanılmak üzere seçildi. Mevcut tez çalışmasında kullanılmış olan her iki buğday çeşidi de durum buğdayı kategorisinde olan: yerli Kavılca ve tescilli Eminbey buğday çeşitleridir.

2.1.2 Tohumlara Uygulanacak Kuraklık Şiddetinin Belirlenmesi

Mevcut araştırmada kullanılmak üzere çeşitler belirlendikten sonra, tohum çimlenmesini ve gelişimini büyük oranda engelleyen kuraklık düzeyinin tespit edilmesi sürecine geçildi. Bu çalışmada tohumların çimlendirme işleminin

gerçekleştirdiği ortamlara, kuraklık stresi etkilerini benzetim etmek amacıyla PEG 6000 kullanıldı. (%0), (%5), (%10), (%15) ve (%20) PEG₆₀₀₀ (Polietilen glikol 6000) ihtiva eden petri kaplarına ekilmiştir. Petri kaplarının her birinde filtre kağıtları (82 GSM ağırlığında, 0,18 mm kalınlığında) mevcuttur. Belirlenen çimlenme süreleri sonucunda buğday tohumlarında çimlenmeyi ciddi oranda etkileyen kuraklık konsantrasyonuna karar verildi.

2.1.3 Çimlenme Oranı ve Kök gelişimi

Tohumlar çimlendirilmek üzere ekim yapıldıktan sonra müteakiben iki günde bir olmak üzere mevcut solüsyonlar ile 5 ml sulandı. Buğday tohumlarının çimlenme süresi 10 gün olarak belirlendi. Belirlenen mevcut çimlenme süreci sonunda çimlenmiş tohumların toplam sayısı saptanarak çimlenme oranı (yüzdesi) hesaplanmıştır. Aynı zamanda çimlenen bütün tohumlarda fideciklerin kök boyları uygun bir şekilde ölçüldü. Kök boyları ölçülürken standartların dışına çıkmamak için ISTA standartları dikkate alınarak radikula uzunluğu 2mm'nin üzerinde olan köklerin ölçülmesine özellikle dikkat edildi (International Seed Testing Association 2022).

2.1.4 Taze Ağırlık ve Nisbi Su İçeriğinin (RWC) Belirlenmesi

Taze ağırlıklarının belirlenebilmesi amacıyla her bir petride tek tek olması şartıyla çimlenen bütün fidecikler tartılarak toplam ağırlıkları elde edildi. Çalışmada amonyum nitrat uygulamasının bitkinin su durumu üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla nisbi su içerikleri ölçüldü. Bu maksatla yaş ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla çimlenmiş tohumların hipokotil bölümlerinden 0,1 gram örnek alındı. Alınan örnekler 16 saat boyunca saf suda 4 °C'de muhafaza edildikten sonra turgit ağırlıkları tartıldı. Tartımı tamamlanan turgit numuneleri 72 saat boyunca 65 °C 'de bekletilerek muhteva ettiği bütün su, bünyesinden uzaklaştırıldı. Hemen sonrasında ise, kuru ağırlıkları tartıldı. Uygulamalar sonucunda elde edilen datalar (Smart ve Bingham 1974) denklemi (formül 1) yardımıyla çimlenmiş tohumların nispi su içeriği saptanmıştır. Bahsedilen denklemin formülü aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\text{Nisbi Su İçeriği (RWC \%)} = [(YA-KA) / (TA-KA)] \times 100 \quad (1)$$

YA: Yaş ağırlık, KA: Kuru ağırlık, TA: Turgit Ağırlık anlamlarını ifade etmektedir.

2.2 Stres Parametrelerinin Belirlenmesi

Halihazırdaki çalışmada, buğday tohumlarına amonyum nitrat (Azotlu sıvı gübre) uygulamasının kuraklık stresine karşı etkilerini incelemek amacıyla genellikle yaygın stres değişkenlerinin analizleri yapıldı.

2.2.1 Lipid Peroksidasyonu

Çimlenme evresinde amonyum nitrat uygulamalarının kuraklık stresi koşullarında hücre membranındaki iyileştirici tesirini saptayabilmek amacıyla lipid peroksidasyonu kontrol edildi (Heath ve Packer 1968). Hipokotil kısmından elde edilen 0,1 gr'lık örnekler sıvı azot vasıtasıyla homojenize edilip ve sonrasında homojenize edilen örneklerin üzerine 1,8 ml %0,1'lik trikloro asetik asit eklendi. İkinci bir defa homojenize edilen örnekler 4 °C'de 10 dk aralıklarla 15000 g'da santrifüj edildi. Santrifüj olunan numunelerden 1 ml süpernatant alınıp üzerine %0,5'lik tiobarbiturik asit ihtiva eden %20 trikloro asetik asit karışımından 4 ml ilave edildi. Hazırlanan numuneler vortekslendikten sonra 95 °C sıcaklık seviyesinde 30 dk süresince inkübe edildi. Daha sonra reaksiyonun engellenmesi adına numuneler buz banyosuna aktarıldı. Soğutulmaları sağlanan numunelerin absorbansları spektrofotometrede spesifik 532-600 nm'de ölçüldü. Delta absorbans değerleri (532nm-600nm) $\Delta = \epsilon \cdot c \cdot l$ formülü baz alınarak hesaplandı. “($\Delta = A_{532} - A_{600}$, ϵ : Absorbsiyon katsayısı ($155 \text{ mmol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$), c: konsantrasyon)”.

2.2.2 Hidrojen Peroksit İçeriği

Buğday tohumlarına, çimlendirme safhasında eksojen amonyum nitrat uygulamasının iyileştirici rolünü araştırmak amacıyla hidrojen peroksit içeriklerinin düzeyleri ölçüldü. Çimlenmiş buğday tohumlarının hipokotil bölgesinden 0,1 gr numune alınıp alınarak sıvı azot vasıtasıyla homojenize edildikten sonra üzerlerine %0,1 trikloro asetik asit ilave edilerek tekrardan homojenize işleminden geçirildikten örnekler 4 °C'de 10 dk süresince 15000 g'de santrifüj işlemi uygulandı. Santrifüj edilmiş numunelerden 1 ml süpernatant alındı ve üzerlerine 1ml potasyum fosfat tamponu (10mM) ile birlikte 1,5 ml potasyum iyodür (1mM) ilave edildi. Elde edilen mevcut karışımın absorbans değeri 390 nm olarak belirlenip spektrofotometrede

değerlendirilerek “µmolgram-1” biriminde tayin edildi (Velikova, Yordanov, ve Edreva 2000).

2.2.3 Prolin İçeriği

Mevcut tez çalışmasında kuraklık stresi koşullarında, eksojen uygulanan amonyum nitratın iyileştirici rolünü saptayabilmek amacıyla prolin içeriği incelendi. Çimlenmiş numunelerin hipokotil dokusundan elde edilen 0,1 gr'lık örnekler sıvı azot vasıtasıyla homojenize işlemine tabi tutuldu. Ardından 1 gece boyunca 4 °C'de muhafaza edilen homojenatlar, 10 dk boyunca 15000g'de santrifüjünden sonra 1 ml süpernatantları alınarak her birinin üzerine 2 ml asit ninhidrin çözeltisi eklendi ve vortekslenme işleminden geçirildi. Ardından 95 °C'de yarım saat (30 dk) süresince inkübe edildi. Sonrasında oda sıcaklığı koşullarında soğutulmaya bırakılmak üzere numuneler, yeniden vortekslendi. Neticede, spektrofotometrede absorbansları 520 nm olarak okunuldu. Belirlenen mevcut standartlara göre hesaplanan bulgular “mgml⁻¹tazeağırlık⁻¹” şeklinde ifade edildi (Carillo, Gibon, ve Contributors 2011).

2.2.4 Klorofil ve Karotenoid İçeriği

Kuraklık stresi koşullarında çimlenen buğday tohumlarında klorofil ve karotenoid miktarı üzerindeki etkilerini incelemek için yaygın olarak kullanılan pigment tayini analizi yapıldı (Arnon 1949; Witham, Devlin, ve Blaydes 1971). Bu amaçla çimlendirilmiş tohumların yaprak dokusundan alınan 0,1 gr taze örnek hassas terazide tartıldı ve sıvı azot ile homojenize edildikten sonra içerisine 5 ml soğuk aseton (%80) eklenildi. Santrifüjde 10 dakika boyunca 3,000 rpm'de ve +4 °C'de santrifüj edildi. Ardından homojenize olmuş süpernatant 1/5 oranında sulandırıldıktan sonra, spektrofotometre ile 450, 645 ve 663 nm dalga boylarında absorbans değerleri ölçüldü. Ölçüm sonunda elde edilen veriler aşağıda mevcut olan formülde yerine yazılarak, çeşitlerin karotenoid ve klorofil içerikleri belirlendi.

$$\text{Klorofil}_a \text{ (gL}^{-1}\text{)} = 12,7 A_{663} - 2,69 A_{645}$$

$$\text{Klorofil}_b \text{ (gL}^{-1}\text{)} = 22,9 A_{645} - 4,68 A_{663}$$

$$\text{Toplam Klorofil (gL}^{-1}\text{)} = 20,2 A_{645} + 8,02 A_{663}$$

Toplam Karoteonid (g L^{-1}) = 4,07 A450 – (0,0435 Kl_a miktarı + 0,3367 Kl_b miktarı)

2.3 Antioksidan Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada buğday tohumlarının kuraklığa karşı gösterdikleri reaksiyonların ve amonyum nitratın (sıvı azotlu gübre) iyileştirici rolünün tayin edilmesi amacıyla yaygın antioksidan enzim aktiviteleri ölçülmüştür. Çimlenmiş numunelerin hipokotil kısımlarından elde edilen 0,1 gr'lık örnekler sıvı azot aracılığıyla homojenize işleminden geçirildikten sonra her biri üzerine 1,8 ml ekstraksiyon tamponu (100 mM potasyum fosfat, 0,1 mM EDTA pH 7,0 ve %0,1'lik Triton) ilave edildi. Ardından 10 dakika boyunca 4 °C'de 15000 g'de santrifüj uygulanan homojenattan elde edilen süpernatantlar, enzim aktiviteleri incelemelerinde yararlanılmak amacıyla, -20 °C'de muhafaza edildi (Aebi 1983).

2.3.1 Toplam Protein İçeriğinin Tayin Edilmesi

Toplam protein içeriğinin belirlenmesi için öncelikle, çimlenme aşamasındaki tohumların antioksidan enzim etkinliğinin tespit edilmesi amacıyla toplam protein nicelikleri hesaplandı (Bradford 1976). Başlangıçta hazırlanmış olan 30 µl numune ekstraksiyon tamponu ile beraber 170 µl saf su ile 1000 µl G250 protein boyası karıştırılıp vortekslenme işleminden geçirildi. Belirlenmiş standartlara uygun olarak spektrofotometrede absorbans değerleri tespit edildi. Enzim etkinliklerinin hesaplanması sonucunda değerler “mgml⁻¹” cinsinden ifade edildi.

2.3.2 Süperoksit Dismutaz Enzim Etkinliği

Kuraklık stresine karşı amonyum nitrat (sıvı azotlu gübre)'in iyileştirici rolünü tespit etmek amacıyla süperoksit dismutaz (SOD, EC 1.15.1.1) etkinliği test edildi (Beauchamp ve Fridovich 1971). Süperoksit dismutaz enzim tahlili yapmak amacıyla 50 µl ekstrakt, 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,8), 13 mM metiyonin, 0,1 mM EDTA ve 75 µM nitrobluetetrazolyum ihtiva eden 1 ml tepkime ortamına 2 µM riboflavin ilave edilerek tepkime başlatıldı. Hazırlanmış mevcut karışım 10 dakika boyunca 375 µmol m⁻²s⁻¹ şiddetine sahip beyaz ışık altında bekletildikten sonra 560 nm'de okutulup, absorbans değerleri kaydedildi.

2.3.3 Katalaz Enzimi Aktivitesi

Mevcut çalışmada amonyum nitrat uygulamasının kurak şartlarda çimlenmekte olan buğday tohumları üzerine olan etkilerini saptamak amacıyla katalaz enzimi etkinliği (EC 1.11.1.6) ölçüldü (Aebi 1983). Analiz amacıyla 20 µl numune ekstratı, 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,0), 30 mM H₂O₂ dahil olan 1 ml'lik reaksiyon ortamı oluşturuldu. Aynı zamanda spektrofotometredeki absorbans değerlerinde meydana gelen azalma, 240 nm'de 3 dakika boyunca takip edildi. Katalaz enzimi etkinliği H₂O₂ için $\epsilon=39,4 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ tükeniş katsayısı referans alınarak hesaplama yapıldı.

2.3.4 Glutatyon Peroksidaz Aktivitesi

Kuraklık stresi şartlarında çimlendirilen buğday tohumlarına ekzojenik olarak uygulanan amonyum nitratın (azotlu sıvı gübre), çimlenmekte olan buğday tohumlarının üzerine bıraktığı etkiyi tespit etmek amacıyla glutatyon peroksidaz (EC 1.11.1.7) enzim etkinliği ölçümü yapıldı. Enzim etkinliği ölçümü yapmak amacıyla 50 µl enzim ekstratı, 100 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,00), 0,1 mM EDTA, 5 mM guaikol ve 15 mM H₂O₂ içeren 1 ml'lik tepkime ortamı oluşturularak spektrofotometrede 1 dakika süreyle absorbans değerlerindeki azalışı 470 nm dalga boyunda okutuldu. Glutatyon peroksidaz (GPX) etkinliği $\epsilon=26,6 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ tükeniş katsayısı formülü baz alınarak tanımlandı. tanımlandı (Urbanek, Kuzniak-Gebarska, ve Herka 1991).

2.3.5 Askorbat Peroksidaz Aktivitesi

Bu çalışmada, kuraklık stresi şartlarında çimlenmekte olan buğday tohumlarına eksojen olarak uygulanan amonyum nitratın (Azotlu sıvı gübre) iyileştirici rolünü incelemek amacıyla askorbat peroksidaz etkinliği (EC 1.11.1.11) ölçüldü. Bu amaçtan ötürü 20 µl enzim numunesi, 100 mM Potasyum fosfat tamponu (pH 7,0), 0,5 mM askorbat ile beraber 0,1 mM H₂O₂ ihtiva eden bir tepkime ortamı düzenlendi. Spektrofotometre cihazında 290 nm dalga boyunda 2 dakika süresince absorbanstaki azalış takip edildi. Askorbat Peroksidaz etkinliği $\epsilon=2,8 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ tükeniş katsayısı esas alınarak hesap edildi. Ardından “µmol ASC min⁻¹ mg⁻¹” şeklinde ifade edildi. (Nakano ve Asada 1981).

2.4 İstatistiksel Analizler

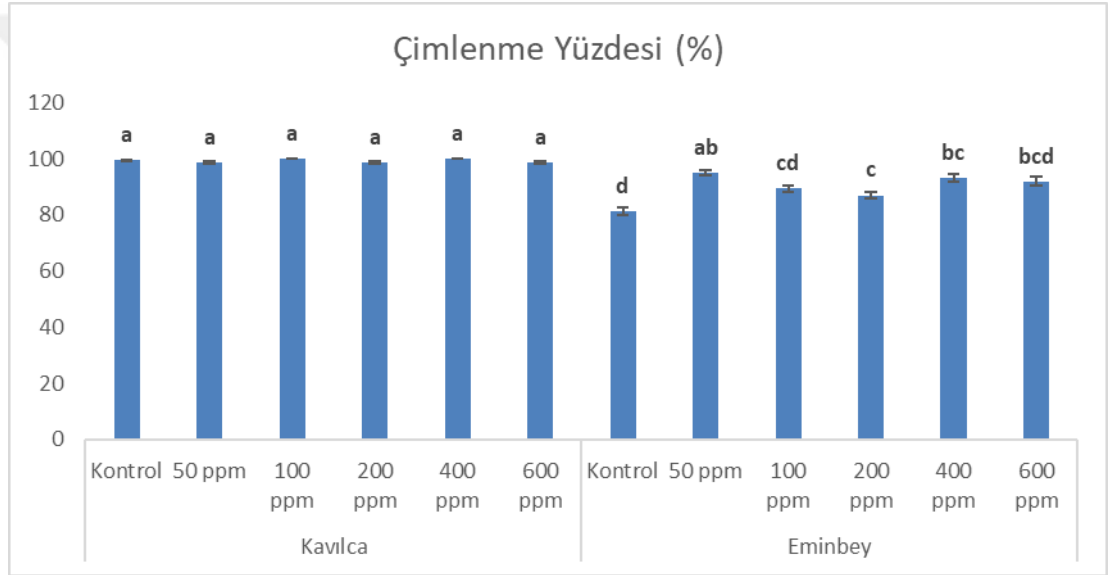
Mevcut çalışmada yapılan incelemeler ve analizler sonucunda erişilen veriler anlamlandırılmak üzere “IBM SPSS Statistics Version 25” yazılımı kullanılarak çözümlendi. Aynı zamanda grup sayılarının 3’ten fazla olması durumunda kullanılan Tek Yönlü Varyans Analizi’nden (One-Way ANOVA) faydalanıldı. Aynı zamanda gruplar içindeki ayrımı tespit etmek amacıyla, varyansların eşit olduğu şartlarda kullanılmakta olan post-hoc istatistik çeşitlerinden biri olan Duncan testi kullanıldı ($p < 0.05$).



3 BULGULAR

3.1 Çimlenme Yüzdesi

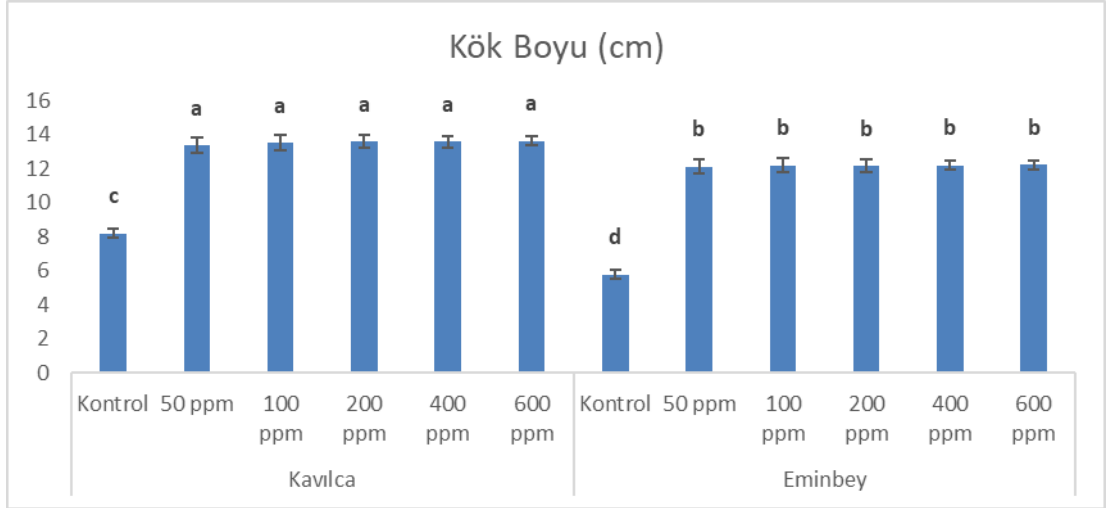
Yapılan istatistiksel analizler sonuçlarından, gruplar arasındaki çimlenme oranı bakımından anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır. Çimlenme oranının Kavılca çeşidinde kontrol ve bütün gruplar dâhil olmak üzere Eminbey'e göre daha yüksek olduğu (Eminbey 50 ppm hariç) tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Çimlenme Yüzdesi (%)

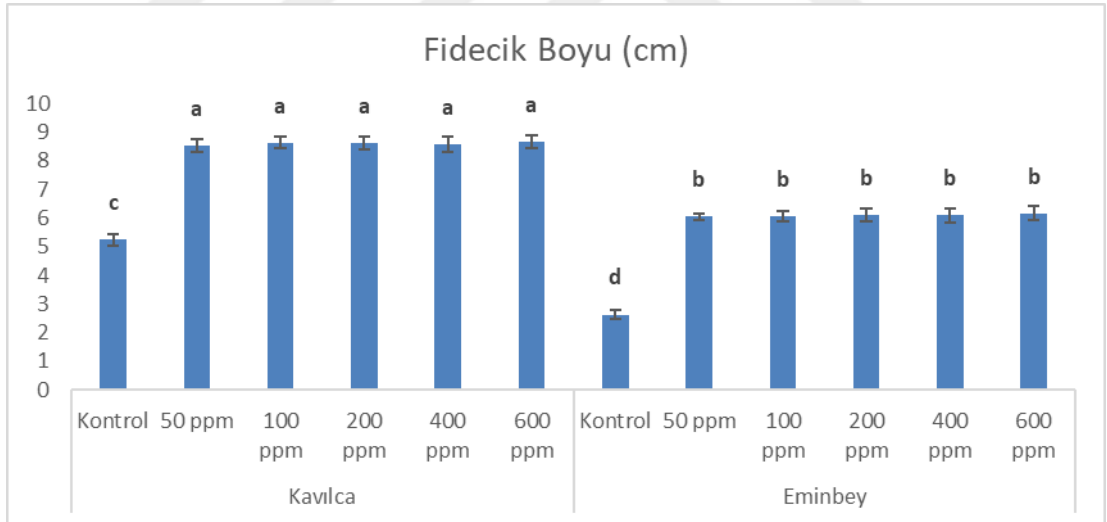
3.2 Kök ve Fidecik Boyu

Kök boyu uzunlukları analiz edildiğinde, gruplar arasındaki farkın belirli bir düzeyde olduğu saptanmış olmakla beraber, yerli Kavılca çeşidinde kontrol ve gübre uygulanmış bütün konsantrasyonlarda Eminbey'e göre daha yüksek kök boyları gözlenmiştir. (Şekil 4)



Şekil 4. Kök boyu

Fidecik boyu uzunlukları incelendiğinde, gübre uygulamasının yerli Kavılca çeşidinde Eminbey çeşidine göre daha yüksek boy değerleri ölçülmüştür. Ayrıca gübre uygulaması olmayan gruplarda da Kavılca türünde daha yüksek fidecik boyu tespit edilmiştir (Şekil 5).

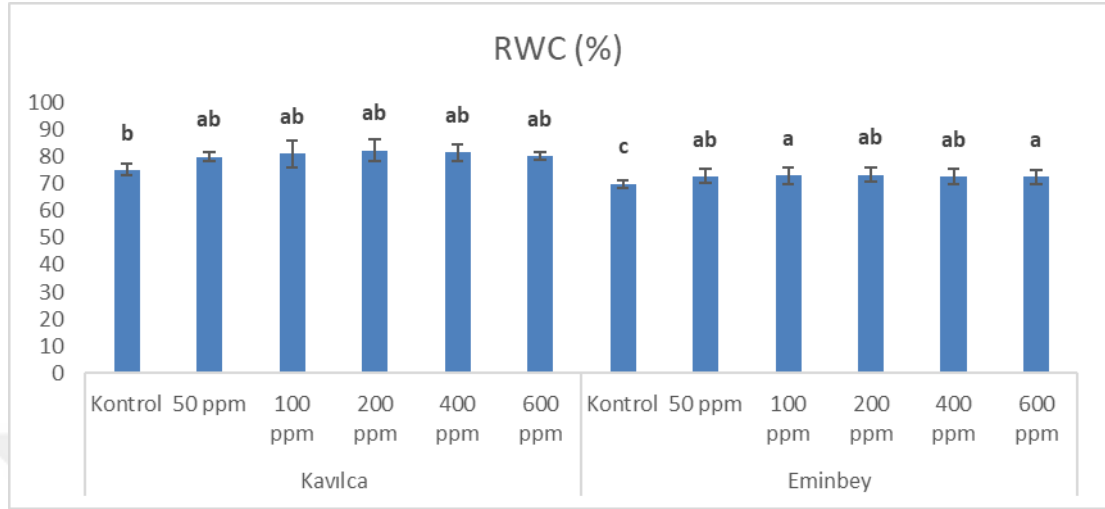


Şekil 5. Fidecik boyu

3.3 Nisbi Su İçeriği (RWC)

Mevcut çalışmada RWC (%) oranı incelendiğinde deney grupları arasında anlamlı bir fark olduğu söylenebilir. Yerli Kavılca buğday çeşidinin gübre uygulamasıyla birlikte Eminbey çeşidine göre iyi bir su durumuna sahip olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda

gübre uygulanmamış kontrol gruplarında da Kavılca'nın Eminbeye kıyasla daha yüksek su tuttuğu tespit edilmiştir. (Şekil 6)



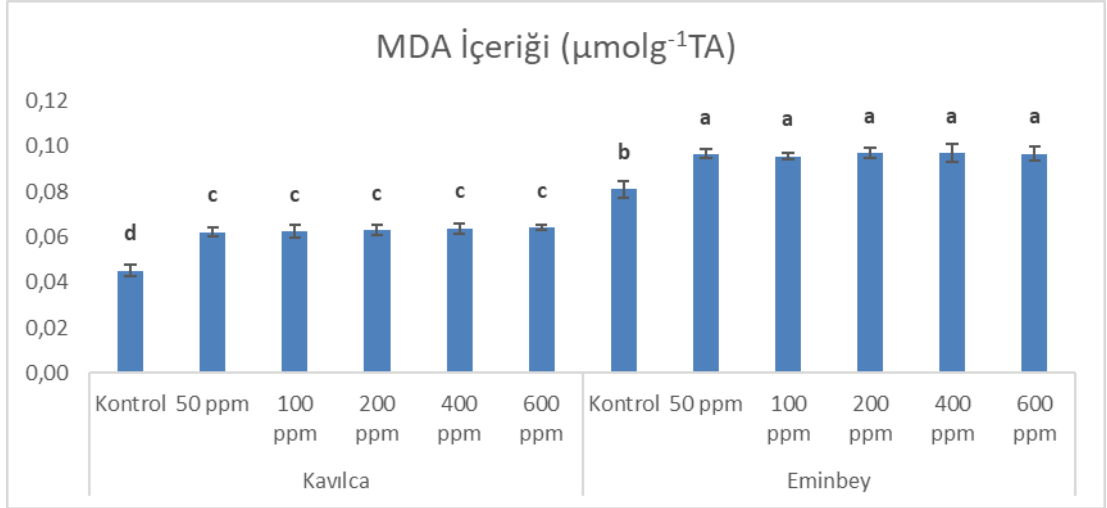
Şekil 6. Nisbi su içeriği (RWC%)

3.4 Stres Parametreleri

Mevcut çalışmada, belirli konsantrasyonlarda uygulanmış olan azotlu gübrenin stres durumundaki etki mekanizmasının incelenmesi amacıyla yaygın bitki stres parametrelerinin analizi yapılmıştır.

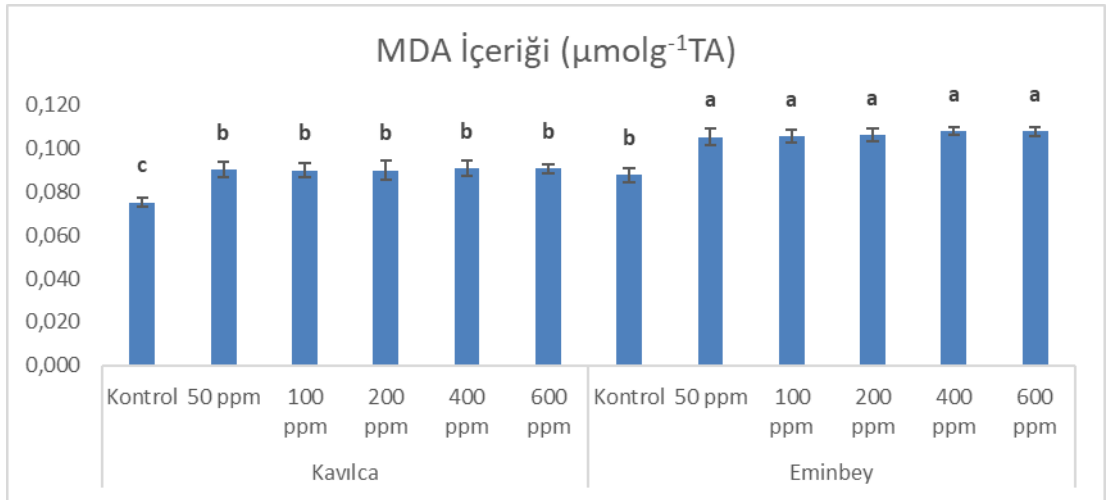
3.4.1 Lipid Peroksidasyonu

Mevcut tez çalışmasında kuraklık stresi şartlarındaki buğday tohumlarına uygulanan azotlu gübrenin kuraklık stresine karşı nasıl bir reaksiyon gösterdiğini saptayabilmek amacıyla her iki çeşidinin yaprak kısımlarındaki lipid peroksidasyonu seviyesi ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir. Eminbey çeşidinde gübreli ve gübresiz tüm gruplarda MDA içeriği, Kavılca çeşidine göre daha yüksek bulunmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Yapraklarda lipid peroksidasyonu seviyesi (MDA)

Mevcut çalışmada azotlu gübre uygulamasının kuraklık stresine karşı etkilerini belirleyebilmek amacıyla her iki çeşidin kök kısımlarındaki lipid peroksidasyonu seviyesi ölçülmüştür. Dolayısıyla mevcut gruplar arasında bir fark olduğu belirlenmiş olup, tescilli Eminbey buğday çeşidinin bütün gruplarında yerli Kavılca çeşidine kıyasla lipid peroksidasyonunun yüksek bir seviyede olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8).

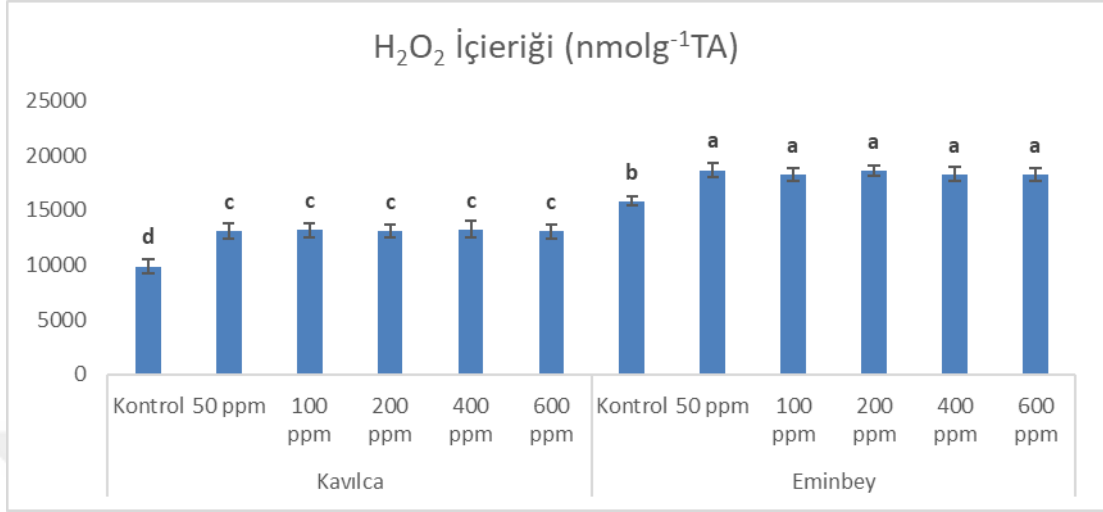


Şekil 8. Köklerde lipid peroksidasyonu seviyesi (MDA)

3.4.2 Hidrojen Peroksit (H₂O₂) İçeriği

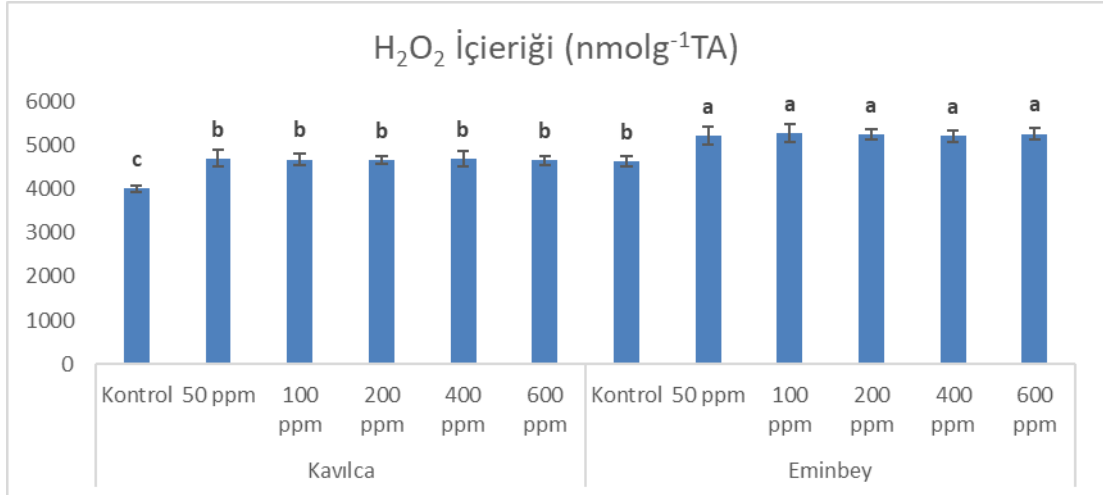
Mevcut çalışmada yerli Kavılca ve Eminbey buğday türlerinin yaprak bölgelerindeki hidrojen peroksit içeriği analiz edilerek çeşitler arasında bir fark tespit edilmiştir. Hidrojen peroksit içeriğinin tescilli Eminbey çeşidinin bütün gruplarında yerli

Kavılca çeşidine göre daha yüksek olduğu, yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Yapraklarda hidrojen peroksit (H₂O₂) içeriği

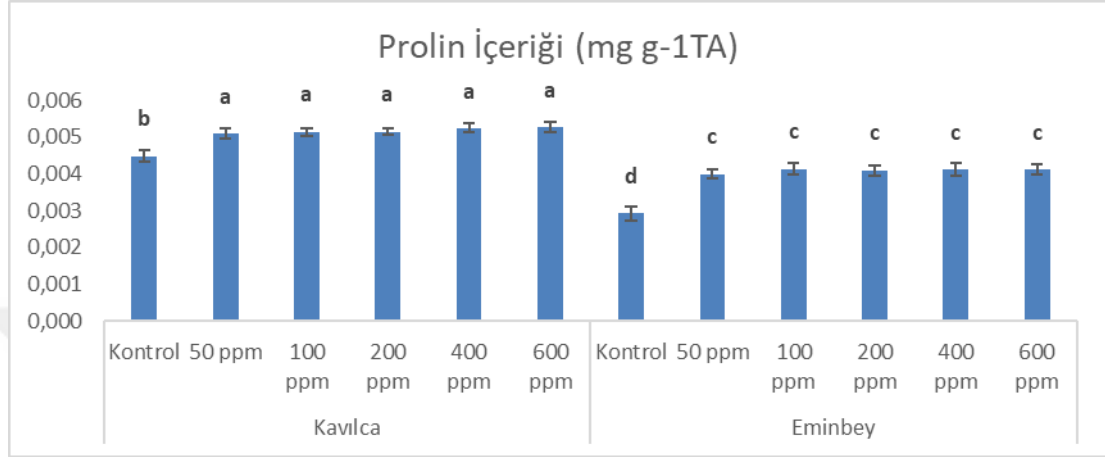
Mevcut alışmada buğday türlerinin kök bölgelerindeki hidrojen peroksit içeriği analiz edildiğinde gruplar arasında bir fark olduğu tespit edilmiştir. Kontrol ve gübre verilen tüm gruplar kendi içinde kıyaslandığında tescilli Eminbey çeşidinde yerli Kavılca çeşidine göre daha yüksek H₂O₂ içeriği tespit edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Köklerde hidrojen peroksit (H₂O₂) içeriği

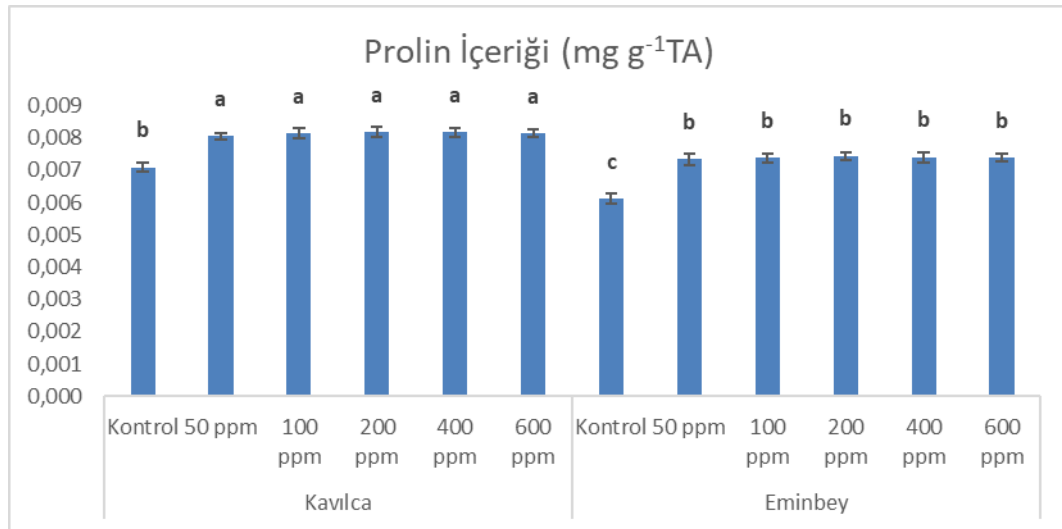
3.4.3 Prolin İçeriği

Her iki buğday çeşidinin yaprak kısımlarındaki prolin içerikleri analiz edildiklerinde deney grupları arasında anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir. Kavılca çeşidindeki tüm gruplarda Eminbey'e göre daha yüksek prolin içeriğine rastlanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Yapraklarda prolin içeriği

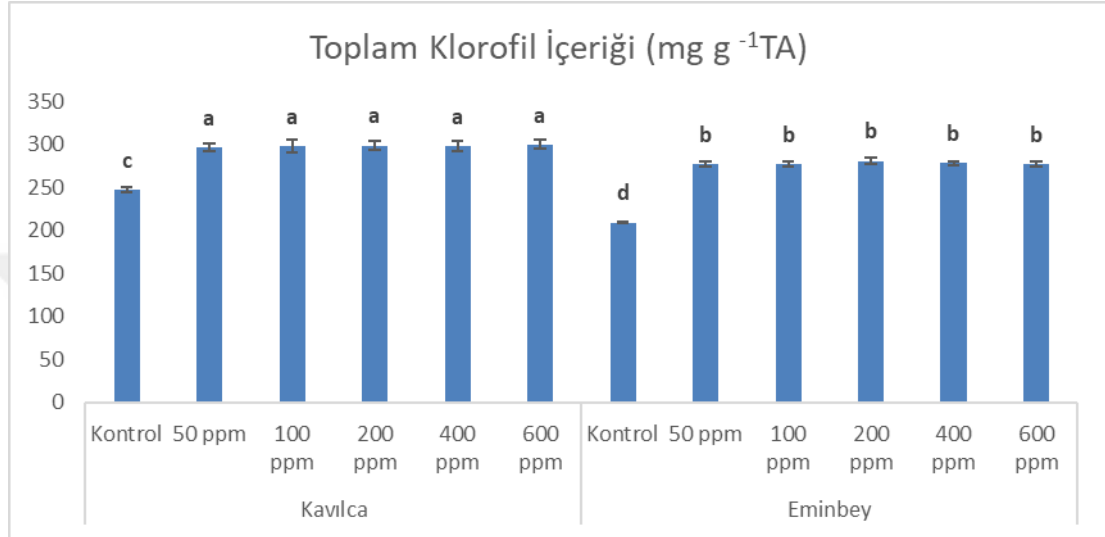
Mevcut çalışmada her iki buğday çeşidinin kök bölgelerindeki prolin içerikleri analiz edildiğinde, türler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Yerli Kavılca çeşidinin mevcut gruplarının prolin içeriklerinin, Eminbey çeşidinin tüm gruplarındaki prolin içeriklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Köklerde prolin içeriği

3.4.4 Toplam Klorofil İçeriği

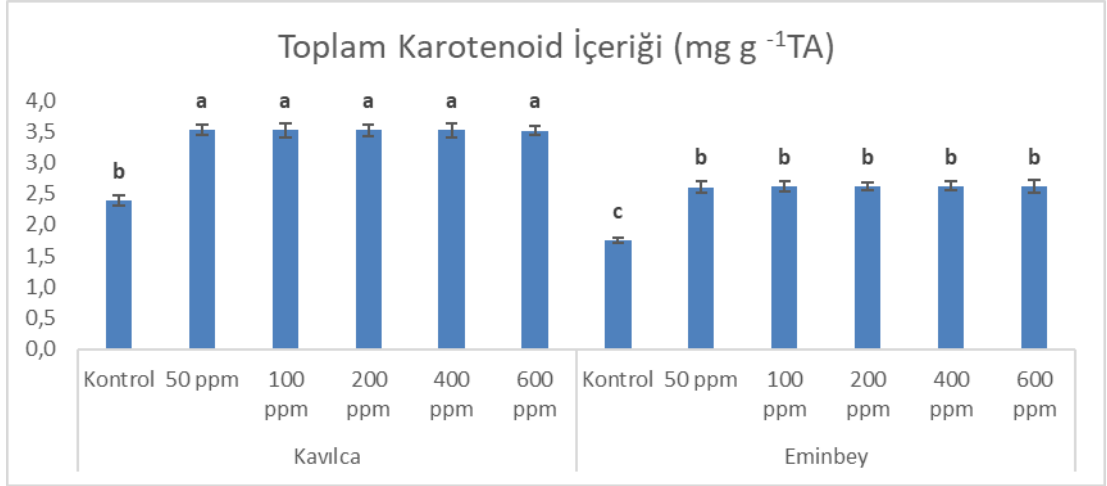
Mevcut çalışmada toplam klorofil içeriği incelendiğinde deney grupları arasında bir farklılık olduğu gözlemlenmiştir. 2 farklı buğday çeşidindeki kontrol ve gübrelili gruplar karşılaştırıldığında, Kavılca çeşidi gruplarındaki toplam klorofil içeriğinin Eminbey'e kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Toplam klorofil içeriği

3.4.5 Toplam Karotenoid İçeriği

Mevcut çalışmada toplam karotenoid içeriği analiz edildiğinde gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir. En yüksek karotenoid içeriği Kavılca gübrelili gruplarında tespit edilmiş olup konsantrasyonlar arasında belirgin bir fark bulunamamıştır. En düşük karotenoid içeriği ise Eminbey kontrol grubunda tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında, toplam karotenoid içeriğinin Eminbey çeşidine göre Kavılca'da daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Toplam karotenoid içeriği

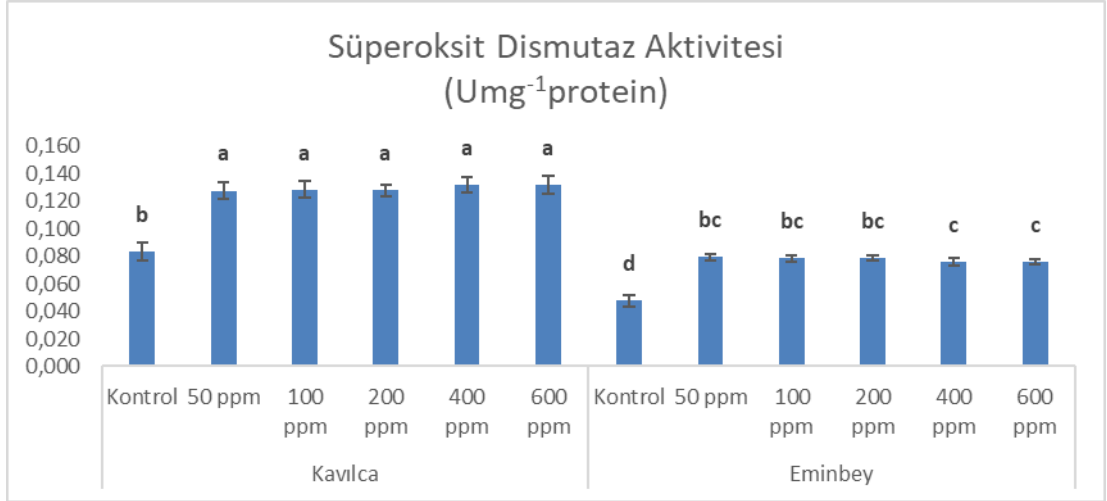
3.5 Antioksidan Enzim Aktivitesi

Mevcut tez çalışmasında kuraklık stresi koşulları altında çimlendirilen buğday tohumlarına uygulanan azotlu gübrenin etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla yaygın birtakım antioksidan enzim aktivitelerine bakılmıştır.

3.5.1 Süperoksit Dismutaz Aktivitesi

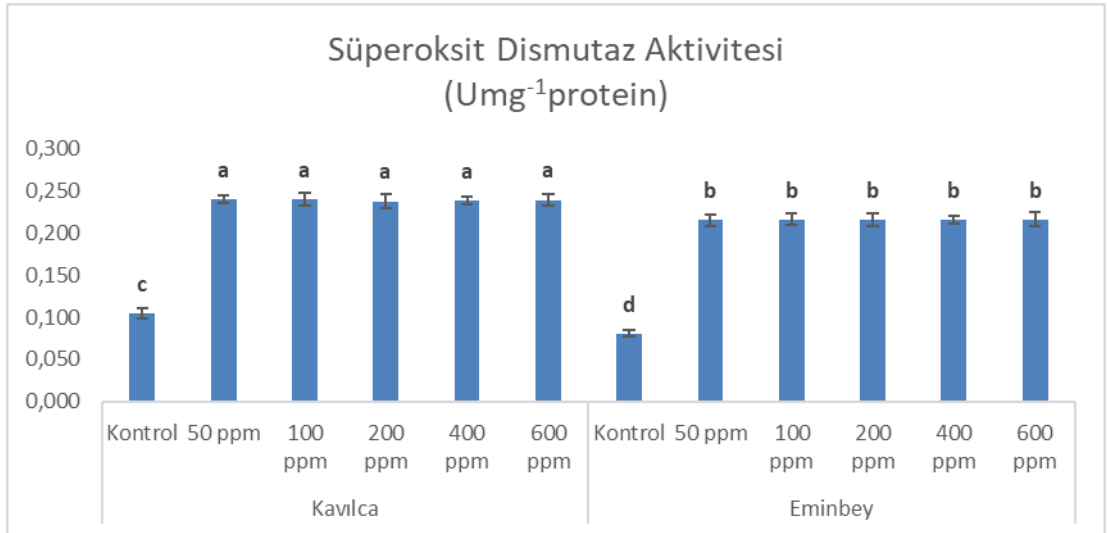
Mevcut çalışmada kuraklık stresi koşullarında çimlendirilmiş buğday tohumlarında, azotlu gübre uygulaması etkilerinin gözlemlenmesi amacıyla yaygın birtakım antioksidan enzim aktiviteleri ölçülmüştür.

Mevcut çalışmada türlerin yaprak bölgelerinden alınan örnekler kullanılarak deney grupları arasındaki süperoksit dismutaz aktiviteleri ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda Buğday türleri arasında istatistiksel açıdan bir fark olduğu belirlenmiştir. Kavılca çeşidinin sırasıyla kontrol ve gübreli gruplarında Eminbey çeşidinin kontrol ve gübreli gruplarına göre daha yüksek bir SOD enzimi aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Yapraklarda süperoksit dismutaz enzim aktivitesi

Mevcut çalışmada türlerin kök bölgelerinden elde edilen örneklerin süperoksit dismutaz aktivitesi ölçülmüştür. Deney grupları arasında, istatistiksel açıdan bir fark olduğu tespit edilmiştir. Yapılan analizlere göre en yüksek enzim aktivitesinin yerli Kavılca çeşidinin bütün gübreli gruplarında, en düşük süperoksit dismutaz aktivitesinin ise, tescilli Eminbey çeşidinin kontrol (%15PEG) grubunda olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında Kavılca çeşidinde bu enzim aktivitesinin Eminbey çeşidine göre daha yüksek düzeyde olduğu görülmektedir (Şekil 16).

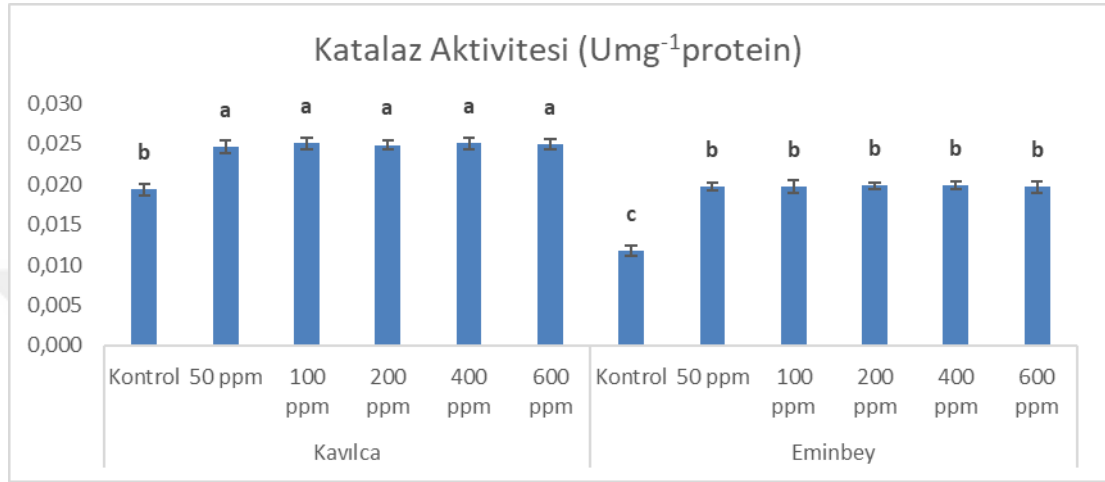


Şekil 16. Köklerde süperoksit dismutaz enzim aktivitesi

3.5.2 Katalaz (CAT) Aktivitesi

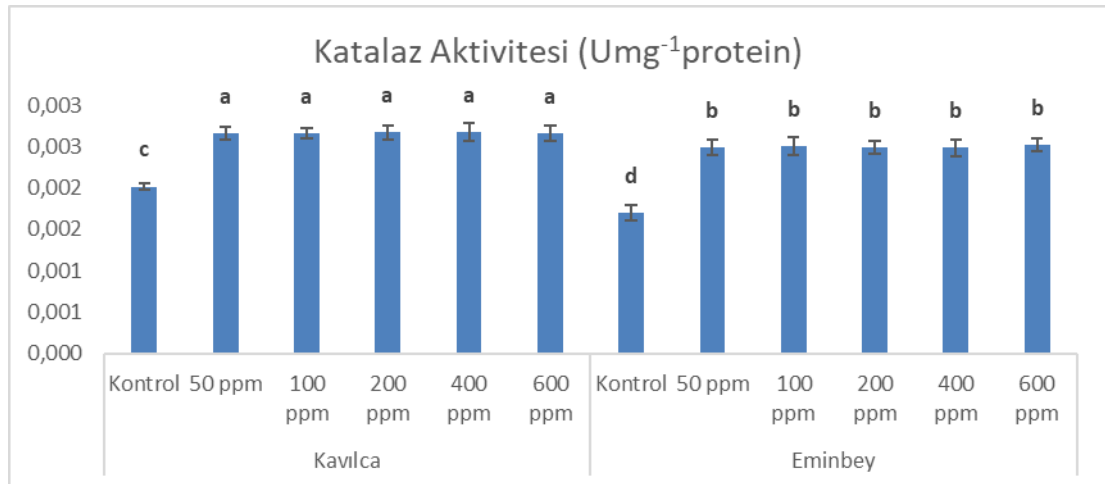
Mevcut tez çalışmasında buğday türlerinin yaprak bölgelerindeki katalaz aktivitesi analiz edildiğinde, gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir. Deney

grupları arasında en yüksek katalaz enzim aktivitesinin yerli Kavılca buğday çeşidinin gübreli gruplarında olduğu saptanmıştır. En düşük enzim aktivitesinin ise, tescilli Eminbey çeşidinin kontrol grubunda olduğu gözlemlenmiştir. Buğday çeşitleri arasındaki farka bakıldığında, katalaz aktivitesinin Kavılca çeşidinde Eminbey'e daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 17).



Şekil 17. Yapraklarda katalaz aktivitesi

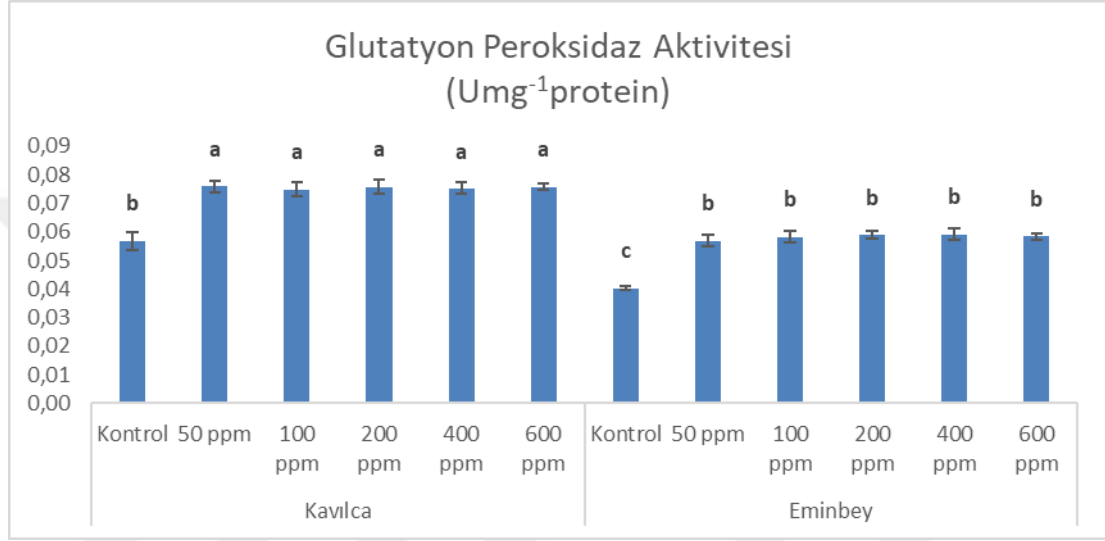
Mevcut tez çalışmasında türlerin kök bölgelerindeki katalaz enzimi aktiviteleri incelenmiş olup, mevcut konsantrasyonlar arasında bariz bir fark olduğu tespit edilmiştir. Deney grupları incelendiğinde, Kavılca çeşidindeki gübreli grupların Eminbey çeşidinin gübreli gruplarına göre daha fazla katalaz enzimi aktivitesine sahip olduğu gözlemlenmiştir Aynı şekilde Kavılca kontrol grubunda da Eminbey kontrol grubuna göre daha yüksek enzim aktivitesi olduğu belirlenmiştir (Şekil 18).



Şekil 18. Köklerde katalaz aktivitesi

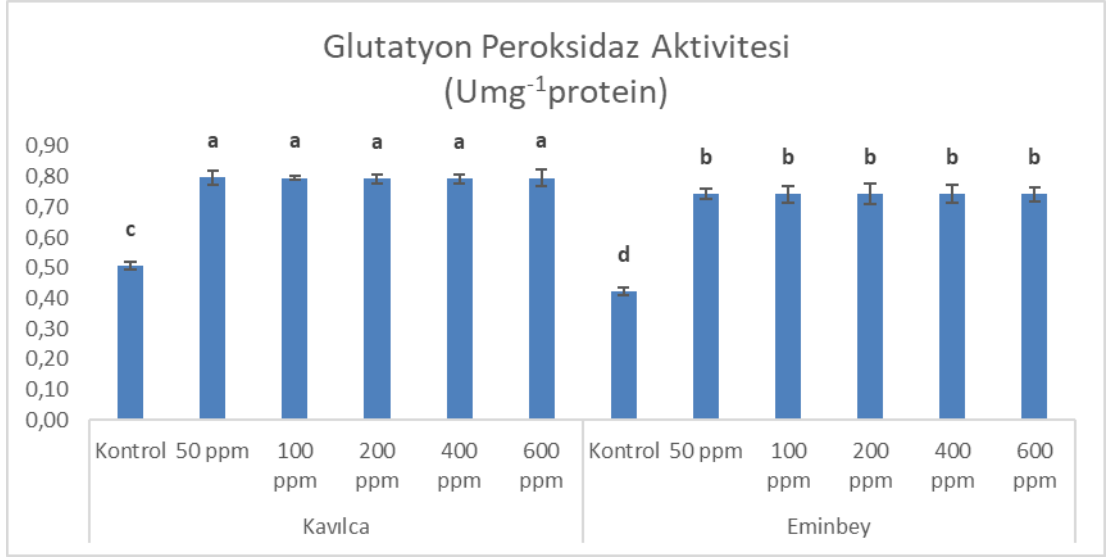
3.5.3 Glutasyon Peroksidaz (GPX) Enzim aktivitesi

Mevcut çalışmada Kavılca ve Eminbey buğday çeşitlerinin yaprak dokularındaki glutasyon peroksidaz enzim aktivitesi ölçülmüştür. Analiz sonuçlarında, deney grupları arasında bir fark olduğu tespit edilmiştir. Buğday çeşitleri karşılaştırıldığında tüm gruplarda, Kavılca çeşidinin Eminbey çeşidine kıyasla daha yüksek GPX enzim aktivitesine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 19).



Şekil 19. Yapraklarda glutasyon peroksidaz enzim aktivitesi

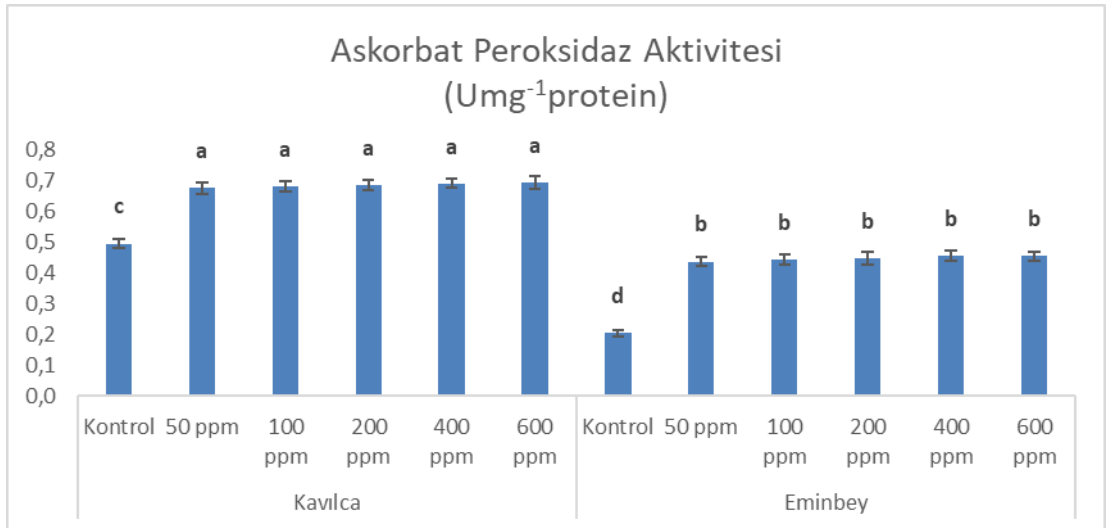
Mevcut çalışmada, deney gruplarının kök dokularındaki glutasyon peroksidaz enziminin aktivitesi ölçülmüştür. Gruplar arasında bir fark olduğu tespit edilmiştir. En yüksek enzim aktivitesinin gübreli Kavılca gruplarında olduğu, en düşük enzim aktivitesinin ise Eminbey kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. Kavılca çeşidinin kontrol ve gübreli gruplarında, Eminbey çeşidine kıyasla daha yüksek GPX enzim aktivitesine sahip olduğu görülmüştür (Şekil 20).



Şekil 20. Köklerde glutatyon peroksidaz enzim aktivitesi

3.5.4 Askorbat Peroksidaz (APX) Enzim aktivitesi

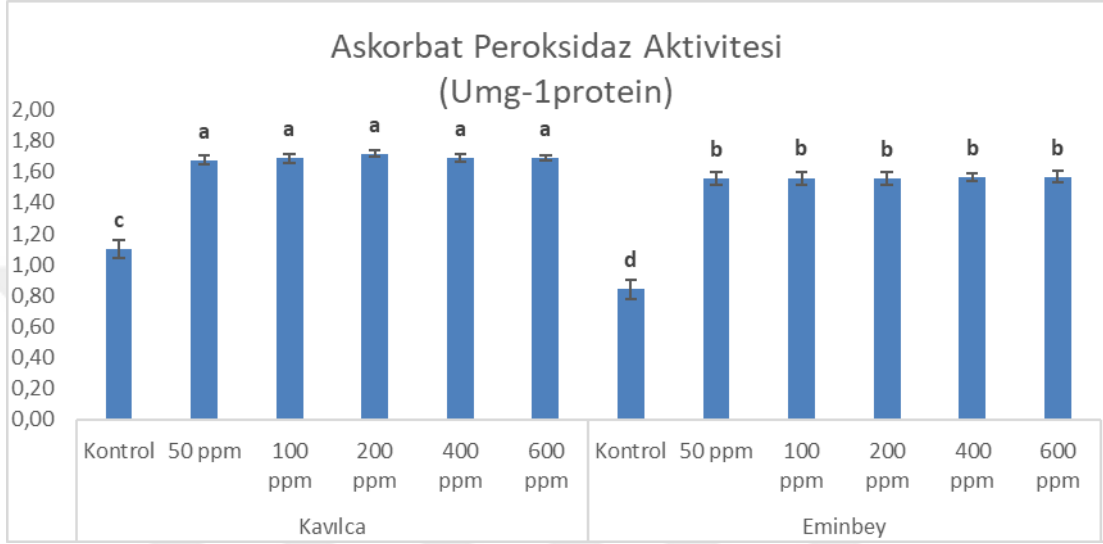
Mevcut çalışmada, yaprak dokularındaki askorbat peroksidaz enzim aktivitesi incelendiğinde gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır. Tescilli Eminbey buğday çeşidinin kontrol grubu en düşük seviyede enzim aktivitesine sahipken, yerli Kavılca çeşidinin kontrol grubu dâhil olmak üzere, bütün gruplarında enzim aktivitesinin Eminbey'e göre daha yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Yapraklarda askorbat peroksidaz aktivitesi

Mevcut analizlerde kök dokularındaki askorbat peroksidaz aktivitesi incelendiğinde, yerli Kavılca ve tescilli Eminbey buğday çeşitlerinin arasında bir fark olduğu

belirlenmiştir. Yerli Kavılca çeşidinin sırasıyla gübrelili ve kontrol gruplarında, tescilli Eminbey çeşidinin gübrelili ve kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek APX enzim aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Kendi arasında her iki buğday çeşidi kıyaslandığında, diğer enzim aktivitelerinde olduğu gibi bu enzim aktivitesinde de gübre konsantrasyonları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (Şekil 22).



Şekil 22. Köklerde askorbat peroksidaz aktivitesi

4 TARTIŞMA

Mevcut çalışmada kuraklık stresi altında çimlendirilmiş buğday tohumlarında azotlu sıvı gübre uygulamasının iyileştirici etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla kuraklık stresini benzeştirmek amacıyla belirli konsantrasyonlarda ‘‘PEG 6000 (polietilen glikol)’’ kullanılarak bir deney düzeneği tasarlanmıştır. Aynı zamanda mevcut çalışmada azotlu sıvı gübre uygulamasının hangi konsantrasyonlarda daha etkili olduğunu belirlemek amacıyla 50 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm ve 600 ppm şeklinde beş farklı konsantrasyonda gübre uygulaması yapılmıştır. Azotlu gübrenin etkili olduğu konsantrasyon aralığını belirleyebilmek amacıyla buğday bitkisinde çimlenme yüzdesi (%), bitki kök uzunluğu, bitkinin nispi su içeriği (RWC), stres sonucu oluşan lipid peroksidasyonu, prolin ve yaygın antioksidan enzimlerin aktiviteleri ile beraber büyüme ve bazı stres parametreleri ölçülmüştür. Yerli buğday çeşitleri, çeşitli abiyotik streslere daha iyi uyum sağlayabilme potansiyeli barındıran zengin genetik kaynakları temsil etmeleri nedeniyle önemli bir konumdadır. Genel olarak, modern buğday genotipleri oldukça üretken çeşitlere sahiptirler. Ancak aynı zamanda toprakta yetersiz besin kaynağına ve abiyotik streslere karşı da hassas bir yapıya olabirler (Kocheva vd. 2020). Bu çalışma, iki buğday çeşidinin (eski bir siyez grubu buğday olan yerli Kavılca ve modern tescilli bir buğday çeşidi olan Eminbey buğdayı) çimlenme döneminde azotlu sıvı gübreye yanıtlarını karakterize eden bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler ölçülerek karşılaştırma yapılmıştır. Mevcut tez çalışmasından elde edilen bulgular incelendiğinde 10 günlük çimlendirme süresi sonunda hesaplanmış olan çimlenme oranının yerli Kavılca buğday çeşidinin bütün gruplarında daha yüksek bir değerde olduğu gözlemlenmiştir. Çimlenme yüzdesinin (%) ise Eminbey tescilli çeşidinin kontrol (%15 PEG) dahil olmak üzere bütün gübreli gruplarında olduğu düşük bir değerde gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra kontrol grubu ve diğer gübreli gruplar kıyaslandığında, yerli Kavılca çeşidinin tescilli Eminbey çeşidine göre istatistiksel olarak çok belirgin farkla önde olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut çimlenme oranına bakıldığında, gübre uygulamasının belirli seviyede çimlenmeyi teşvik ettiğini söyleyebiliriz. Buradan da anlaşılacağı üzere gübrenin iyileştirici etkisi konsantrasyon farkı gözetmeksizin, yaprak ve kök dokularının bütün

konsantrasyonlarda benzer bir şekilde etki gerçekleştirdiği tespit edildi. Literatürdeki yapılmış olan önceki çalışmalar üre uygulamasının buğday çimlenme, büyüme ve gelişmesi için faydalı olduğunu göstermiştir ve ayrıca Azotlu sıvı gübre, stres koşulları altında tohum çimlenmesine olumlu anlamda etki ettiği gözlemlenmiştir (Blandino, Vaccino, ve Reyneri 2015; Wang vd. 2021). Kökler bitkinin önemli bir organıdır ve bitki büyümesinde, gelişmesinde çok önemli rol oynamaktadır. Kökler aynı zamanda bitkileri sabitlemeye ve desteklemeye ek olarak, ana işlevleri suyu ve besinleri topraktan almaktır. Özellikle kurak alanlarda mahsul üretimi için su ve besin girdisi esastır. Gübrelerin, özellikle organik gübrelerin eklenmesi, toprağın organik maddesini artırabilir, toprağın su depolama kapasitesini artırabilir, kök büyümesini teşvik edebilir, kök uzunluğunu artırabilir, köklerin derin toprak katmanlarından daha fazla su emmesini sağlayabilir ve böylece bitkinin kuraklığa toleransını artırarak bitki fizyolojik durumunu iyileştirebilir (Li vd. 2009). Mevcut çalışmadaki bulgulara göre ve yerli Kavılca ve tescilli Eminbey buğday çeşitlerinin kök boyu uzunlukları incelendiğinde yerli Kavılca çeşidinin gübreli gruplarında bitki kök boyunun bütün konsantrasyon değerlerinde benzer bir şekilde artmış olup, kontrol grubuna kıyasla daha yüksek düzeylerde oldukları ve aralarında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir. Yerli Kavılca çeşidinin hem yaprak dokusunda hem de kök dokusunda tescilli Eminbey çeşidine göre ise daha iyi bir düzeyde olduğu görülmüştür. Yerli Kavılca ve tescilli Eminbey buğday türlerinin kök boyu ve kök dokusunda ölçülmüş olan diğer fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin kök dokularında bütün gübreli grupların konsantrasyon değerlerinin birbirlerine yakın ve yerli Kavılca çeşidinin, tescilli Eminbey çeşidine kıyasla önde olup, aralarında anlamlı bir fark olduğu görüldü. Kurak koşullar altında çimlendirilen buğday türlerine uygulanan azotlu gübrenin, türlerinin kök boyunu arttırarak büyüme ve gelişmeyi teşvik ettiği gözlemlenmiştir. Ana kök çapı daha yüksek olan bitkiler, suyu ve besinleri emmek için daha fazla büyüme potansiyeline ve daha kuru toprağa uyum sağlama kabiliyetine sahiptir (Narayanan vd. 2014). Derin kök sistemlerine ve daha yüksek kök yoğunluğuna sahip buğday genotiplerinin, esas olarak daha derin toprak katmanlarından toprak suyunu daha iyi özütlediği ve daha yüksek verim elde ettiği düşünülmektedir (Manschadi vd. 2008). Literatür incelendiğinde farklı bitki türleri ile yürütülen birçok çalışmada kuraklık stresi şartlarında uygulanmış olan azotlu gübrenin

bitki çimlenmesine ve bazı fizyolojik parametreleri üzerine pozitif yönde bir etki yarattığı görülmüştür.

Tarımsal ekosistemlerde fotosentez için önemli bir kaynak olan su, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde mahsulün büyümesini ve gelişmesini etkileyen bir diğer önemli faktördür. Su ve azotun bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki karşılıklı etkileri (Arora, Singh ve Mohan 2001; Li vd. 2009; Rahimi vd. 2013), buğday tarafından azot birikiminin ve kullanımının farklı su koşullarında önemli değişikliklere sahip olduğunu göstermiştir.

Mevcut çalışma bulguları incelendiğinde fidecik boyunun yerli Kavılca çeşidinin bütün gübreli gruplarında yakın derecede arttığı gözlemlenmiştir. Bu gübre konsantrasyonları, Eminbey çeşidinde de benzer sonuçlar göstermekle beraber, yerli Kavılca çeşidi ile benzer düzeyde bir artış göstermemiştir. Nitekim azotlu gübrenin yerli Kavılca çeşidinin fidecik boyu uzunluğuna, Eminbey'e kıyasla önemli ölçüde olumlu katkı sağladığı gözlemlenmiştir. Mevcut çalışma bulguları incelendiğinde RWC değerlerinin her iki grupta da fidecik boyu, kök boyu ve çimlenme oranıyla paralellik göstermesi gübrenin belli konsantrasyonlarda kuraklık stresine karşı pozitif anlamda bir reaksiyon gösterdiği anlaşılmaktadır. Literatürde kuraklık stresi koşullarında yetişen bitkilerde azotlu gübre uygulanmasının nisbi su içeriğini (RWC) arttırdığını ve aynı zamanda lipid peroksidasyonunu da azalttığı gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, (Hafez vd. 2021), kuraklık stresine maruz kalan buğday çeşitlerinde RWC, klorofil gibi parametrelerin değerlerinde bir düşüş olduğunu ve bu durumun da topraktan yeterli miktarda su alınamadığından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Önceki çalışmalar, uygun bir N (Azot) kaynağının, mahsul büyümesi üzerinde kuraklık stresinin olumsuz etkilerini hafifletebileceğini ve mahsullerin normal metabolizmalarını sürdürebileceğini göstermiştir (Agami vd. 2018; Zhang vd. 2007).

Reaktif oksijen türleri, canlılarda lipid peroksidasyonu gibi olumsuz süreçlerin başlamasına sebep olur. Lipid peroksidasyonu, bitki hücrelerinde oksidatif stres sonucunda başlayan ve çoğunlukla hücresel hasara neden olan abiyotik ve biyotik streslerin doğal bir sonucudur. Dolayısıyla bu çalışmada kuraklık stresi şartlarında buğday bitkilerinde hücre zarında meydana gelen hasarın düzeyi belirlenmiştir. Mevcut çalışma bulguları incelendiğinde yerli Kavılca buğday çeşidinin yaprak ve kök

dokularında neredeyse tamamında gübreli konsantrasyon değerlerinin lipid peroksidasyonu seviyeleri açısından yakın olduğu, kontrol ve Eminbey gruplarına kıyasla gübreli gruplarında daha iyi bir düzeyde olduğu ve bu durumun yerli Kavılca çeşidinde kuraklık stresinin bir sonucu olan lipid peroksidasyonu düzeyini azaltarak hücre membranındaki hasarı azalttığı söylenebilir. Nitekim bütün konsantrasyon değerlerinde azotlu gübre uygulamasının, hücredeki serbest radikallerin detoksifikasyonuna doğrudan ya da dolaylı bir şekilde olumlu etki gösterdiği söylenebilir. Literatür incelendiğinde, azotlu gübre uygulamasının enzimatik antioksidan enzimlerin etkinliğini düzenleyerek hücredeki serbest radikalleri temizlediğini ve hücre zarının stabilitesini iyileştirdiği düşünülmektedir. Örnek vermek gerekirse, N (Azot) arzının arttırılmasının, kuraklık stresi koşulları altında hücre enzimatik savunma sisteminin aktivitesini geliştirdiğini göstermiştir (Agami vd. 2018; Gou vd. 2017). Örnek vermek gerekirse şayet, (Chen vd. 2009) mısır bitkisi ile yürütülen bir çalışmada, kuraklık stresi koşullarında yapraklara üre uygulamasının SOD ve POD aktivitelerini arttırabileceğini ve MDA içeriğini azaltabileceğini bildirilmiştir. Mevcut çalışmada elde edilen bulgular literatürle uyumludur. Örnekle açıklamak gerekirse, (Chen vd. 2009) kuraklık stresi koşullarında orta veya yüksek bir N (Azot) kaynağı, buğday yapraklarındaki antioksidan enzimlerin aktivitelerini arttırmıştır.

Mevcut araştırma bulguları azotlu gübre uygulamasının kuraklık stresleriyle başa çıkmada öncü bir rol oynadığını ve kuraklık stresinin neden olduğu oksidatif hasarı etkili bir şekilde azalttığını göstermektedir. Bu sonuç, literatürdeki diğer çalışmalarla örtüşmektedir. Detaylandırmak gerekirse, (Li vd. 2020) N arzını artırmanın, antioksidan enzim aktivitelerini ve hücre osmoregülasyonunu artırarak kuraklık stresinin neden olduğu fizyolojik hasarı hafiflettiğini rapor etmiştir. Benzer şekilde (Agami vd. 2018) ve (Shafi vd. 2015), kurak koşullar altında azot eksikliği varsa SOD, POD, CAT ve APX izoformlarının nispi ifadesinin azaldığını buna karşın yeterli N varlığında ise söz konusu enzim ifadelerinin arttığını belirtmişlerdir.

Hidrojen peroksit, bitkilerin doğal metabolizmaları sonucunda oluşabileceği gibi oksidaz ve süperoksit dismutaz gibi bazı enzim faaliyetleri sonucunda da oluşabilirler (Tian vd. 2016:2). Aynı zamanda bitkiler stres etkilerine maruz kaldıklarında hücrede hidrojen peroksit düzeyi artar. Bitkilerde stresin artmasıyla beraber stres sinyali

üretimi de artar. Dolayısıyla hücrede H_2O_2 düzeyi de artar. Bitkiler şiddetli stres koşullarına maruz kaldıklarında ve metabolizma etkinlikleri sonucunda oluşan ve çok fazla biriken hidrojen peroksidin detoksifiye edilememesi, hücrede hidrojen peroksit artışının önemli bir sebebidir. Bu nedenden dolayı, mevcut çalışmada kurak koşullar altında çimlendirilen buğday fideciklerinde hidrojen peroksit miktarı ölçülerek, gübrenin iyileştirici etkisi gözlemlendi. En yüksek H_2O_2 içeriği yerli Kavılca çeşidinin kıyasla, Eminbey çeşidinde kontrol dahil olmak üzere bütün konsantrasyon değerlerinde gözlemlenirken, en düşük hidrojen peroksit içeriği ise Kavılca çeşidinin bütün gübreli gruplarında konsantrasyon farkı olmaksızın benzer düzeyde olduğu gözlemlendi. Stres faaliyetlerinin azaldığı, Kavılca'nın bütün gübreli konsantrasyon değerlerinde (50 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 600 ppm), hidrojen peroksit seviyesinin düşmesi de literatürdeki raporlarla korelasyon göstermektedir. Mevcut çalışma bulguları, yerli Kavılca ve tescilli Eminbey buğday çeşitlerine uygulanan azotlu sıvı gübrenin antioksidan enzim aktivitelerinde önemli bir artış meydana getirdi. Literatürde de belirtildiği gibi (Alikhani-Koupaei vd. 2018; Saneoka vd. 2004b) mevcut çalışmada kuraklık stresi altındaki bitkilerde azotlu gübre (N) uygulamasının ROT detoksifiye edici antioksidan sistemin geliştirilmesi ve ayrıca fotosentetik sürecin korunmasına katkıda bulunmuş olabilir.

Çalışmada, stres koşullarına maruz kalan buğday bitkisine uygulanmış olan azotlu gübre, H_2O_2 yoğunluğunu azalttığı gözlenmiştir. Yerli Kavılca çeşidinde belirli konsantrasyonlarda uygulanmış olan azotlu gübrenin, yaprak ve kök dokularında hidrojen peroksit seviyesini azalttığı ancak benzer durumun Eminbey çeşidinde aynı seviyede olmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın Eminbey'in bütün gübreli gruplarında, kontrole göre benzer bir düşüş gözlemlenmiştir. Çalışma bulgularından elde edilen bilgilerin ışığında kuraklık stresi koşullarında yerli Kavılca çeşidinde gübreye karşı yanıtı Eminbey çeşidine göre daha iyi bir durumda olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada kuraklık stresine karşı verilen yanıtların iyi bir belirteci olarak prolin seviyesi ölçülmüştür. Prolin, stres direncinde ve bitki korumasında çeşitli olumlu roller oynar ve prolin içeriği ile stresin üstesinden gelme yeteneği arasında güçlü bir ilişki vardır (Liu vd. 2021). Çalışmada gübre uygulamasının prolin içeriğini Kavılca yaprak ve kök dokularında, kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Buna paralel olarak Eminbey çeşidinde de yaprak ve kök dokularındaki prolin

seviyesinin, gübreli gruplarda kontrol gruplarına kıyasla arttığı gözlenmiştir. Birçok çalışmada (Kishor vd. 2005) ve (Hussain vd. 2018), prolin'in serbest radikalleri etkisizleştirerek membranları, diğer hücrel yapıları ve hücrel redoks potansiyelini stabilize etmeye yardımcı olduğu belirtilmiştir. Mevcut çalışma bulguları da bu raporları destekler niteliktedir. Çalışma bulgularına bakılarak N ilavesinin fotosentetik pigmentlerin sentezini teşvik ettiğini söylemek mümkündür. Benzer şekilde (Agami vd. 2018) N ilavesinin yapraklarda fotosentetik pigmentlerinin biyosentezini indükleyebileceğini ve sonuç olarak ozmoprotektanlar (özellikle kuraklık stresine karşı etkin bir şekilde yanıt oluştururlar) dahil daha fazla asimilat üretmek için fotosentetik süreci iyileştirebildiğini rapor etmiştir. Prolin içeriğine dair bulgular, N arzının artmasından kaynaklanan artan osmolitlerin, buğday üzerindeki kuraklık streslerinin olumsuz etkilerini hafifletmede önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Özetle açıklamak gerekirse sonuçlar, N uygulamasının bitki yapraklarında osmoregülatör maddelerin birikimini iyileştirdiği ve oksidatif hasarı azaltmak için antioksidan savunma mekanizmalarını arttırdığı bulunan arpa ve buğdayda gözlemlenen önceki bulgularla uyumluluk göstermektedir (Waraich, Ahmad, ve Ashraf 2011).

MDA seviyesinin belirlenmesi hemen hemen tüm stres çalışmalarında sıklıkla kullanılan bir parametredir (Ru vd. 2022). Genel olarak MDA seviyesi, maruz kalınan stresin şiddetini ve bitkinin genel sağlık durumunu gösterir. Bu nedenle çalışmada uygulama gruplarının MDA seviyesi belirlenmiştir. Bulgular MDA seviyesinin hem Kavılca hem de Eminbey çeşitlerinin gübreli gruplarında kontrol gruplarına göre daha düşük çıktığını göstermiştir. Dahası genel durum itibari ile Kavılca çeşidi Eminbey çeşidine göre daha düşük MDA içeriğine sahiptir. Bu durum Kavılca'nın kuraklığa karşı daha iyi bir stres yanıtı gösterdiğini düşündürmektedir. Gübre uygulamasının her iki çeşitte de kontrol gruplarına göre daha düşük MDA içeriği göstermesi, antioksidan sistemin teşvik edildiğini ve bitkinin mevcut sağlık durumunun korunduğuna işaret etmektedir. Ek olarak yerli Kavılca çeşidinde bütün gübreli konsantrasyonlarında (50 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm ve 600ppm) MDA düzeyinin Eminbey çeşidine kıyasla düşük bir seviyede kalması, yerli Kavılca'nın azotlu gübreye karşı daha iyi bir stres yanıtı oluşturduğunu göstermektedir. Literatürde yapılmış önceki çalışmalar, N uygulaması artışının, kuraklık stresi koşulları altında antioksidan savunma sisteminin

aktivitesini geliştirdiğini göstermiştir (Agami vd. 2018; Gou vd. 2017). Ek olarak kuraklık stresi koşulları altında, yapraklara üre uygulamasının mısırdaki SOD ve POD aktivitelerini arttırılabileceğini ve MDA içeriğini azaltılabileceğini bildirmiştir (Chen vd. 2009). Mevcut çalışmada da benzer sonuçlar gözlemlenmiştir. Kuraklık stresi altında, orta veya yüksek düzeydeki bir N kaynağı, buğday yapraklarındaki antioksidan enzimlerin aktivitelerini arttırdı; bu, ROT'un neden olduğu hasarı azaltmak için bitkilerin redoks savunma durumunun büyük ölçüde iyileştirildiğini gösterir.

Mevcut çalışmada farklı konsantrasyonlarda uygulanmış olan azotlu gübrenin buğday tohumlarını kuraklık stresi koşullarında oksidatif hasara karşı güçlendirdiği tespit edilmiştir. Araştırmanın mevcut bulgular incelendiğinde yerli Kavılca buğday çeşidinde gübre uygulamasının hidrojen peroksit (H_2O_2) içeriğini bir azalttığı gözlenmiştir. Dahası gübre uygulamasının enzimatik antioksidan savunma sistemi (GPX, CAT, APX ve SOD) etkinliğini arttırarak hücrel hasara karşı koruyucu gösterdiği de tespit edilmiştir. Bitkilerde antioksidan enzim sistemleri etkinliğinin artması, bitkinin kuraklık stresi dahil her türlü stres faktörüne karşı daha dengeli hale gelmesi bakımından son derece önemlidir. Dolayısıyla mevcut çalışmada, enzimatik antioksidan olarak yüksek potansiyele sahip katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPX), süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), ve antioksidan enzimlerinin aktiviteleri llmştir. Bulgular süperoksit dismutaz enzim aktivitesinin yerli Kavılca eşidinin bütün gübreli gruplarında kontrole göre daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Gübre uygulamasıyla süperoksit dismutaz enzim aktivitesinde meydana gelen artış, bitkinin maruz kaldığı stres koşullarına daha toleranslı bir hale geldiğini göstermektedir. Bu sonuç, önceki araştırma bulgularını kuvvetle doğrulamaktadır. rnek vermek gerekirse (Li vd. 2020) N kaynağının arttırılmasının, antioksidan enzim aktivitelerini ve hücre ozmoreglasyonunu arttırarak kuraklık stresinin neden olduğu fizyolojik hasarı hafiflettiğini belirtmiştir. Ek olarak, (Lin ve Lai 2013) ve (Shafi vd. 2015), SOD, POD, CAT ve APX izoformlarının nispi ifadelerinin, yeterli N (Azot) varlığında kuraklık meydana geldiğinde önemli ölçüde arttığına, ancak yetersiz N (Azot) durumunda ise altında ilgili gen ifadelerinde artış olmadığını belirtmişlerdir. Söz konusu gen ifadelerinin durumu, kuraklık meydana geldiğinde antioksidan enzimlerin N (Azot)'a bağlı teşvikiyle açıklanmaktadır. Mevcut çalışmanın bulguları incelendiğinde, stres koşulları altında yerli Kavılca

buğdayı ve tescilli Eminbey buğdayları ile antioksidan enzim aktiviteleri arasında negatif bir korelasyon ($P<0.05$) olmasına rağmen, mevcut buğday çeşitlerinin makul bir N'lu gübre kaynağı altında antioksidan enzimlerin artan aktivitelerinin bir dereceye kadar iyileştirildiğini göstermektedir. Çalışma bulguları ışığında kuraklık stresi altında N (Azot)'lu gübre uygulaması ile antioksidan savunma mekanizmasının teşvik edilmesinin fotosentetik süreçlerin korunmasına katkıda bulunabileceğini ifade etmek mümkündür. Önceki çalışmalarda çalışmalarında, kuraklık stresi altındaki bitkilerde daha yüksek N (Azot) seviyeleri altında uygun ROT detoksifiye edici antioksidan sistemlerin geliştirilmesinin fotosentezin gelişmesine katkıda bulunabileceğini bildirilmiştir (Shehab ve Guo 2021). Söz konusu bu raporlar mevcut çalışma ile uyumludur. Mevcut çalışmada aktivitesi ölçülen katalaz (CAT), hücrede H_2O_2 etkinliğini azaltarak reaktif oksijen türlerine karşı koruma sağlayan kilit bir enzimdir. Çalışmada katalaz aktivitesinin yerli Kavılca çeşidinin bütün gübreli konsantrasyonlarında benzer olmak üzere emin beyden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Emin bey çeşidinde ise Kavılca'ya göre düşük olmakla beraber bütün gübreli konsantrasyon değerlerinde benzer olarak kontrol grubuna kıyasla artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Katalaz (CAT) aktivitesindeki gübre uygulamasına bağlı olan etkinlik artışının hidrojen peroksit gibi serbest radikallerin hücre zarında meydana getireceği hasarın azaltarak hücre membran yapısının korunmasına katkı sağladığını ifade etmek mümkündür. Bununla beraber dışarıdan uygulanan azotlu gübre uygulamasının köklerde kontrol grubu hariç, diğer gübreli gruplarda önemli bir artış göstermediği tespit edildi. Bu durum belirli gübre konsantrasyonlarında yaprak bölgesindeki katalaz aktivitesinin, köklere göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Mevcut çalışmada enzimatik antioksidan türlerinden biri olan glutatyon peroksidaz (GPX) enzim aktivitesi de ölçülmüştür. Yerli Kavılca çeşidinin kontrol grubuna ve tescilli Eminbey çeşidine kıyasla hem yaprak hem de kök dokusundaki enzim aktivitesinin kontrol gruplarına göre ve Eminbey çeşidinin tüm gübreli gruplarına kıyasla daha yüksek bir seviyede olduğu belirlendi. Bu durum, yerli Kavılca buğday çeşidinin emin bey çeşidine göre kuraklık stresine daha dayanıklı ve toleranslı olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda bu çalışmada her iki çeşitte de kök bölgesinde glutatyon peroksidaz (GPX) enzim aktivitesi ölçülmüştür. Her iki çeşidin de kontrol grupları haricinde bütün gübreli konsantrasyon değerlerinin benzer bir artış söz konusu olmakla beraber, yerli Kavılca çeşidinin tescilli Eminbey çeşidine kıyasla

daha iyi bir durumda olduğu gözlemlendi. Mevcut çalışmada askorbat peroksidaz enzim aktiviteleri de belirlenmiştir. Bulgular incelendiğinde askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesinin en fazla olduğu gruplar gübrelili gruplardır. Askorbat peroksidaz, hidrojen peroksitin detoksifikasyonundan sorumlu önemli enzimlerden biridir (Senthilkumar, Amaresan, ve Sankaranarayanan 2021). APX enzimi CAT ve GPX gibi kuraklık stresi koşullarında hücredeki serbest radikallerin birikmelerini engelleyerek onların temizlenmesinden sorumludur. Bu enzimler hücrede serbest radikallere karşı savunma hattını oluştururlar. Çalışmada aktiviteleri belirlenen bu antioksidan enzimlerin gübrelili gruplarda fazla etkinlik göstermesi azotlu gübrenin uygulamasının çalışmada uygulanan hemen hemen tüm konsantrasyon değerlerinde, serbest radikallerin hücrede birikmesine engel olduğunu, serbest radikallerin hücrede birikmesini engelleyerek oksidatif stresten ve membran hasarından koruduğu söylemek mümkündür.

Mevcut çalışma, her iki buğday çeşidine N (Azot)'lu gübre uygulamasının, kuraklık stresinin buğday çimlenmesi üzerindeki zararlı etkilerini azalttığını göstermiştir. Ek olarak çalışma bulguları ışığında azotlu gübre uygulamasının özellikle enzimatik antioksidan sistemini olumlu yönde düzenleyerek, ROT'un olumsuz etkilerini yatıştırdığını ettiğini söylemek mümkündür. Mevcut çalışmadan elde edilen tüm veriler, kuraklık stresi koşullarında buğday tohumlarına uygulanmış olan azotlu gübrenin tohumların çimlenmesini teşvik ettiğini göstermektedir. Bu teşvik edici etki, bütün konsantrasyon değerlerinde de benzer şekilde gözlemlenmiştir. Dahası yerli ve tescilli buğday çeşitlerine belirli konsantrasyonlarda uygulanmış olan azotlu gübrenin, yerli Kavılca çeşidinde, Eminbey çeşidine kıyasla kök ve yaprak dokularında daha yüksek bir düzeyde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Büyüme, çimlenme ve stres parametrelerine bakıldığında bu etkiyi görmek mümkündür. Mevcut çalışmanın bulguları dikkate alındığında kuraklık stresi koşullarında azotlu gübre uygulamasının pozitif anlamda etki ettiğini göstermektedir. Aynı zamanda gübre uygulamasının çimlenmeyi teşvik ettiği de gözlemlenmiştir. Dolayısıyla gübre uygulanmasının, genel anlamda çimlenen buğday tohumlarının sağlık durumuna olumlu bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Önceki çalışmalar, uygun bir N (Azot) kaynağının, mahsul büyümesi üzerinde kuraklık stresinin olumsuz etkilerini hafifletebileceğini ve mahsullerin normal metabolizmasını sürdürebileceğini göstermiştir (Agami vd. 2018; Zhang vd.

2007). Literatüre bakıldığında ilgili konuda farklı bitkiler üzerinde yapılan çalışmalarda genellikle etkin bir konsantrasyon değeri seçilmekle beraber bu değer, bir çalışmadan diğerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Mevcut çalışmada ise gübre direkt olarak çimlenme ortamına uygulanmıştır. Fakat burada spesifik olarak etkin bir konsantrasyon değerinden bahsetmek oldukça güçtür. Sonuç olarak mevcut çalışmada farklı konsantrasyonlarda dışarıdan çimlenme ortamına ilave edilen azotlu gübre uygulamasının, konsantrasyon farkı olmaksızın çimlenmeyi teşvik ettiği ve bitkinin genel sağlık durumunu iyileştirdiği gözlemlenmiştir.

Azot (N), başta buğday olmak üzere mahsul verimini yönlendiren ana faktörlerden biridir (Plaza-Bonilla vd. 2017; Srivastava vd. 2018). Azot (N), bitki büyümesi için gübredeki ana makro besin elementidir ve mahsul veriminin %40-50'sine katkıda bulunur (Tahir Ata-Ul-Karim vd. 2016). Literatürdeki başka çalışmalarda N (Azot) gübresi uygulaması ve kuraklık stresinin olumsuz etkilerini iyileştirme arasındaki etkileşim oldukça karmaşıktır. İlaveten, Buğdayda kuraklık (su eksikliği) ve N (Azot)'lu gübre mevcudiyeti arasındaki etkileşim üzerine yapılan önceki çalışmalar, çeşit farklılıklarını nadiren dikkate almıştır. Bu çalışmada, çeşit farklılıkları dikkate alınarak (yerli Kavılca buğdayı ve tescilli Eminbey buğdayı) üzerinde çalışılan buğday bitkilerine belirli konsantrasyonlarda uygulanan N (Azot)'lu gübre oranı, çimlenme, bazı fizyolojik ve biyokimyasal, verimle ilgili parametreleri ve ilaveten biyokütleyi de arttırmıştır. Mevcut çalışmada test edilen tüm fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerde, N (Azot) etkinliğinin yerli Kavılca çeşidinde tescilli Eminbey çeşidine kıyasla daha fazla olduğu tespit edildi. Bu sonuçlar, yeterli N (Azot) gübrelemesinin, kuraklık stresi koşullarında yerli Kavılca çeşidinin daha başarılı sonuçlar vereceğini göstermektedir.

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Mevcut çalışmada elde edilen bilgiler, dışarıdan uygulanan azotlu sıvı gübrenin kurak şartlarda buğday tohumlarının çimlenmesini teşvik ettiğine dikkat çekmektedir. Aynı zamanda gübrenin teşvik edici etkisinin yaprak ve kök kısımlarında spesifik olarak değerlendirildiğinde, yaprak dokularında daha iyi sonuçlar gözlenmiştir. Dahası mevcut çalışma sonuçlarına bakılarak gübrenin iyileştirici etkisini belirli bir konsantrasyonla sınırlandırmak oldukça güçtür. Literatürde benzer çalışmalara pek rastlanmamakla beraber, farklı bitkiler üzerinde yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar sunulmuştur. Literatürdeki mevcut diğer bilgilere bakıldığında kuraklık stresine karşı azotlu gübrenin etkisinin olduğunu belirtmek mümkündür. Özet olarak çalışma bulgularına bakılarak uygulanan gübre konsantrasyonlarının kuraklık stresi koşullarına karşı iyileştirici ya da çimlenmeyi teşvik edici etki gösterebileceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Mevcut çalışmanın bulgularının gelecekte daha iyi bir şekilde tartışılabilmesi ve aydınlatılması amacıyla kritik öneme sahip bazı önerilerde bulunulabilir.

Mevcut çalışmada;

1. Mevcut çalışmada uygulanan gübre konsantrasyonları her iki çeşitte de benzer şekilde teşvik edici etki göstermiştir. Uygulama konsantrasyonları arasında konsantrasyon bağımlı bir teşvik unsurunun daha detaylı çalışılabilmesi için sonraki araştırmalarda daha geniş konsantrasyon değerleri belirlenebilir. Böylece gübre uygulamasının kurak koşullar altında konsantrasyon bağımlı etki gösterip göstermediği daha detaylı bir şekilde belirlenmiş olacaktır.
2. Azotlu gübrenin iyileştirici etkisinin daha teferruatlı bir şekilde araştırılması amacıyla çimlenmiş olan tohumlarda etkinlikleri ölçülmüş olan antioksidan enzimlerin gen ifadesi düzeyleri araştırılması önerilebilir. Mevcut enzimlerin spesifik miktarlarını tayin etmek amacıyla western blot analizleri yapılabilir. Nitekim elde edilen sonuçlarda gübrenin etkisinin hangi seviyede olduğu daha detaylı bir şekilde anlaşılabilir.

3. Dışarıdan uygulanmış olan azotlu gübrenin iyileştirici etkisinin nasıl ve ne şekilde gerçekleştiğini yorumlayabilmek amacıyla deney gruplarından hazırlanmış örneklerden microarray ya da transkriptom analizleri yapılabilir. Mevcut analizler yardımıyla bilhassa konsantrasyona bağlı gübre uygulaması, hangi genlerin ne düzeyde ifade edildiği anlaşılabilir.
4. Mevcut çalışmada kullanılan buğday tohumlarının fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri araştırılmıştır. Araştırmada elde edilen bulgulara dayanarak gübre uygulamasının stres altındaki tohumların üzerindeki baskıyı azalttığını göstermektedir. Aynı zamanda fotosentez mekanizmasının da stres koşulları altında korunduğunu göstermektedir. Bütün gruplarda fotosentez hızı ve klorofil flüoresansı analizleri yapılarak gübrenin etkisi daha net bir şekilde tespit edilebilir, dolayısıyla azotlu gübrenin çimlenme üzerindeki etkisi daha detaylı bir biçimde anlaşılabilir.
5. Mevcut çalışmada elde edilen bulgular ışığında kuraklık stresi altında baskılanmış buğday tohumlarına belirli konsantrasyon aralığında uygulanmış azotlu gübrenin, stresin olumsuz etkilerini azaltarak tohumların daha iyi çimlenmesini sağlamıştır. Fakat azotlu gübrenin bitkide çimlenmeyi doğrudan mı yoksa dolaylı olarak mı teşvik ettiği durumu net bir şekilde tespit edilememiştir. Aynı şekilde literatürdeki mevcut bilgilerde de bu durum net değildir. Dolayısıyla azotlu sıvı gübrenin çimlenmeyi doğrudan mı yoksa dolaylı olarak mı teşvik ettiği hususunda daha açık ve anlaşılır bilgilere ulaşılması elzemdir. Bu sebeple çimlenme esnasında etkinlik gösteren çeşitli hidrolitik enzimlerin aktiviteleri araştırılabilir.
6. Mevcut çalışma yerli Kavlca ve tescilli emin bey buğday tohumlarıyla gerçekleştirilmiş ve 10 günlük çimlendirme süresi sonunda birtakım analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen veriler ışığında çimlenme aşamasında etkin olan kuraklık stresi faktörünün, buğday tohumları üzerindeki etkisini göstermiş olmakla beraber kurak koşullara maruz bırakılan 15 ila 30 günlük veya daha ileri gelişim çağındaki buğday fidelerine dışarıdan azotlu sıvı gübre uygulanarak, gübrenin etki mekanizmasının aydınlatılması, literatüre ilgili konuda katkılar sunabilir.

KAYNAKLAR

- Acharya, Biswa R., ve Sarah M. Assmann. 2009. "Hormone Interactions in Stomatal Function". *Plant Molecular Biology* 69(4):451-62. doi: 10.1007/s11103-008-9427-0.
- Aebi, H. 1983. "Methods of enzymatic analysis". *Catalase* 673-86.
- Agami, Ramadan A., Saad A. M. Alamri, T. A. Abd El-Mageed, M. S. M. Abousekken, ve Mohamed Hashem. 2018. "Role of Exogenous Nitrogen Supply in Alleviating the Deficit Irrigation Stress in Wheat Plants". *Agricultural Water Management* 210:261-70. doi: 10.1016/j.agwat.2018.08.034.
- Ahmad, Parvaiz, Cheruth Abdul Jaleel, Mohamed A. Salem, Gowher Nabi, ve Satyawati Sharma. 2010. "Roles Of Enzymatic And Nonenzymatic Antioxidants In Plants During Abiotic Stress". *Critical Reviews in Biotechnology* 30(3):161-75.
- Ali, M. H., M. R. Hoque, A. A. Hassan, ve A. Khair. 2007. "Effects of Deficit Irrigation on Yield, Water Productivity, and Economic Returns of Wheat". *Agricultural Water Management* 92(3):151-61. doi: 10.1016/j.agwat.2007.05.010.
- Alikhani-Koupaei, Majid, Reza Fatahi, Zabihollah Zamani, ve Saeedeh Salimi. 2018. "Effects of Deficit Irrigation on Some Physiological Traits, Production and Fruit Quality of 'Mazafati' Date Palm and the Fruit Wilting and Dropping Disorder". *Agricultural Water Management* 209:219-27. doi: 10.1016/j.agwat.2018.07.024.
- Altaf, Adil, Amir Shah, Sadia Gull, Shahid Hussain, Muhammad Faheem, Ahmad Zada, Aamir Saeed, Ad Miah, Min Zhu, ve Xinkai Zhu. 2022. "Progress in Modern Crop Science Research In Wheat Biology". *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences* 10:43-49. doi: 10.22194/JGIAS/10.953.
- Anjum, Shakeel Ahmad, Xiao-yu Xie, Long-chang Wang, Muhammad Farrukh Saleem, Chen Man, ve Wang Lei. 2011. "Morphological, Physiological And Biochemical Responses Of Plants To Drought Stress". *African Journal of Agricultural Research* 6(9):2026-32. doi: 10.5897/AJAR10.027.
- Anonim. 2015. "Reviving Siyez Wheat Bulgur in Turkey". *Slow Food*. Geliş tarihi (<https://www.slowfood.com/>).
- Anwaar, Hafiz Arslan, Rashida Perveen, Muhammad Zeeshan Mansha, Muhammad Abid, Zahid Mahmood Sarwar, Hafiz Muhammad Aatif, Ummad ud din Umar, Muhammad Sajid, Hafiz Muhammad Usman Aslam, Muhammad Mohsin Alam, Muhammad Rizwan, Rao Muhammad Ikram, Suliman Mohammed Suliman Alghanem, Abdul Rashid, ve Khalid Ali Khan. 2020.

- “Assessment Of Grain Yield Indices In Response To Drought Stress In Wheat (*Triticum Aestivum* L.)”. *Saudi Journal of Biological Sciences* (27):1818-23. doi: 10.1016/j.sjbs.2019.12.009.
- Arnon, Daniel I. 1949. “COPPER ENZYMES IN ISOLATED CHLOROPLASTS. POLYPHENOLOXIDASE IN BETA VULGARIS”. *Plant Physiology* 24(1):1-15.
- Baxter, Aaron, Ron Mittler, ve Nobuhiro Suzuki. 2014. “ROS as key players in plant stress signalling”. *Journal of Experimental Botany* 65(5):1229-40. doi: 10.1093/jxb/ert375.
- Beauchamp, Charles, ve Irwin Fridovich. 1971. “Superoxide Dismutase: Improved Assays and an Assay Applicable to Acrylamide Gels”. *Analytical Biochemistry* 44(1):276-87. doi: 10.1016/0003-2697(71)90370-8.
- Beckman, J. S., ve W. H. Koppenol. 1996. “Nitric oxide, superoxide, and peroxynitrite: the good, the bad, and ugly”. *American Journal of Physiology-Cell Physiology* 271(5):C1424-37. doi: 10.1152/ajpcell.1996.271.5.C1424.
- Bernardo, Letizia, Paolo Carletti, Franz W. Badeck, Fulvia Rizza, Caterina Morcia, Roberta Ghizzoni, Youssef Rouphael, Giuseppe Colla, Valeria Terzi, ve Luigi Lucini. 2019. “Metabolomic Responses Triggered by Arbuscular Mycorrhiza Enhance Tolerance to Water Stress in Wheat Cultivars”. *Plant Physiology and Biochemistry* 137:203-12. doi: 10.1016/j.plaphy.2019.02.007.
- Blandino, Massimo, Patrizia Vaccino, ve Amedeo Reyneri. 2015. “Late-Season Nitrogen Increases Improver Common and Durum Wheat Quality”. *Agronomy Journal* 107(2):680-90. doi: 10.2134/agronj14.0405.
- Bradford, M. M. 1976. “A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding”. *Analytical Biochemistry* 72:248-54. doi: 10.1006/abio.1976.9999.
- Carillo, Petronia, Yves Gibon, ve PrometheusWiki Contributors. 2011. “PROTOCOL: Extraction and determination of proline”. *PrometheusWiki*.
- Carocho, Márcio, ve Isabel C. F. R. Ferreira. 2013. “A Review on Antioxidants, Prooxidants and Related Controversy: Natural and Synthetic Compounds, Screening and Analysis Methodologies and Future Perspectives”. *Food and Chemical Toxicology* 51:15-25. doi: 10.1016/j.fct.2012.09.021.
- Chaves, M. M., J. Flexas, ve C. Pinheiro. 2009. “Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell”. *Annals of Botany* 103(4):551-60. doi: 10.1093/aob/mcn125.
- Chen, Lei, Si-Chen Liu, Jun-Yi Gai, Yue-Lin Zhu, Li-Fei Yang, ve Guo-Ping Wei. 2009. “Effects of Nitrogen Forms on the Growth, Ascorbate-Glutathione Cycle and Lipid Peroxidation in Developing Seeds of Vegetable Soybean”. *Afr. J. Agric. Res.* 4:1178-88.

- Decros, Guillaume, Pierre Baldet, Bertrand Beauvoit, Rebecca Stevens, Amélie Flandin, Sophie Colombié, Yves Gibon, ve Pierre Pétriacq. 2019. "Get the Balance Right: ROS Homeostasis and Redox Signalling in Fruit". *Frontiers in Plant Science* 10.
- Devireddy, Amith R., Sara I. Zandalinas, Yosef Fichman, ve Ron Mittler. 2021. "Integration Of Reactive Oxygen Species And Hormone Signaling During Abiotic Stress". *The Plant Journal* 105(2):459-76. doi: 10.1111/tpj.15010.
- Dodd, Ian C., Gregorio Egea, ve William J. Davies. 2008. "Absciscic Acid Signalling When Soil Moisture Is Heterogeneous: Decreased Photoperiod Sap Flow from Drying Roots Limits Absciscic Acid Export to the Shoots". *Plant, Cell & Environment* 31(9):1263-74. doi: 10.1111/j.1365-3040.2008.01831.x.
- Efeoğlu, B., Y. Ekmekçi, ve N. Çiçek. 2009. "Physiological Responses of Three Maize Cultivars to Drought Stress and Recovery". *South African Journal of Botany* 75(1):34-42. doi: 10.1016/j.sajb.2008.06.005.
- Fang, Yujie, ve Lizhong Xiong. 2015. "General Mechanisms of Drought Response and Their Application in Drought Resistance Improvement in Plants". *Cellular and Molecular Life Sciences* 72(4):673-89. doi: 10.1007/s00018-014-1767-0.
- Fao, FAO. 2022. "FAO Tahıl Arz ve Talep Özeti | Dünya Gıda Durumu | Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü". Geliş tarihi 14 Kasım 2022 (<https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/e>).
- Faris, Justin D. 2014. "Wheat Domestication: Key to Agricultural Revolutions Past and Future". Ss. 439-64 içinde *Genomics of Plant Genetic Resources*, editör R. Tuberosa, A. Graner, ve E. Frison. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Farooq, M., T. Aziz, S. M. A. Basra, M. A. Cheema, ve H. Rehman. 2008. "Chilling Tolerance in Hybrid Maize Induced by Seed Priming with Salicylic Acid". *Journal of Agronomy and Crop Science* 194(2):161-68. doi: 10.1111/j.1439-037X.2008.00300.x.
- Farooq, M., S. M. A. Basra, A. Wahid, Z. A. Cheema, M. A. Cheema, ve A. Khaliq. 2008. "Physiological Role of Exogenously Applied Glycinebetaine to Improve Drought Tolerance in Fine Grain Aromatic Rice (*Oryza Sativa* L.)". *Journal of Agronomy and Crop Science* 194(5):325-33. doi: 10.1111/j.1439-037X.2008.00323.x.
- Fathi, A., ve D. B. Tari. 2016. "Effect of Drought Stress and Its Mechanism in Plants." *International Journal of Life Sciences* 10(1):1-6.
- Fazeli, F., M. Ghorbanli, ve V. Niknam. 2007. "Effect of Drought on Biomass, Protein Content, Lipid Peroxidation and Antioxidant Enzymes in Two Sesame Cultivars". *Biologia Plantarum* 51(1):98-103. doi: 10.1007/s10535-007-0020-1.

- Finkel, Toren. 2011. "Signal transduction by reactive oxygen species". *Journal of Cell Biology* 194(1):7-15. doi: 10.1083/jcb.201102095.
- Finkel, Toren, ve Nikki J. Holbrook. 2000. "Oxidants, Oxidative Stress and the Biology of Ageing". *Nature* 408(6809):239-47. doi: 10.1038/35041687.
- Flora, Swaran J. S. 2009. "Structural, Chemical and Biological Aspects of Antioxidants for Strategies Against Metal and Metalloid Exposure". *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2:191-206. doi: 10.4161/oxim.2.4.9112.
- Fotopoulos, Vasileios, Vasileios Ziogas, Georgia Tanou, ve Athanassios Molassiotis. 2010. "Involvement of AsA/DHA and GSH/GSSG Ratios in Gene and Protein Expression and in the Activation of Defence Mechanisms Under Abiotic Stress Conditions". Ss. 265-302 içinde *Ascorbate-Glutathione Pathway and Stress Tolerance in Plants*, editör N. A. Anjum, M.-T. Chan, ve S. Umar. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Foyer, Christine H., ve Jeremy. 1994. "Oksijen Metabolizması ve Fotosentetik Elektron Taşımasının Düzenlenmesi". S. 42 içinde *Bitkilerde Fotooksidatif Stresin Nedenleri ve Savunma Sistemlerinin İyileştirilmesi*.
- Gou, Wei, Pufan Zheng, Li Tian, Mei Gao, Lixin Zhang, Nudrat Aisha Akram, ve Muhammad Ashraf. 2017. "Exogenous Application of Urea and a Urease Inhibitor Improves Drought Stress Tolerance in Maize (*Zea Mays* L.)". *Journal of Plant Research* 130(3):599-609. doi: 10.1007/s10265-017-0933-5.
- Guerfel, Mokhtar, Olfa Baccouri, Dalenda Boujnah, Wided Chaïbi, ve Mokhtar Zarrouk. 2009. "Impacts of Water Stress on Gas Exchange, Water Relations, Chlorophyll Content and Leaf Structure in the Two Main Tunisian Olive (*Olea Europaea* L.) Cultivars". *Scientia Horticulturae* 119(3):257-63. doi: 10.1016/j.scienta.2008.08.006.
- Hafez, Emad M., Alaa El Dein Omara, Fahad A. Alhumaydhi, ve Mohamed A. El-Esawi. 2021. "Minimizing Hazard Impacts of Soil Salinity and Water Stress on Wheat Plants by Soil Application of Vermicompost and Biochar". *Physiologia Plantarum* 172(2):587-602. doi: 10.1111/ppl.13261.
- Hammad, Salwa A. R., ve Osama A. M. Ali. 2014. "Physiological and Biochemical Studies on Drought Tolerance of Wheat Plants by Application of Amino Acids and Yeast Extract". *Annals of Agricultural Sciences* 59(1):133-45. doi: 10.1016/j.aos.2014.06.018.
- Hasanuzzaman, Mirza, M. H. M. Borhannuddin Bhuyan, Taufika Islam Anee, Khursheda Parvin, Kamrun Nahar, Jubayer Al Mahmud, ve Masayuki Fujita. 2019. "Regulation of Ascorbate-Glutathione Pathway in Mitigating Oxidative Damage in Plants under Abiotic Stress". *Antioxidants* 8(9):384. doi: 10.3390/antiox8090384.
- Heath, Robert L., ve Lester Packer. 1968. "Photoperoxidation in Isolated Chloroplasts: I. Kinetics and Stoichiometry of Fatty Acid Peroxidation".

Archives of Biochemistry and Biophysics 125(1):189-98. doi: 10.1016/0003-9861(68)90654-1.

Hendek Ertop, Müge, ve Rabia Atasoy. 2019. "Comparison of Physicochemical Attributes of Einkorn Wheat (*Triticum Monococcum*) and Durum Wheat (*Triticum Durum*) and Evaluation of Morphological Properties Using Scanning Electron Microscopy and Image Analysis". *Journal of Agricultural Sciences* 25(1):93-99. doi: 10.15832/ankutbd.539009.

Hoekstra, Folkert A., Elena A. Golovina, ve Julia Buitink. 2001. "Mechanisms of Plant Desiccation Tolerance". *Trends in Plant Science* 6(9):431-38. doi: 10.1016/S1360-1385(01)02052-0.

Hu, Honghong, ve Lizhong Xiong. 2014. "Genetic Engineering and Breeding of Drought-Resistant Crops". *Annual Review of Plant Biology* 65(1):715-41. doi: 10.1146/annurev-arplant-050213-040000.

Hussain, Mubshar, Shahid Farooq, Waseem Hasan, Sami Ul-Allah, Mohsin Tanveer, Muhammad Farooq, ve Ahmad Nawaz. 2018. "Drought Stress in Sunflower: Physiological Effects and Its Management through Breeding and Agronomic Alternatives". *Agricultural Water Management* 201:152-66. doi: 10.1016/j.agwat.2018.01.028.

International Seed Testing Association. 2022. "International Rules for Seed Testing". Geliş tarihi 19 Kasım 2022 (<https://www.seedtest.org/en/publications/international-rules-seed-testing-1168.html>).

Islam, Mohammad Asadul, Hao Du, Jing Ning, Haiyan Ye, ve Lizhong Xiong. 2009. "Characterization of Glossy1-Homologous Genes in Rice Involved in Leaf Wax Accumulation and Drought Resistance". *Plant Molecular Biology* 70(4):443-56. doi: 10.1007/s11103-009-9483-0.

Jaleel, C. Abdul, P. Manivannan, A. Kishorekumar, B. Sankar, R. Gopi, R. Somasundaram, ve R. Panneerselvam. 2007. "Alterations in Osmoregulation, Antioxidant Enzymes and Indole Alkaloid Levels in *Catharanthus Roseus* Exposed to Water Deficit". *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 59(2):150-57. doi: 10.1016/j.colsurfb.2007.05.001.

Jaleel, Cheruth Abdul, Ksouri Riadh, Ragupathi Gopi, Paramasivam Manivannan, Jallali Ines, Hameed Jasim Al-Juburi, Zhao Chang-Xing, Shao Hong-Bo, ve Rajaram Panneerselvam. 2009. "Antioxidant Defense Responses: Physiological Plasticity In Higher Plants Under Abiotic Constraints". *Acta Physiol Plant* 31(3):427-36. doi: 0.1007/s11738-009-0275-6.

Katuwal, Krishna B., Brian Schwartz, ve David Jespersen. 2020. "Desiccation Avoidance and Drought Tolerance Strategies in Bermudagrasses". *Environmental and Experimental Botany* 171:103947. doi: 10.1016/j.envexpbot.2019.103947.

- Kishor, PB Kavi, S. Sangam, RN Amrutha, P. Sri Laxmi, KR Naidu, KRSS Rao, Sreenath Rao, KJ Reddy, P. Theriappan, ve N. Sreenivasulu. 2005. "Yüksek Bitkilerde Prolin Biyosentezi, Bozunması, Alımı Ve Taşınmasının Düzenlenmesi: Bitki Büyümesi Ve Abiyotik Stres Toleransı Üzerindeki Etkileri". 88(3):15.
- Kocheva, Konstantina, Tania Kartseva, Veselina Nenova, Georgi Georgiev, Marián Brestič, ve Svetlana Misheva. 2020. "Nitrogen Assimilation and Photosynthetic Capacity of Wheat Genotypes under Optimal and Deficient Nitrogen Supply". *Physiology and Molecular Biology of Plants* 26(11):2139-49. doi: 10.1007/s12298-020-00901-3.
- Li, Jianhui, Zhenming Cang, Feng Jiao, Xuejing Bai, Ding Zhang, ve Ruichang Zhai. 2017. "Influence of Drought Stress on Photosynthetic Characteristics and Protective Enzymes of Potato at Seedling Stage". *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 16(1):82-88. doi: 10.1016/j.jssas.2015.03.001.
- Li, Pu-Fang, Bao-Luo Ma, Jairo A. Palta, Tong-Tong Ding, Zheng-Guo Cheng, ve You-Cai Xiong. 2022. "Distinct Contributions of Drought Avoidance and Drought Tolerance to Yield Improvement in Dryland Wheat Cropping". *Journal of Agronomy and Crop Science* 208(3):265-82. doi: 10.1111/jac.12574.
- Li, Sheng-Xiu, Zhao-Hui Wang, S. S. Malhi, Shi-Qing Li, Ya-Jun Gao, ve Xiao-Hong Tian. 2009. "Chapter 7 Nutrient and Water Management Effects on Crop Production, and Nutrient and Water Use Efficiency in Dryland Areas of China". Ss. 223-65 içinde *Advances in Agronomy*. C. 102. Academic Press.
- Li, Shubin, Lili Zhou, Shalom Daniel Addo-Danso, Guochang Ding, Min Sun, Sipan Wu, ve Sizu Lin. 2020. "Nitrogen Supply Enhances the Physiological Resistance of Chinese Fir Plantlets under Polyethylene Glycol (PEG)-Induced Drought Stress". *Scientific Reports* 10(1):7509. doi: 10.1038/s41598-020-64161-7.
- Lin, Yu-Ling, ve Zhong-Xiong Lai. 2013. "Superoxide Dismutase Multigene Family in Longan Somatic Embryos: A Comparison of CuZn-SOD, Fe-SOD, and Mn-SOD Gene Structure, Splicing, Phylogeny, and Expression". *Molecular Breeding* 32(3):595-615. doi: 10.1007/s11032-013-9892-2.
- Liu, Xue-jing, Bao-zhong Yin, Zhao-hui Hu, Xiao-yuan Bao, Yan-dong Wang, ve Wen-chao Zhen. 2021. "Physiological Response of Flag Leaf and Yield Formation of Winter Wheat under Different Spring Restrictive Irrigation Regimes in the Haihe Plain, China". *Journal of Integrative Agriculture* 20(9):2343-59. doi: 10.1016/S2095-3119(20)63352-4.
- Luo, L. J. 2010. "Breeding for water-saving and drought-resistance rice (WDR) in China". *Journal of Experimental Botany* 61(13):3509-17. doi: 10.1093/jxb/erq185.

- Mahajan, Shilpi, ve Narendra Tuteja. 2005. "Cold, Salinity and Drought Stresses: An Overview". *Archives of Biochemistry and Biophysics* 444(2):139-58. doi: 10.1016/j.abb.2005.10.018.
- Malhi, Gurdeep Singh, Manpreet Kaur, ve Prashant Kaushik. 2021. "Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies: A Review". *Sustainability* 13(3):1318. doi: 10.3390/su13031318.
- Manivannan, P., C. Abdul Jaleel, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Somasundaram, G. M. A. Lakshmanan, ve R. Panneerselvam. 2007. "Growth, Biochemical Modifications and Proline Metabolism in *Helianthus Annuus* L. as Induced by Drought Stress". *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 59(2):141-49. doi: 10.1016/j.colsurfb.2007.05.002.
- Manschadi, Ahmad M., Graeme L. Hammer, John T. Christopher, ve Peter deVoi. 2008. "Genotypic Variation in Seedling Root Architectural Traits and Implications for Drought Adaptation in Wheat (*Triticum Aestivum* L.)". *Plant and Soil* 303(1):115-29. doi: 10.1007/s11104-007-9492-1.
- Marcińska, Izabela, Ilona Czyczyło-Mysza, Edyta Skrzypek, Maria Filek, Stanisław Grzesiak, Maciej T. Grzesiak, Franciszek Janowiak, Tomasz Hura, Michał Dziurka, Kinga Dziurka, Agata Nowakowska, ve Steve A. Quarrie. 2013. "Impact of Osmotic Stress on Physiological and Biochemical Characteristics in Drought-Susceptible and Drought-Resistant Wheat Genotypes". *Acta Physiologiae Plantarum* 35(2):451-61. doi: 10.1007/s11738-012-1088-6.
- Mitra, Jiban. 2001. "Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants". *Current Science* 80(6):758-63.
- Mittler, Ron. 2002. "Oxidative Stress, Antioxidants and Stress Tolerance". *Trends in Plant Science* 7(9):405-10. doi: 10.1016/S1360-1385(02)02312-9.
- Mittler, Ron. 2017. "ROS Are Good". *Trends in Plant Science* 22(1):11-19. doi: 10.1016/j.tplants.2016.08.002.
- Munns, R. 2002. "Comparative Physiology of Salt and Water Stress". *Plant, Cell & Environment* 25(2):239-50. doi: 10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x.
- Nakano, Yoshiyuki, ve Kozi Asada. 1981. "Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts". *Plant and Cell Physiology* 22(5):867-80. doi: 10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232.
- Narayanan, Sruthi, Amita Mohan, Kulvinder S. Gill, ve P. V. Vara Prasad. 2014. "Variability of Root Traits in Spring Wheat Germplasm". *PLOS ONE* 9(6):e100317. doi: 10.1371/journal.pone.0100317.
- Nayyar, Harsh, ve Deepti Gupta. 2006. "Differential Sensitivity of C3 and C4 Plants to Water Deficit Stress: Association with Oxidative Stress and Antioxidants". *Environmental and Experimental Botany* 58(1):106-13. doi: 10.1016/j.envexpbot.2005.06.021.

- Nezhadahmadi, Arash, Zakaria Hossain Prodhan, ve Golam Faruq. 2013. "Drought Tolerance in Wheat". *The Scientific World Journal* 2013:1-12. doi: 10.1155/2013/610721.
- Ogburn, R. Matthew, ve Erika J. Edwards. 2010. "Chapter 4 - The Ecological Water-Use Strategies of Succulent Plants". Ss. 179-225 içinde *Advances in Botanical Research*. C. 55, editör J.-C. Kader ve M. Delseny. Academic Press.
- Ohashi, Y., N. Nakayama, H. Saneoka, ve K. Fujita. 2006. "Effects of Drought Stress on Photosynthetic Gas Exchange, Chlorophyll Fluorescence and Stem Diameter of Soybean Plants". *Biologia Plantarum* 50(1):138-41. doi: 10.1007/s10535-005-0089-3.
- OlaOlorun, Boluwatife M., Hussein A. Shimelis, ve Isack Mathew. 2021. "Variability and Selection among Mutant Families of Wheat for Biomass Allocation, Yield and Yield-Related Traits under Drought-Stressed and Non-Stressed Conditions". *Journal of Agronomy and Crop Science* 207(3):404-21. doi: 10.1111/jac.12459.
- Otte, Marinus L. 2001. "What Is Stress to a Wetland Plant?" *Environmental and Experimental Botany* 46(3):195-202. doi: 10.1016/S0098-8472(01)00105-8.
- Özberk, İrfan, Sema Atay, Fahri Altay, Evren Cabi, Hakan Özkan, ve Ayhan Atlı. 2016. *Türkiye'nin Buğday Atlası*. WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı), İstanbul, Türkiye.
- Özenç, Damla Bender. 2008. "Growth and Transpiration of Tomato Seedlings Grown in Hazelnut Husk Compost Under Water-Deficit Stress". *Compost Science & Utilization* 16(2):125-31. doi: 10.1080/1065657X.2008.10702367.
- Paciolla, C., A. Paradiso, ve M. C. de Pinto. 2016. "Cellular Redox Homeostasis as Central Modulator in Plant Stress Response". Ss. 1-23 içinde *Redox State as a Central Regulator of Plant-Cell Stress Responses*, editör D. K. Gupta, J. M. Palma, ve F. J. Corpas. Cham: Springer International Publishing.
- Panieri, Emiliano, ve Massimo M. Santoro. 2015. "ROS Signaling and Redox Biology in Endothelial Cells". *Cellular and Molecular Life Sciences* 72(17):3281-3303. doi: 10.1007/s00018-015-1928-9.
- Passioura, J. B. 1996. "Drought and Drought Tolerance". *Plant Growth Regulation* 20(2):79-83. doi: 10.1007/BF00024003.
- Peleg, Zvi, Tzion Fahima, Abraham B. Korol, Shahal Abbo, ve Yehoshua Saranga. 2011. "Genetic analysis of wheat domestication and evolution under domestication". *Journal of Experimental Botany* 62(14):5051-61. doi: 10.1093/jxb/err206.
- Petrov, P., A. Petrova, I. Dimitrov, T. Tashev, K. Olsovska, M. Brestic, ve S. Misheva. 2018. "Relationships between Leaf Morpho-Anatomy, Water Status and Cell Membrane Stability in Leaves of Wheat Seedlings Subjected to

Severe Soil Drought”. *Journal of Agronomy and Crop Science* 204(3):219-27. doi: 10.1111/jac.12255.

Plaza-Bonilla, Daniel, Jean-Marie Nolot, Didier Raffaillac, ve Eric Justes. 2017. “Innovative Cropping Systems to Reduce N Inputs and Maintain Wheat Yields by Inserting Grain Legumes and Cover Crops in Southwestern France”. *European Journal of Agronomy* 82:331-41. doi: 10.1016/j.eja.2016.05.010.

Poole, Nigel, Jason Donovan, ve Olaf Erenstein. 2021. “Viewpoint: Agri-Nutrition Research: Revisiting the Contribution of Maize and Wheat to Human Nutrition and Health”. *Food Policy* 100:101976. doi: 10.1016/j.foodpol.2020.101976.

Quarrie, Steve A., Jovanka Stojanović, ve Sofija Pekić. 1999. “Improving Drought Resistance in Small-Grained Cereals: A Case Study, Progress and Prospects”. *Plant Growth Regulation* 29(1):1-21. doi: 10.1023/A:1006210722659.

Raza, Ali, Sundas Saher Mehmood, Javaria Tabassum, ve Raufa Batool. 2019. “Targeting Plant Hormones to Develop Abiotic Stress Resistance in Wheat”. Ss. 557-77 içinde *Wheat Production in Changing Environments: Responses, Adaptation and Tolerance*, editör M. Hasanuzzaman, K. Nahar, ve Md. A. Hossain. Singapore: Springer.

Reczek, Colleen R., ve Navdeep S. Chandel. 2015. “ROS-Dependent Signal Transduction”. *Current Opinion in Cell Biology* 33:8-13. doi: 10.1016/j.ceb.2014.09.010.

Ru, Chen, Kaifei Wang, Xiaotao Hu, Dianyu Chen, Wene Wang, ve Haosheng Yang. 2022. “Nitrogen Modulates the Effects of Heat, Drought, and Combined Stresses on Photosynthesis, Antioxidant Capacity, Cell Osmoregulation, and Grain Yield in Winter Wheat”. *Journal of Plant Growth Regulation*. doi: 10.1007/s00344-022-10650-0.

Sachdev, Swati, Shamim Akhtar Ansari, Mohammad Israil Ansari, Masayuki Fujita, ve Mirza Hasanuzzaman. 2021. “Abiotic Stress and Reactive Oxygen Species: Generation, Signaling, and Defense Mechanisms”. *MDPI* 10(2):1-37. doi: 10.3390/antiox10020277.

Saneoka, Hirofumi, Reda E. A. Moghaieb, Gnanasiri S. Premachandra, ve Kounosuke Fujita. 2004a. “Nitrogen Nutrition and Water Stress Effects on Cell Membrane Stability and Leaf Water Relations in *Agrostis Palustris* Huds.” *Environmental and Experimental Botany* 52(2):131-38. doi: 10.1016/j.envexpbot.2004.01.011.

Saneoka, Hirofumi, Reda E. A. Moghaieb, Gnanasiri S. Premachandra, ve Kounosuke Fujita. 2004b. “Nitrogen Nutrition and Water Stress Effects on Cell Membrane Stability and Leaf Water Relations in *Agrostis Palustris* Huds.” *Environmental and Experimental Botany* 52(2):131-38. doi: 10.1016/j.envexpbot.2004.01.011.

- Sarwat, Maryam, ve Narendra Tuteja. 2017. "Hormonal Signaling to Control Stomatal Movement during Drought Stress". *Plant Gene* 11:143-53. doi: 10.1016/j.plgene.2017.07.007.
- Sauter, Angela, W. J. Davies, ve Wolfram Hartung. 2001. "The long- distance abscisic acid signal in the droughted plant: the fate of the hormone on its way from root to shoot". *Journal of Experimental Botany* 52(363):1991-97. doi: 10.1093/jexbot/52.363.1991.
- Sawidis, Thomas, Sofia Kalyva, ve Stylianos Delivopoulos. 2005. "The Root-Tuber Anatomy of *Asphodelus Aestivus*". *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 200(4):332-38. doi: 10.1016/j.flora.2004.10.002.
- Schieber, Michael, ve Navdeep S. Chandel. 2014. "ROS Function in Redox Signaling and Oxidative Stress". *Current Biology* 24(10):R453-62. doi: 10.1016/j.cub.2014.03.034.
- Schulz, Philipp, Katrin Piepenburg, Ruth Lintermann, Marco Herde, Mark A. Schöttler, Lena K. Schmidt, Stephanie Ruf, Jörg Kudla, Tina Romeis, ve Ralph Bock. 2021. "Improving Plant Drought Tolerance and Growth under Water Limitation through Combinatorial Engineering of Signalling Networks". *Plant Biotechnology Journal* 19(1):74-86. doi: 10.1111/pbi.13441.
- Seleiman, Mahmoud F., Nasser Al-Suhaibani, Nawab Ali, Mohammad Akmal, Majed Alotaibi, Yahya Refay, Turgay Dindaroglu, Hafiz Haleem Abdul-Wajid, ve Martin Leonardo Battaglia. 2021. "Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects". *Plants* 10(2):259. doi: 10.3390/plants10020259.
- Selote, Devarshi S., S. Bharti, ve Renu Khanna-Chopra. 2004. "Drought Acclimation Reduces O₂- Accumulation and Lipid Peroxidation in Wheat Seedlings". *Biochemical and Biophysical Research Communications* 314(3):724-29. doi: 10.1016/j.bbrc.2003.12.157.
- Selote, Devarshi S., ve Renu Khanna-Chopra. 2010. "Antioxidant Response of Wheat Roots to Drought Acclimation". *Protoplasma* 245(1):153-63. doi: 10.1007/s00709-010-0169-x.
- Senthilkumar, M., N. Amaresan, ve A. Sankaranarayanan. 2021. "Estimation of Ascorbate Peroxidase (APX)". Ss. 119-21 içinde *Plant-Microbe Interactions: Laboratory Techniques, Springer Protokolleri El Kitapları*, editör M. Senthilkumar, N. Amaresan, ve A. Sankaranarayanan. New York, NY: Springer US.
- Shafi, Amrina, Rohit Chauhan, Tejpal Gill, Mohit K. Swarnkar, Yelam Sreenivasulu, Sanjay Kumar, Neeraj Kumar, Ravi Shankar, Paramvir Singh Ahuja, ve Anil Kumar Singh. 2015. "Expression of SOD and APX Genes Positively Regulates Secondary Cell Wall Biosynthesis and Promotes Plant Growth and

- Yield in Arabidopsis under Salt Stress". *Plant Molecular Biology* 87(6):615-31. doi: 10.1007/s11103-015-0301-6.
- Shah, Kavita, Ritambhara G. Kumar, Shalini Verma, ve R. S. Dubey. 2001. "Effect of Cadmium on Lipid Peroxidation, Superoxide Anion Generation and Activities of Antioxidant Enzymes in Growing Rice Seedlings". *Plant Science* 161(6):1135-44. doi: 10.1016/S0168-9452(01)00517-9.
- Sharma, Anket, Babar Shahzad, Abdul Rehman, Renu Bhardwaj, Marco Landi, ve Bingsong Zheng. 2019. "Response of Phenylpropanoid Pathway and the Role of Polyphenols in Plants under Abiotic Stress". 1-22. doi: 10.3390/molecules24132452.
- Shehab, Abd El Salam Abd El, ve Yanjun Guo. 2021. "Effects of Nitrogen Fertilization and Drought on Hydrocyanic Acid Accumulation and Morpho-Physiological Parameters of Sorghums". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 101(8):3355-65. doi: 10.1002/jsfa.10965.
- Simkin, Andrew J., Helene Moreau, Marcel Kuntz, Gaëlle Pagny, Chenwei Lin, Steve Tanksley, ve James McCarthy. 2008. "An Investigation of Carotenoid Biosynthesis in Coffea Canephora and Coffea Arabica". *Journal of Plant Physiology* 165(10):1087-1106. doi: 10.1016/j.jplph.2007.06.016.
- Skirycz, Aleksandra, Korneel Vandenbroucke, Pieter Clauw, Katrien Maleux, Bjorn De Meyer, Stijn Dhondt, Anna Pucci, Nathalie Gonzalez, Frank Hoeberichts, Vanesa B. Tognetti, Massimo Galbiati, Chiara Tonelli, Frank Van Breusegem, Marnik Vuylsteke, ve Dirk Inzé. 2011. "Survival and Growth of Arabidopsis Plants given Limited Water Are Not Equal". *Nature Biotechnology* 29(3):212-14. doi: 10.1038/nbt.1800.
- Slabbert, M. M., ve G. H. J. Krüger. 2014. "Antioxidant Enzyme Activity, Proline Accumulation, Leaf Area and Cell Membrane Stability in Water Stressed Amaranthus Leaves". *South African Journal of Botany* 95:123-28. doi: 10.1016/j.sajb.2014.08.008.
- Smart, Richard E., ve Gail E. Bingham. 1974. "Rapid Estimates of Relative Water Content". *Plant Physiology* 53(2):258-60. doi: 10.1104/pp.53.2.258.
- Srivastava, R. K., R. K. Panda, Arun Chakraborty, ve Debjani Halder. 2018. "Enhancing Grain Yield, Biomass and Nitrogen Use Efficiency of Maize by Varying Sowing Dates and Nitrogen Rate under Rainfed and Irrigated Conditions". *Field Crops Research* 221:339-49. doi: 10.1016/j.fcr.2017.06.019.
- Szabados, László, ve Arnould Saviouré. 2010. "Proline: A Multifunctional Amino Acid". *Trends in Plant Science* 15(2):89-97. doi: 10.1016/j.tplants.2009.11.009.
- Tahi, H., S. Wahbi, R. Wakrim, B. Aganchich, R. Serraj, ve M. Centritto. 2007. "Water relations, photosynthesis, growth and water-use efficiency in tomato plants subjected to partial rootzone drying and regulated deficit irrigation".

Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology 141(2):265-74. doi: 10.1080/11263500701401927.

Tahir Ata-Ul-Karim, Syed, Xiaojun Liu, Zhenzhou Lu, Zhaofeng Yuan, Yan Zhu, ve Weixing Cao. 2016. "In-Season Estimation of Rice Grain Yield Using Critical Nitrogen Dilution Curve". *Field Crops Research* 195:1-8. doi: 10.1016/j.fcr.2016.04.027.

Tamura, Takashi, Kojiro Hara, Yube Yamaguchi, Nozomu Koizumi, ve Hiroshi Sano. 2003. "Osmotic Stress Tolerance of Transgenic Tobacco Expressing a Gene Encoding a Membrane-Located Receptor-Like Protein from Tobacco Plants". *Plant Physiology* 131(2):454-62. doi: 10.1104/pp.102.011007.

Tardieu, Francois. 2013. "Plant response to environmental conditions: assessing potential production, water demand, and negative effects of water deficit". *Frontiers in Physiology* 4.

Tardieu, François. 1996. "Drought Perception by Plants Do Cells of Droughted Plants Experience Water Stress?" *Plant Growth Regulation* 20(2):93-104. doi: 10.1007/BF00024005.

Thompson, Andrew J., John Andrews, Barry J. Mulholland, John M. T. McKee, Howard W. Hilton, Jon S. Horridge, Graham D. Farquhar, Rachel C. Smeeton, Ian R. A. Smillie, Colin R. Black, ve Ian B. Taylor. 2007. "Overproduction of Abscissic Acid in Tomato Increases Transpiration Efficiency and Root Hydraulic Conductivity and Influences Leaf Expansion". *Plant Physiology* 143(4):1905-17. doi: 10.1104/pp.106.093559.

Tian, Shan, Xiaobing Wang, Ping Li, Hao Wang, Hongtao Ji, Junyi Xie, Qinglei Qiu, Dan Shen, ve Hansong Dong. 2016. "Plant Aquaporin AtPIP1;4 Links Apoplastic H₂O₂ Induction to Disease Immunity Pathways". *Plant Physiology* 171(3):1635-50. doi: 10.1104/pp.15.01237.

Trovato, Maurizio, Roberto Mattioli, ve Paolo Costantino. 2008. "Multiple Roles of Proline in Plant Stress Tolerance and Development". *RENDICONTI LINCEI* 19(4):325-46. doi: 10.1007/s12210-008-0022-8.

Uchida, Koji. 2003. "4-Hydroxy-2-Nonenal: A Product and Mediator of Oxidative Stress". *Progress in Lipid Research* 42(4):318-43. doi: 10.1016/S0163-7827(03)00014-6.

Ullah, Naseer, Allah Ditta, Muhammad Imtiaz, Xiaomin Li, Amin Ullah Jan, Sajid Mehmood, Muhammad Shahid Rizwan, ve Muhammad Rizwan. 2021. "Appraisal for Organic Amendments and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria to Enhance Crop Productivity under Drought Stress: A Review". *Journal of Agronomy and Crop Science* 207(5):783-802. doi: 10.1111/jac.12502.

Urbanek, H., E. Kuzniak-Gebarska, ve K. Herka. 1991. "Elicitation of Defence Responses in Bean Leaves by Botrytis Cinerea Polygalacturonase". *Acta Physiologiae Plantarum* 13(1).

- Velikova, V., I. Yordanov, ve A. Edreva. 2000. "Oxidative Stress and Some Antioxidant Systems in Acid Rain-Treated Bean Plants: Protective Role of Exogenous Polyamines". *Plant Science* 151(1):59-66. doi: 10.1016/S0168-9452(99)00197-1.
- Wang, Shaoxia, Ninghui Sun, Shuo Yang, Xiaohong Tian, ve Qing Liu. 2021. "The effectiveness of foliar applications of different zinc source and urea to increase grain zinc of wheat grown under reduced soil nitrogen supply". *Journal of Plant Nutrition* 44(5):644-59. doi: 10.1080/01904167.2020.1849286.
- Waraich, Ejaz Ahmad, Rashid Ahmad, ve M. Y. Ashraf. 2011. "Role of Mineral Nutrition in Alleviation of Drought Stress in Plants". *Australian Journal of Crop Science* 5(6):764-77. doi: 10.3316/informit.282340708899391.
- Wilkinson, S., ve W. J. Davies. 2002. "ABA-Based Chemical Signalling: The Co-Ordination of Responses to Stress in Plants". *Plant, Cell & Environment* 25(2):195-210. doi: 10.1046/j.0016-8025.2001.00824.x.
- Witham, Francis H., Robert M. Devlin, ve David F. Blaydes. 1971. *Experiments in Plant Physiology*. 7. bs. New York: Van Nostrand Reinhold Co.
- You, Jun, ve Zhulong Chan. 2015. "ROS Regulation During Abiotic Stress Responses in Crop Plants". *Frontiers in Plant Science* 6:1-15. doi: 10.3389/fpls.2015.01092.
- Young, I. S., ve J. V. Woodside. 2001. "Antioxidants in Health and Disease". *Journal of Clinical Pathology* 54(3):176-86. doi: 10.1136/jcp.54.3.176.
- Zaharieva, Maria, ve Philippe Monneveux. 2014. "Cultivated Einkorn Wheat (*Triticum Monococcum* L. Subsp. *Monococcum*): The Long Life of a Founder Crop of Agriculture". *Springer Science+Business Media Dordrecht* 61(3):677-706. doi: 10.1007/s10722-014-0084-7.
- Zhang, Jianhua, ve w j. Davies. 1991. "Antitranspirant Activity in Xylem Sap of Maize Plants". *Journal of Experimental Botany* 42(3):317-21. doi: 10.1093/jxb/42.3.317.
- Zhang, Ji-Yi, Corey D. Broeckling, Elison B. Blancaflor, Mary K. Sledge, Lloyd W. Sumner, ve Zeng-Yu Wang. 2005. "Overexpression of WXP1, a Putative *Medicago Truncatula* AP2 Domain-Containing Transcription Factor Gene, Increases Cuticular Wax Accumulation and Enhances Drought Tolerance in Transgenic Alfalfa (*Medicago Sativa*)". *The Plant Journal* 42(5):689-707. doi: 10.1111/j.1365-313X.2005.02405.x.
- Zhang, L. X., S. X. Li, H. Zhang, ve Z. S. Liang. 2007. "Nitrogen Rates and Water Stress Effects on Production, Lipid Peroxidation and Antioxidative Enzyme Activities in Two Maize (*Zea Mays* L.) Genotypes". *Journal of Agronomy and Crop Science* 193(6):387-97. doi: 10.1111/j.1439-037X.2007.00276.x.

- Zhu, Zaibiao, Zongsuo Liang, ve Ruilian Han. 2009. "Saikosaponin Accumulation and Antioxidative Protection in Drought-Stressed Bupleurum Chinense DC. Plants". *Environmental and Experimental Botany* 66(2):326-33. doi: 10.1016/j.envexpbot.2009.03.017.
- Zia, Rabisa, Muhammad Shoib Nawaz, Muhammad Jawad Siddique, Sughra Hakim, ve Asma Imran. 2021. "Plant Survival under Drought Stress: Implications, Adaptive Responses, and Integrated Rhizosphere Management Strategy for Stress Mitigation". *Microbiological Research* 242:126626. doi: 10.1016/j.micres.2020.126626.



ÖZGEÇMİŞ

Fotoğraf

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KIZIL, Ahmet
Uyruğu :
Doğum tarihi ve yeri :
Medeni hali :
Yabancı Dili :
Telefon :
Fax :
E-posta :

Eğitim

Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet Tarihi

Lisans

Artvin Çoruh Üniversitesi

12.07.2017