

GİRESUN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MISIR (*Zea mays* L.) VE BUĞDAYIN (*Triticum aestivum* L.) KURAKLIK
STRESLERİNE KARŞI DAYANIKLILIKLARININ BİYOKİMYASAL VE
FİZYOLOJİK PARAMETRELER İLE BELİRLENMESİ

ZELİHA ÖZDEMİR

ŞUBAT 2016

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün onayı.

Prof. Dr. Birsen ŞENGÜL OKSAL

.../.../.....

Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak Biyoloji Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İhsan AKYURT

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans Tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.

Yrd. Doç. Dr. Özlem ARSLAN

Doç. Dr. Zafer TÜRKMEN

Ortak Danışman

Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Kadir KINALIOĞLU

Doç. Dr. Aykut SAĞLAM

Doç. Dr. Zafer TÜRKMEN

Yrd. Doç. Dr. Mutlu GÜLTEPE

Yrd. Doç. Dr. Özlem ARSLAN

ÖZET

MISIR (*Zea mays L.*) VE BUĞDAYIN (*Triticum aestivum L.*)
KURAKLIK STRESLERİNE KARŞI DAYANIKLILIKLARININ
BİYOKİMYASAL VE FİZYOLOJİK PARAMETRELER İLE
BELİRLENMESİ

ÖZDEMİR, Zeliha

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Zafer TÜRKMEN

Ortak Danışman: Özlem ARSLAN

ŞUBAT 2016, 66 Sayfa

Kuraklık, tarımsal üretimi sınırlayan önemli bir abiyotik stres faktörüdür ve küresel ısınma günümüzde bu durumun ciddiyetini arttırmaktadır. Topraktaki su noksanlığının bitkilerde büyüme, gelişme, fotosentez, osmotik düzenlenme ve içsel savunma sistemleri üzerinde birçok etkisinin olduğu gösterilmiştir. Kuraklığa bağlı olarak meydana gelen reaktif oksijen türleri hücrel bileşenlerde oksidatif reaksiyonlara ve zar hasarlarına neden olmaktadır. Bu araştırmada ülkemizde ve dünyada yetiştirilen en önemli tahıllardan mısır (*Zea mays L.*) ve buğdayın (*Triticum L.*) bazı çeşitlerinin kuraklık streslerine karşı dayanıklılıklarını biyokimyasal ve fizyolojik parametreler ile belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla, perlit ortamında optimum koşullarda (25°C, 250 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 16 saat gündüz/8 saat gece gün uzunluğu, %40-50 nem oranı) ½ kuvvet Hoagland çözeltisi ile bir hafta büyütülen buğday (Gelibolu, Aldane) ve mısır (Sakarya, Ada-9516) çeşitleri farklı osmotik potansiyellerde (kontrol, -0.4 MPa ve -0.8 MPa) PEG 6000 çözeltileri uygulanarak 5 gün süre ile kuraklığa maruz bırakılmıştır. 12. günün sonunda hasat

edilen bitkilerin bazı büyüme parametreleri (gövde boyu, yaprak sayısı, taze ve kuru ağırlık), nispi su içerikleri, iyon sızıntısı, H₂O₂ miktarı ve bazı pigment içerikleri (antosiyenin ve flavonoid) belirlenmiştir. Kuraklık uygulamaları mısır ve buğday çeşitlerinin büyüme parametrelerini ve nispi su içeriğini olumsuz yönde etkilemiştir. Kuraklık stresi sonucunda mısır ve buğday çeşitlerindeki artan iyon sızıntısı oranı çeşitlerin hücre zarlarındaki hasarın bir göstergesiyken, artan H₂O₂ miktarı oksidatif stresin göstergesidir. Artan kuraklık şiddetine bağlı olarak tüm çeşitlerin yapraklarında antosiyenin ve flavonoid içerikleri artmıştır. Buna rağmen, bu artışlar daha hassas olan çeşitlerde (Gelibolu ve Ada-9516) oksidatif hasarı engelleyememişlerdir. Çeşitlere uygulanan kuraklık şiddeti arttıkça kuraklık hasarı da artmaktadır. Bu araştırmanın bulguları buğday ve mısır çeşitlerine uygulanan farklı şiddetteki kuraklık stresine karşı buğday çeşitlerinden Aldane'nin ve mısır çeşitlerinden Sakarya'nın diğer çeşitlere göre daha dayanıklı olduklarını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Buğday (*Triticum aestivum* L.), büyüme parametreleri, dayanıklılık, H₂O₂, iyon sızıntısı, kuraklık, mısır (*Zea mays* L.), pigment.

ABSTRACT

DETERMINATION OF DROUGHT STRESS TOLERANCE OF MAIZE (*Zea mays* L.) AND WHEAT (*Triticum aestivum* L.) WITH BIOCHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS

ÖZDEMİR, Zeliha

Giresun University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology, Master Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Zafer TÜRKMEN

Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Özlem ARSLAN

FEBRUARY 2016, 66 Pages

Drought is an important abiotic factor that limits the agricultural productivity and nowadays global warming increases the severity of the situation. It has been showed that water deficiency of soil has many effects on plant growth and development, photosynthesis, osmotic regulation and endogenous defense systems. Reactive oxygen species that occur due to drought cause oxidative reactions in cellular components and membrane damage. The aim of this study was to determine the tolerance of some maize and wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars which are the most important cereals that grown in our country and the world by physiological and biochemical analyses. With this purpose, wheat (Gelibolu, Aldane) and maize (Sakarya, Ada-9516) cultivars grown in perlite medium at optimum conditions (at 25°C, 250 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensity, 16 hour light/8 hour dark, %40-50 humidity)

for one week with half strength Hoagland solution were exposed to drought for 5 days by different concentrations (kontrol, -0.4 MPa and -0.8 MPa) of PEG 6000 solutions. At the end of the 12th day, some growth parameters (shoot length, leaf number, fresh and dry weight), relative water content, ion leakage, H₂O₂ level and some pigment (anthocyanin and flavonoid) contents were determined in harvested cultivars. Drought treatments affected adversely the growth parameters and relative water contents of wheat and maize cultivars. The elevated ratio of ion leakage of wheat and maize cultivars is an indicator of membrane damage and the increased level of H₂O₂ is an indicator of oxidative stress. The anthocyanin and flavonoid contents of all cultivars leaves were increased due to rising drought intensity. However, they could not able to prevent oxidative damage in the cultivars that were more sensitive (Gelibolu and Ada-9516). Drought damage increased with the elevated drought stress. The results of this study showed that wheat cultivar Aldane and maize cultivar Sakarya were more tolerant to the different severity of drought that exposed to both wheat and maize cultivars than the others.

Key words: Wheat (*Triticum* L.), growth parameters, tolerance, H₂O₂, ion leakage, drought, Maize (*Zea mays* L.), pigment.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın konusu ile deneysel yöntemlerin belirlenmesi, deneysel çalışmaların yürütülmesi ve sonuçların değerlendirilip tartışılması sırasında yaptığı katkılar ve yönlendirici desteğinden dolayı tez danışmanlarım Sayın Doç. Dr. Zafer TÜRKMEN'e (Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü) ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Özlem ARSLAN'a (Giresun Üniversitesi, Espiye Meslek Yüksekokulu), değerli önerileri ve sağladıkları olanaklar için Sayın Yrd. Doç. Dr. İlginç KIZILPINAR TEMİZER'e (Giresun Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu), tohumların temin edilmesindeki katkıları için Sayın Dr. Veli PEKCAN'a (Trakya Merkez Tarımsal Araştırma Enstitüsü);

Bu araştırmayı, FEN-BAP-C-250414-20 nolu proje kapsamında destekleyen Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi'ne;

Bütün hayatım boyunca yanımda olduklarını hissettiğim değerli aileme ve özellikle ablam Pınar ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
TABLolar DİZİNİ.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XII
1.GİRİŞ.....	1
1.1.BİTKİLERDE STRES.....	1
1.2.BİTKİLERDE KURAKLIK STRESİ.....	3
1.2.1. Kuraklık Stresi Sonucunda Bitkilerde Oluşan Değişiklikler.....	4
1.2.1.1. Morfolojik Değişiklikler.....	4
1.2.1.2. Fizyolojik Değişiklikler.....	5
1.2.1.2.1.Mekanik Etki.....	5
1.2.1.2.2.Metabolik Etki.....	5
1.2.1.2.3. Oksidatif Etki.....	6
1.2.2.Kuraklık Stresinin Fotosenteze Etkileri.....	8
1.2.3.Kuraklık Stresi Ve Absisik Asit.....	10
1.3. MISIR BİTKİSİ.....	11
1.4.BUĞDAY BİTKİSİ	17

2. MATERİYAL VE METOT.....	21
2.1. ARAŞTIRMA MATERİYALİ VE YÖNTEM.....	21
2.2.ÖLÇÜM VE ANALİZLER.....	25
2.2.1.Gövde Boyu ve Yaprak Sayısı.....	25
2.2.2.Taze ve Kuru Ağırlık Analizleri.....	25
2.2.3.Yapraklardaki Nispi (Oransal) Su İçeriğinin Tayini.....	25
2.2.4.Yapraklardaki İyon Sızıntısı Oranının Belirlenmesi.....	25
2.2.5.Yapraklardaki Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂) Miktarının Belirlenmesi.....	26
2.2.6.Yapraklardaki Pigment İçeriklerinin Belirlenmesi.....	26
2.2.7.İstatistiksel Analizler.....	27
3.ARAŞTIRMA BULGULARI.....	28
3.1.KURAKLIK UYGULAMALARININ, MISIR VE BUĞDAY ÇEŞİT VE HATLARININ BAZI MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ.....	28
3.1.1.Gövde Boyu Üzerine Etkisi.....	28
3.1.2.Yaprak Sayısı Üzerine Etkisi.....	29
3.1.3.Taze Ağırlık Üzerine Etkisi.....	30
3.1.4. Kuru Ağırlık Üzerine Etkisi.....	31
3.1.5. Yaprak Nispi (Oransal) Su İçeriği Üzerine Etkisi.....	32
3.1.6.Yaprak Dokusundaki İyon Sızıntısı Üzerine Etkisi.....	33
3.1.7. Yaprak Dokularındaki Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂) Miktarına Etkisi.....	34

3.1.8.Yaprak Dokularındaki Pigment İçeriği Üzerine Etkisi.....	35
4.TARTIşMA VE SONUÇ.....	38
KAYNAKLAR.....	46
ÖZGEçMİş.....	66



TABLÖLAR DİZİNİ

TABLO

1.1. Bitkilerde Görülen Çeşitli Biyotik ve Abiyotik Stres Faktörlerinin Sınıflandırılması.....	1
1.2. Mısır bitkisinin sınıflandırılması.....	11
1.3. Buğday bitkisinin sınıflandırılması.....	17
2.1. Hoagland kültür çözeltisinin kullanım tablosu.....	23



ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

1.1. Dünya üzerinde kullanılabilir tarım alanlarının stres faktörlerine göre sınıflandırılması.....	2
1.2. Mısır bitkisinin genel görünümü.....	12
1.3. Buğday bitkisinin genel görünümü.....	18
2.1. Araştırmada kullanılan mısır (Sakarya ve Ada-9516) ve buğday (Gelibolu ve Aldane) çeşitlerinin kabuk sterilizasyonu sırasındaki genel görünümleri.....	21
2.2. Buğday (Gelibolu, A; Aldane, B) ve mısır (Sakarya, C; Ada-9516, D) çeşitlerine ait filizlerin çimlenmenin 3. günü petrilere saksılara ekim görünümleri	22
2.3. Yetiştirilen 12 günlük buğday ve mısır çeşitlerinin kontrollü iklim kabinindeki genel görünümleri.....	24
2.4. 5 gün süre ile farklı konsantrasyonlarda (0, -0.4, -0.8 MPa) PEG uygulanmış buğday (Gelibolu, A; Aldane, B) ve mısır (Sakarya, C; Ada-9516, D) çeşitlerinin görünümleri.....	24
3.1. Farklı konsantrasyonlarda (0, -0.4, -0.8 MPa) uygulanmış kuraklık şiddetinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin gövde boyu üzerine etkisi.....	28
3.2. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin yaprak sayıları üzerine etkisi.....	29
3.3. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin taze ağırlığı üzerine etkisi.....	30
3.4. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin kuru ağırlıkları üzerine etkisi.....	31
3.5. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin yaprak nispi (oransal) su içeriği üzerine etkisi.....	32

3.6. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin yaprak dokularındaki iyon sızıntı oranı üzerine etkisi.....	33
3.7. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin yaprak dokularındaki H₂O₂ içeriği üzerine etkisi.....	35
3.8. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin yaprak dokusundaki antosiyanin içeriği üzerine etkisi.....	36
3.9. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin yaprak dokusundaki flavonoid içeriği üzerine etkisi.....	36



SİMGELER DİZİNİ

CO ₂	Karbondioksit
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
NADPH	Nikotinamid adenin dinükleotid
NaOCl	Sodyum hipoklorit
O ₂	Oksijen
¹ O ₂	Singlet oksijen
O ₂ ⁻	Süperoksit molekülü
OH ⁻	Hidroksil radikaller

KISALTMALAR

ABA	Absisik asit
ANOVA	Varyans analizi
AÖF	Anlamlı önemli fark
ETS	Elektron taşıma sistemi
HA	Hidrate ağırlık
KA	Kuru ağırlık
NSİ	Nispi (oransal) su içeriği
PSI	Fotosistem I
PSII	Fotosistem II

ROT	Reaktif oksijen türleri
SPSS	İstatistik paket programı
TA	Taze ağırlık
TCA	Trikloroasetik asit



1. GİRİŞ

1.1. BİTKİLERDE STRES

Bitkilerin normal büyüme ve gelişim gösterebilmeleri için optimum koşullara ihtiyaç vardır. Bu optimum koşullarda herhangi bir sapma olduğu zaman bitkide stres kavramı ortaya çıkmaktadır.

Stres: bitkilerde büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkileyen, üründe verim ve kalite kaybına neden olan uygun olmayan herhangi bir durum veya madde stres olarak tanımlanmaktadır (1). Başka bir deyişle stres, çoğunlukla bitkinin üzerinde olumsuz etki oluşturan dışsal bir etmen olarak tanımlanmaktadır (2).

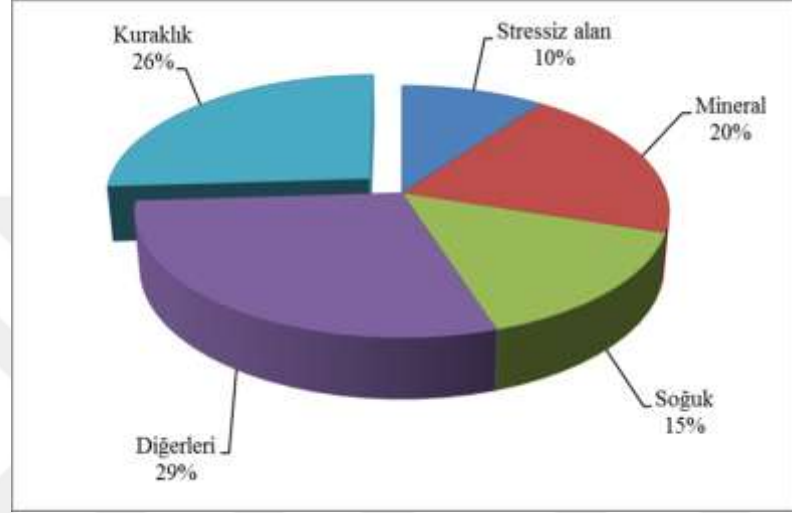
Bitkilerde stres abiyotik ve biyotik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Biyotik stres	Abiyotik stres
Herbivorlar	Kuraklık
Kemirgenler	Tuzluluk
Patojenler (virüs, bakteri, mantar gibi.)	Yüksek sıcaklık
Böcekler	Soğuk
İnsan tahribatı	Besin eksikliği
Bitkiler arası rekabet	Işık
	Aşırı su (sel)
	Radyasyon
	Oksidatif stres
	Kimyasal ve kirletici maddeler

Tablo 1.1. Bitkilerde Görülen Çeşitli Biyotik ve Abiyotik Stres Faktörlerinin Sınıflandırılması (1,3'ten modifiye edilerek alınmıştır).

Bitkinin normal yaşamını sürdürdüğü optimum koşullar dışında bir durumla karşı karşıya gelmesi durumunda organizma kendini bir noktaya kadar sakınabilir. Stresin ortadan kaldırılmasından sonra organizma eski haline dönebilir. Bu tür reaksiyonlara elastik reaksiyonlar denilmektedir. Fakat strese uzun süre maruz

kalmaları durumunda organizmada aşırı derecede hasar görülür ve organizma eski haline dönemez. Bu tür reaksiyonlar ise plastik reaksiyonlar olarak adlandırılmaktadır. Stresin çok aşırı olduğu durumlarda meydana gelen bu tür reaksiyonlar sonucu bitkide aşırı hasar ve hatta ölüm meydana gelebilmektedir (4). Bitkilerde stres sonucu oluşan hasarlar, stresin etkili olduğu süreye ve stresin şiddetine, strese maruz kalan bitkinin çeşidi ve gelişim evresine ve bitkinin stresle karşılaşan doku ve organına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (5).



Şekil 1.1. Dünya üzerinde kullanılabilir tarım alanlarının stres faktörlerine göre sınıflandırılması (6'dan modifiye edilerek alınmıştır).

Son zamanlarda özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak sıcaklığın artması ve yağış rejimlerinin değişmesi, kuraklığa dayanıklı tahıllar gibi yüksek besin değerine sahip olan tarım ürünlerine yönelim ihtiyacını doğurmuştur. Tüm bitkilerde olduğu gibi tahıllarda da verim kaybına yol açan en önemli abiyotik faktörlerden biri olan kuraklık, en şiddetli çevresel streslerden biridir. Dünya genelinde, kuraklık % 26, mineral % 20, soğuk % 15, diğerleri % 29 ve stressiz alan % 10'luk kısmı oluşturmaktadır. Şekil 1.1.'de görüldüğü gibi kuraklık % 26'lık kısım ile dünya üzerinde kullanılabilir tarım alanlarının karşılaştığı stresler içinde en büyük paya sahiptir.

1.2. BİTKİLERDE KURAKLIK STRESİ

Su, bütün canlılarda olduğu gibi bitkilerde de en önemli yaşam sıvısıdır. Kuraklık dünyada tarımsal üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden biri olup, günümüzde iklimin değişiklik göstermesiyle bu durum ciddiyetini arttırmaktadır (7).

Kuraklık, uzun bir zaman yağmurun yağmamasını ifade eden meteorolojik bir olgudur (4). Yağışın olmadığı bu dönemin bitkide kuraklık oluşturması; toprağın su tutma kapasitesine, topraktaki su içeriğine ve bitkiler tarafından gerçekleştirilen evotranspirasyon hızına bağlı olarak gerçekleşmektedir (8,9). Yani yeteri kadar nemin olmaması sebebiyle oluşan kuraklık stresi daha çok yağışların düzensiz olduğu ve sulamanın yetersiz olduğu bölgelerde yaygın olarak görülmektedir (10).

Kuraklık bitkilerde üretimi sınırlandıran en önemli abiyotik streslerdendir (11,12). Kuraklığın yol açtığı stres, birdenbire oluşmaz; yavaşça gelişir ve uzun süren bir yoğunlukla artma gösterir. Buna bağlı olarak zaman, kuraklık stresine karşı hayatta kalabilmede önemli bir role sahiptir (8,13). Kuraklık sırasında bitkinin topraktan suyu alması zor olmakta ve böylece bitkilerde su eksikliği ortaya çıkmaktadır (14). Yapılan çalışmaların birçoğu bitkinin büyüme oranının topraktaki suyu kullanabilme oranına bağlı olduğunu göstermiştir (15,16). Bitkinin suyu yeteri kadar kullanamaması, büyümeyi, üretkenliği ve fotosentezi sınırlayan en önemli faktörlerdendir (17-19).

Kuraklık tüm tarım alanlarını ve tarımsal ürünleri olumsuz etkileyen ve bitkisel üretimi sınırlandıran en önemli stres faktörlerinden biridir (6,20-22). Ekimden hasada kadar geçen sürede, bitkiler her dönemde kuraklık stresine maruz kalabilmektedirler (23). Kuraklığa bağlı olarak meydana gelen su kıtlığı bitkilerde protein sentezinden, eriyik birikimine kadar çeşitlilik gösteren birçok fizyolojik ve biyokimyasal süreci olumsuz etkilemektedir (16,24).

Tarımsal üretimde kuraklığın iki temel etkisi vardır. Birincisi, istenilen bitki çıkışının sağlanamaması, ikincisi ise toprakta ihtiyaç duyulandan daha az su bulunması nedeniyle gelişme ve verimde azalmanın meydana gelmesidir (25).

1.2.1. Kuraklık Stresi Sonucunda Bitkilerde Oluşan Değişiklikler

Kuraklık stresi bitkilerde su alınımını azaltmakta ve aynı zamanda bitki için gerekli besin alınımına da engel olmaktadır. Bu nedenle kuraklık stresi bitkinin büyümesini ve ürün verimini önemli ölçüde etkilemektedir (26). Bu yüzden bitkiler dokularındaki su kaybını azaltmak için fizyolojik, morfolojik ve metabolik değişiklikler gösterirler (27,28).

1.2.1.1. Morfolojik Değişiklikler

Kuraklığa maruz kalan bitkiler transpirasyonla su kaybını azaltmak için yaprak alanını küçültürler. Böylece, topraktaki kısıtlı miktardaki suyun uzun süre etkili bir şekilde korunması sağlanır. Dolayısıyla, yaprak alanındaki azalma, kuraklığa karşı oluşturulan ilk savunma hattı olarak düşünülebilir (2).

Kuraklık stresinde bazı bitkiler daha derinlerdeki suya ulaşabilmek için toprak altı organlarının toprak üstü organlarına oranla daha hızlı büyüdükleri belirtilmiştir (29). Böylelikle bitkilerin kökleri daha fazla uzadığından toprağın derinlerindeki suyu kullanabilme imkanına sahip olabilmektedirler. Bu durum ise bitkilerde kuraklığa karşı oluşturulan bir savunma mekanizması olarak değerlendirilmektedir (2).

Kuraklığa maruz kalan bazı olgun bitkilerin yaşlı yapraklarında senesensin hızlanmasına ve yeni yaprak oluşumunun sınırlandırılmasına neden olmaktadır. Bu durum fotosentezin azalmasıyla ilişkilidir (1). Kuraklık stresinin bitkilerde çap artışı, sürgün boyu gibi morfolojik yapılarını olumsuz şekilde etkiledikleri belirtilmiştir. Ayrıca kuraklık stresine tepki olarak bazı bitkilerde yaprak yüzeylerinin tüylerle kaplanması, yaprak epidermal yüzeyinde mumsu bir tabaka oluşturması ve yapraklarını kıvrırma şeklinde morfolojik değişiklikler yaparak transpirasyonla su kaybını en az seviyeye indirmişlerdir (30).

Yaprak genişlemesinin engellenmesi karbon ve enerji tüketimini azaltır. Böylece bitki özümlediği maddelerin büyük bir kısmını köklere göndererek büyümenin artmasını sağlar (2). Ayrıca bitki köklerinde kalın bir tabaka oluşturarak alttaki canlı hücreleri kurak ve sıcak toprağın etkisinden korumaktadır (29).

1.2.1.2. Fizyolojik Değişiklikler

Bitkilerde kuraklık stresi sonucu meydana gelen fizyolojik değişiklikler; mekanik, metabolik ve oksidatif olmak üzere 3 bölümde incelenmektedir.

1.2.1.2.1. Mekanik Etki

Bitki hücrelerinde belirgin bir su kaybı gerçekleştiği zaman, bitkide turgor kaybı meydana gelmektedir. Mekanik stres ise bu turgor kaybıyla oluşan birincil stres olarak kabul edilmektedir (31).

Hücre su kaybettikçe membran yapısında değişiklikler meydana gelmektedir. Kuraklığa maruz kalmamış bitkilerde membran lipitleri jel fazında olduğundan daha fazla kinetik enerji harcayarak lateral (yatay) ve rotasyonel (döngüsel) hareketi sağlamaktadır. Fakat kuraklığa maruz kaldıktan sonra oluşan bu yeni yapıda membran lipitleri sıvı-katı fazda olduğu için daha az kinetik enerjiyle lateral ve rotasyonel hareketlerini gerçekleştirmektedir. Ayrıca su kaybı hücrede hacim miktarının azalmasına neden olmaktadır. Su kaybı nedeniyle plazmolize uğramış hücrede plazma membranı hücre duvarından ayrılarak yalnız plazmodezmler aracılığıyla varlığını sürdürmeye devam eder. Bu olay plazmoliz olarak açıklanmaktadır. Gerilim altındaki plazma membranı ve tonoplastta çökme ve yırtılmalara neden olmaktadır (32). Ayrıca zarlar üzerinde bulunan hidrolitik enzimlerin serbest kalmasına ve serbest kalan bu enzimlerde sitoplazmanın otolizine neden olabilmektedir (33).

1.2.1.2.2. Metabolik Etki

Bitki metabolizmasında kuraklık stresine bağlı olarak oluşan metabolik değişiklikler, protein-protein ve protein-lipit etkileşimlerini ve çözünür madde konsantrasyonlarındaki değişiklikleri kapsamaktadır (34). Su hücre içeriğinin büyük bir kısmını oluşturduğundan; kuraklık sırasında hücrede su kaybı meydana gelmekte ve dolayısıyla metabolizmanın bozulmasına neden olmaktadır. Kuraklık sonucu meydana gelen su kaybı protein yapısında bulunan amino asitlerin su ile olan etkileşimlerinin bozulmasına neden olmaktadır (35). Bu durumda proteinlerin denatüre olmalarına ve enzimlerin inhibe olmalarına neden olmaktadır (36).

Bitkilerde su kaybı sonucunda iyon birikimi oluşmakta, bu durumda membran bütünlüğünün ve proteinlerin yapısının bozulmasına yol açarak hücreye zarar verebilmektedir (6). Ayrıca kuraklık stresine bağlı olarak meydana gelen su kaybı DNA ve RNA gibi nükleik asitlerinde yapısının bozulmasına neden olmaktadır.

1.2.1.2.3. Oksidatif Etki

Oksidatif stres; serbest radikallerin, özellikle reaktif oksijen türlerinin oluşumunu içeren ve reaktif oksijen türleri aracılığıyla bitkilerde zararlara neden olan stres olarak tanımlanır (37).

Su ve atmosferde bulunan oksijen (O_2) düzeyi bitkiler için oldukça önemlidir. Oksijen normal koşullarda reaktif bir molekül olmayıp, stres faktörleri nedeniyle uyarılmış reaktif formlarına dönüşebilmektedir (38). Reaktif oksijen türleri (ROT) yapılarında eşlenmemiş elektron bulunduran moleküller olarak tanımlanır (39). Kloroplastlar bitki hücrelerinde en önemli hücre içi serbest radikal üretim bölgeleridir (40). Serbest radikaller, bitkilerde fotosentez sonucu oluştukları gibi, plazma membranı, mitokondri ve ER membranlarında da oluşabilmektedirler (32). Tepkimeye girmeye yatkın olan ROT'lar protein, lipit, karbohidrat ve nükleik asitler gibi makromoleküllerle reaksiyona girerek, hücrelerde hasarlar meydana getirirler (41-46). Optimum koşullarda mitokondri ve kloroplastlarda düşük seviyelerde üretilen ROT'lar stresin olduğu durumlarda üretim hızları önemli ölçüde artmaktadır (47).

ROT [süperoksit molekülü ($O_2^{\cdot-}$) , singlet oksijen (1O_2) , hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikalleri ($OH^{\cdot}$)] normal hücre metabolizması ürünleridir ve savunma mekanizmaları tarafından ortamdan uzaklaştırılırlar (48).

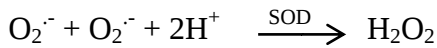
Moleküler oksijen bitki büyüme ve gelişmesi için gereklidir. Fakat stres durumlarında oksijen sürekli indirgenerek ROT'ları oluşturmaktadır. Böylece stres koşullarında ROT'ların üretimi artmakta ve bu moleküllerin hücrede birikmesine neden olmaktadır (49). Serbest radikaller eşlenmemiş elektron taşıyan moleküller olup, oldukça reaktiftirler (32).

Kuraklık stresinin etkili olduğu durumlarda, biyosentetik reaksiyonlarda yavaşlama ve ATP'ye olan gereksinimde azalmanın meydana gelmesiyle birlikte mitokondri ve kloroplastlardaki elektron taşıyım sistemlerinde elektron fazlalığının oluşmasına neden olmaktadır (50). Absorblanan ışık enerjisinin etkisiyle açığa çıkan elektronlar, yaprak dokularında karbondioksit (CO₂) yetersizliğine neden olmakta ve CO₂'nin indirgenme hızını azaltmaktadır. Böylece fotosentez sonucu açığa kalan elektronların CO₂ yerine O₂'ye aktarılmasına neden olmaktadır (51).

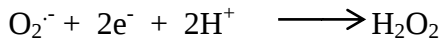
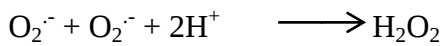
Reaktif oksijen türleri, hücre zarlarının fosfolipidlerini (52-54), nükleik asitleri (55), proteinleri ve klorofili parçalamaktadır. Işık yoğunluğunun yüksek olduğu durumlarda etkisini artırmaktadır (56).

Stomaların kapanmasına bağılı olarak hücre içinde CO₂ miktarı azalmaktadır. CO₂'in fotosentetik fiksasyonunun azalması ATP ve NADPH tüketimini kısıtlamakta ve elektron taşıma sisteminin (ETS) aşırı indirgenmesine neden olmaktadır. Böylece fotosentetik elektron taşıyımını boyunca ferrodoksin aşırı indirgendiğinden, elektronlar fotosistem I (PSI) den moleküler oksijene taşınmaktadır. Mehler reaksiyonu olarak adlandırılan bu olay süperoksit radikalini oluşturmaktadır (57).

Süperoksit radikali katalitik aktivitesi çok yüksek bir enzim olan süperoksit dismutaz (SOD) tarafından hidrojen peroksit'e dönüştürülür. Ayrıca hafif asidik koşullarda süperoksit kendiliğinden dismutasyonla H₂O₂'e dönüşebilmektedir (58).

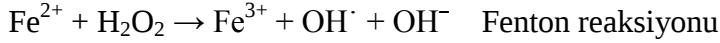
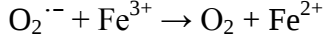
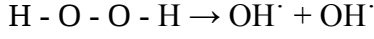


Hidrojen peroksit süperoksit radikallerinin enzimatik ve enzimatik olmayanların dismutasyonu sonucu oluşmaktadır (59,60).



Hidrojen peroksit, oksitleyici ve indirgeyici özelliği yönünden zayıf bir moleküldür. Oksitleyici özelliği zayıf olmasına rağmen demir (Fe), bakır (Cu) gibi metal iyonlarının varlığında hidroksil radikalinin öncülü olarak davranmaktadır. Hidrojen peroksit moleküler yapısında su bulunduğundan dolayı biyolojik

membranları geçebilmektedir. Bu özelliğinden dolayı sadece olduğu yerdeki hücrelere değil çok uzaklardaki hücrelere de ulaşarak hasarlar verebilmektedir. Hidroksil radikali hücrede en reaktif radikaldır ve çok yönlü reaksiyonlar sonucu oluşabilir (61,62).



Net reaksiyon:



Hidrojen peroksit ve süperoksit radikali metal iyonları varlığında haber-weiss (Cu^+ , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}) veya fenton (Fe^{2+} ve diğer geçiş metalleri; Cu, Zn, Mn, Cr, Co, Ni, Mo) reaksiyonu ile oluşur.

Bitkiler ROT'ların oluşturduğu oksidatif strese karşı bazı savunma mekanizmaları geliştirirler. Bu savunma mekanizmalarından başlıcaları ROT uzaklaştırıcı sistemler ve fotokimyasal olmayan yol ile aşırı eksitasyon enerjinin ısı olarak dağıtıldığı ışık-koruyucu mekanizmalardır. ROT uzaklaştırıcı sistemler enzimatik antioksidanlar [süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon redüktaz (GR) ve glutatyon peroksidaz (GPX)] ve enzimatik olmayan antioksidanlar [askorbik asit (AsA), glutatyon (GSH), α -tokoferol (vitamin E), karotenoidler ve flavonoidler] olarak ikiye ayrılırlar ve bitkilerde oksidatif stresin etkilerinin hafifletilmesinde rol oynarlar (63). Kuraklık stresine maruz kalan bitkiler, bu antioksidant savunma sistemlerin bazılarının ya da tamamının aktivasyonu ile oksidatif stresin üstesinden gelebilirler (64).

1.2.2. Kuraklık Stresinin Fotosenteze Etkileri

Kuraklık stresi fotosentez oranının büyük ölçüde azalmasına neden olmaktadır. Fotosentez mekanizmasının kalıcı hasarlara uğramasını önlemek için, bitkilerin stres koşullarına hızlı cevap vermeleri gerekmektedir (1). Kuraklık stresi bitkilerde yaprak alanının azalmasına (65) ve fotosentezin yavaşlamasına neden

olmaktadır. Stres koşullarında fotosentez stomaların kapanmasına bağlı olarak sınırlanırken, uzun süreli ve şiddetli streslerde stomalar dışındaki faktörlerde etkili olmaktadır.

Kuraklığa maruz kalan bitkiler ilk olarak transpirasyonla meydana gelen su kaybını önlemek için stomalarını kapatmaktadırlar (66). Stomaların kapanması kloroplastlarda karbondioksit difüzyonunun kısıtlanmasına neden olmaktadır (67,68). Böylece fotosentez için gerekli CO_2 'nin alınımı önlenmektedir (29). Ayrıca stres durumunda, hücreler arası boşluk direncinin artmasına ve böylece karbondioksit birikimine engel olunmaktadır. Yaprakların bu şekildeki tepkisi fotosenteze karşı yaprak direnci olarak belirtilmektedir. Bitkilerin hidrolik sinyaller (yaprak su potansiyeli, hücre turgoru) ve kimyasal sinyaller (absisik asit) nedeniyle stomalarını kapattıkları belirtilmiştir (2).

Çok şiddetli kuraklık koşullarında, kloroplastların stroma adı verilen bölgesinde CO_2 'i fikse eden ve indirgeyerek organik bileşiklere dönüşmesini sağlayan ribuloz bifosfat karboksilaz (rubisko) enzim aktivitesindeki azalmadan dolayı fotosentez sınırlı hale gelmektedir (69). Başlangıçta fotosentez, stoma kaynaklı faktörler tarafından azaltılmakta ise de, kuraklık stresinin uzun sürmesi veya şiddetini arttırmasıyla kloroplast ve enzim aktivitesi depresyona uğramakta, bundan dolayı stoma kaynaklı olmayan faktörlerde fotosentezin azalmasına neden olmaktadır (29).

Şiddetli su noksanlığına maruz kalan bitkilerden izole edilen kloroplastlarda fotosentetik elektron transportu ve fotofosforilasyon kapasitelerinin azaldığı belirtilmiştir (41). Ayrıca kuraklığın ileri safhalarında mezofil hücrelerinin hücre duvarının difüzyon direnci artmakta ve böylece CO_2 'nin mezofil hücrelerine girişi engellenmektedir (29).

İzole edilen kloroplastlardaki çalışmalar, iki fotosistemin ve özellikle de fotosistem II (PSII)'nin kuraklık stresinden etkilendiği gözlenmiştir (70). Hücre içindeki CO_2 miktarındaki azalmaya bağlı olarak elektron taşıma zinciri içindeki elemanların indirgenmesi ve elektronların fotosistem I'den oksijene aktarılmasına

neden olur. Elektronların moleküler oksijene aktarılması reaktif oksijen türlerinin oluşmasına neden olmaktadır.

Strese maruz kalmış bitkilerde fotosistem II'nin reaksiyon merkezinde yer alan D1 ve D2 proteinleri, fotosentezin inhibe edilmesinde en etkili olan bölgeler olduğu gözlenmiştir (71). Stresin şiddetli olduğu durumlarda ilk önce D1 protein sentezi sınırlı hale gelmekte ve böylece PSII'nin reaksiyon merkezinde bulunan D1'in parçalanmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda ikinci reaksiyon merkezi polipeptidi olan D2 proteini ve son olarak da PSII tamamıyla parçalanmaktadır (70).

Kuraklık stresi sonucu fotosentezin, stomaların kapanması ve fotosentezde görevli enzimlerin engellenmesi sonucu azaldığı belirtilmiştir (20). Başka bir görüşe göre ise özellikle yaprak su içeriğinin %70 oranının altına düştüğünde, stomaların kapanması ve fotosentetik enzim aktivitelerinin azalmasına bağlı olarak hücreler arası CO₂ konsantrasyonunun düştüğü ve bu nedenle fotosentezin azaldığı ifade edilmiştir (72).

1.2.4.3. Kuraklık Stresi ve Absisik Asit

Bitki hormonları kök ve sürgünler arasında iletişimi sağlayan sinyal vericiler olarak belirtilmektedirler (73-75). Bir bitki hormonu olan absisik asit (ABA), bitkide büyüme ve gelişmenin düzenlenmesinde görev yapmaktadır (76). ABA kuraklık sırasında artış gösterdiğinden stres hormonu olarak adlandırılmakta ve kimyasal bir sinyal molekülü olarak görev yapmaktadır (77,78). Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde meydana gelen fizyolojik değişikliklerin bitki dokularındaki absisik asitin artışı ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (79). Normal koşullarda bitki hücrelerinde düşük seviyede bulunan ABA, bitkinin gelişimi için yeterlidir (80). Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin köklerinde absisik asit sentezi artmakta ve bitkinin diğer kısımlarına taşınmaktadır (81).

Kuraklık sırasında ABA'nın önemli işlevlerinden biri stoma bekçi hücrelerini uyarak stomaların kapanmasını sağlamaktır (65,82). Böylece bitkinin yapraklarında transpirasyonla meydana gelen su kaybı önlenmiş olmaktadır. Stomaların kapanması aynı zamanda yapraklardaki karbondioksit konsantrasyonunda azalmaya neden

olmaktadır. Kloroplastlardaki kullanılabilir karbondioksit miktarının azalmasına bağlı olarak fotosentez hızının da düşmesine neden olmaktadır (83). Böylece mitokondri ve kloroplastlarda elektron taşıma zincirinden açığa çıkan elektronların CO₂ yerine moleküler oksijene aktarılmasına neden olmaktadır. Bu durum absisik asitin, süperoksit ve hidrojen peroksit gibi reaktif oksijen türlerinin artmasına neden olmaktadır (84). Absisik asit antioksidant genlerin ifade edilmesine, enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidant savunma sisteminin kapasitesinin artmasına neden olduğu belirtilmiştir (85).

Bazı genler kuraklık stresine yani susuzluğa çok hızlı cevap verirken, bazıları absisik asitin birikiminden sonra yavaş olarak indüklenmektedir (86). Su kaybıyla birlikte ABA üretimi artmakta ve sentezlenen ABA çeşitli genleri uyarmaktadır. Bu genlerden bazıları ABA uygulamasına cevap vermemektedir. Bu durum kuraklık stresinin başlangıç sinyali ile genlerin ifadesi arasında ABA-bağımlı ve ABA-bağımsız olmak üzere iki sinyal iletim yolunun olduğunu gösterir (87).

1.3. MISIR BİTKİSİ

Alem	: Plantae
Bölüm	: Magnoliophyta
Sınıf	: Liliopsida
Takım	: Poales
Familya	: Poaceae
Cins	: Zea
Tür	: <i>Zea mays</i> L. (mısır)

Tablo 1.2. Mısır bitkisinin sınıflandırılması

Anavatanı Güney Amerika olup buradan dünyanın her yerine dağıldığı bilinmektedir. ABD’de yapılan kazılarda bulunan mısır taneleri ve mısır koçanı parçalarının yaklaşık 5000 yıllık olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan 1954 yılında Meksika da yapılan kazılarda bulunan mısır çiçek tozlarının yaklaşık 7000 yıllık olduğu belirlenmiştir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda yabani mısır elde edilmediği için bitkinin kökenine ve tarihine ilişkin bilgilere ulaşılamamıştır. Fakat

yapılan çalışmalar sonucunda mısır bitkisinin yaklaşık 8000-10.000 yıllık bir geçmişe sahip olduğu belirtilmiştir. Mısırın ülkemize girişi yaklaşık olarak 200 yıl önce Kuzey Amerika üzerinden yapılmıştır. Bitkiye Türkçe de mısır adının verilmesi, Mısır ve Suriye üzerinden girmiş olabileceğini düşündürmektedir (88).

$2n=20$ kromozoma sahip tek yıllık otsu bir bitki olan mısır, tek evcikli (monoik) yani erkek ve dişi çiçekler aynı bitki üzerinde fakat ayrı ayrı yerlerde bulunmaktadır. Mısır bitkisini morfolojik özelliklerine bakıldığı zaman; kök, sap, yaprak, iek ve dane karakterlerinden oluştuğu gözlenmektedir. Morfolojik özelliklerden bitki boyu ve ilk koçan yüksekliği geniş ölçüde genetik faktörlerin etkisi altında olmaktadır (89). Kök sistemi gelişmiş olmasına rağmen esas kök sistemi, erken fide evresinde yaprağın ilk çıkışından sonra gövdenin toprak yüzeyinin 3-5 cm altındaki boğumlarından çıkan ek kök ve toprağın hemen üzerindeki 1-3. boğumdan çıkan destek köklerden oluşmaktadır (90).

Mısır bitkisinde erkek çiçekler tepe püskülü adı verilen, tepede salkım şeklindeki başakçıklar üzerinde toplanmış halde gözlenmektedirler. Dişi iekler ise gövdenin orta kısımlarında sap boğumundan çıkan koanlar üzerinde toplanmışlardır. Rüzgarın yardımıyla tepe erkek organlarında oluşan milyonlarca polen tanesi aşağıya koanların uçlarındaki dişicik tepelerine düşerek tozlanma yani döllenmeyi gerçekleştirmektedirler.



şekil 1.2. Mısır bitkisinin genel görünümü

Mısır danesinin yaklaşık % 6'sını en dış katman (kabuk veya kepek), % 11,5'ini embriyo ve geri kalan % 82,5'lik kısmını ise endosperm oluşturmaktadır. Dış katman daneyi dış etmenlere karşı korur ve hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Embriyo tek canlı kısım olup yağın önemli bir kısmını oluşturmakta ve endosperm ise çimlenen tohum için enerji (nişasta) ve protein kaynağını oluşturmaktadır. Mısır danelerinde % 67 nişasta, % 10 azotlu maddeler ve % 8 yağ bulunmaktadır. Mısırdaki genotiplerin morfolojik incelenmesinde dane rengi, dane şekli ve çiçeklenme süresinin kullanılabildiği belirtilmiştir (91). Mısırdaki sekiz farklı dane tipinin olduğunu (92), ve koçanda tane sayısının çevre şartlarından oldukça fazla etkilendiğini belirtmişlerdir (93). Bitkilerde verim asimilasyon hızı ve üretilen asimilat miktarı ile su, ışık, sıcaklık, karbondioksit ve bitki besin maddeleri gibi çevre faktörleriyle, hücre fizyolojisi, yaprak alanı ve şekli gibi morfolojik özelliklerini doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir (94).

Mısır tropikal bölgelerden deniz seviyesinin birkaç bin metre yüksekliğine kadar uzanan oldukça geniş bir iklim kuşağında yetişebilen bir bitkidir (93). Tropikal kökenli olmasına rağmen, Kanada, Şili, And dağları ve Amazon Ormanları gibi çok farklı iklimlerde ve coğrafik koşullarda da yetiştiği belirtilmiştir (95). Mısır sıcak bir iklim bitkisi olmasına rağmen aşırı sıcaklığa ihtiyaç duymaz ve hatta 38°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bitki zarar görmektedir.

Mısır üretimi için optimum sıcaklık değeri 24-32°C arasında olup, bitki 10-11°C'de ise çimlenmeye başlamakta ve sıcaklık 15°C'nin üzerine çıkmasında çimlenme hızı artmaktadır. Sıcaklığın 32°C'nin üzerine çıkması veya 9°C'nin altına düşmesi durumlarında ise bitkide kök uzamasının durmasına neden olmaktadır (96). Böylece sıcaklık artışı dereceli olarak bitkilerde büyümeyi arttırmasına rağmen, bitkinin optimum sıcaklık değerleri aşıldığında büyümede hızlı bir düşüş meydana gelmektedir (97). Mısır bitkisinin toprak seçiciliği fazla değildir, fakat en iyi gelişmeyi ve en yüksek verimi, organik madde ve besin maddelerince zengin, drenajı ve havalanması iyi olan topraklarda göstermektedir. Mısır bitkisi için en uygun topraklar hafif asidik karakterdeki topraklardır (98).

Tarımsal ürünlerden mısır bitkisi mevsimlik su gereksinimi fazla olan ve sulu koşullarda yetiştirilebilen bir ürün olduğu belirtilmiştir (99). Mısırın mevsimlik su tüketimi 500-800 mm arasında olup, toprakların su tutma kapasitesinin % 55'i tüketildiği zaman sulanması halinde verimin önemli ölçüde azalmasına neden olduğu gözlenmiştir (100).

Mısır için optimum ve minimum bağıl nem değerleri sıcaklığa ve alınabilen su miktarına bağlı olmakla birlikte; genel olarak nemin % 60'ın altına düşmemesi gerekmektedir. Mısır bitkisinin özellikle tozlanma dönemindeki düşük hava neminden olumsuz etkilenmesi dane bağlanmasının aksamasına ve transpirasyonla su kayıplarının artmasına neden olduğu belirtilmiştir.

Mısır yaprak boyutları ve toplam fotosentez yüzeyi bakımından tahıllar içerisinde en yüksek değere sahiptir (101). Mısır bitkisinde yaprakların yanı sıra yaprak kını, yaprak sapı, sap ve generatif organlar da fotosentez yapmakta ve besin maddesi üretimine önemli ölçüde destek vermektedir. Yaprakların yaşlanması ve sararmaya başlamasından itibaren bu organların fotosentetik etkinliği ve inorganik maddelerin mobilizasyonu azalmakta, yaşlanan organlar tüketici konumuna geçmektedir (102). Güneş ışığının büyük bir kısmı yaprak ayası tarafından tutulmakta ve diğer koşulların uygun olması durumunda ışık yoğunluğunun artması, fotosentez kapasitesinin doğal olarak yükselmesini sağlamaktadır. Işık yoğunluğundaki artışa paralel olarak asimilasyon yüzeyinin genişliği de fotosentetik etkinliği arttırmakta, bu nedenle alt yaprakları daha geniş olan mısır bitkisinin fotosentez aktivitesinin daha da yüksek olmasını sağlamaktadır (103).

Enerji depolama yeteneği açısından doğanın en mükemmel bitkilerinden biri olan mısırın, doğrudan insan ve hayvan besini olarak kullanılmasının yanında, hızla genişleyen endüstriyel kullanım alanlarıyla bugün tarıma dayalı endüstrinin de en önemli ham maddelerinden birisi konumuna geldiği belirtilmiştir (104). Dünya'da yetiştirilen mısır çeşitleri; at dişi mısır, sert mısır, cin mısır, kavuzlu mısır, unlu mısır, mumlu mısır ve tatlı mısır olmak üzere 7 grupta incelenmektedir (105).

Dünyada üretilen mısırın % 64'ü hayvan yemi, % 19'u insan gıdası olarak kullanılırken, ülkemizde bu oranlar sırasıyla % 45 ve % 41'dir (106). Ülkemizde

yetiştirilen mısırın % 35'i doğrudan insan gıdası, % 30'u hayvan yemi, % 20'si yem sanayinde ham madde olarak, % 10'u nişasta ve glikoz sanayinde ham madde ve % 5'i de tohumluk olarak kullanılmaktadır (107).

Kuraklık stresi, tüm dünyada mısır verimi ve kalitesini olumsuz şekilde etkileyen en önemli abiyotik streslerin başında geldiği bilinmektedir. Kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan Türkiye'de su kıtlığının küresel ısınma ile artacağı dikkate alındığında, mısır için sulamanın önemli olmasına neden olmaktadır (108). Türkiye küresel ısınmaya bağlı olarak, görülebilecek bir iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkeler arasında yer almaktadır. Yapılan araştırmalarda iklim değişikliği ve son dönemdeki yağış rejimlerinin değişmesi nedeniyle su kaynaklarının azalması kuraklık ve çölleşme ülkemizi olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Çevre şartlarına bağlı olarak tepe püskülünün uzaklaştırılmasının su stresi olmayan şartlarda koçan veriminde herhangi bir etkisi belirlenemezken, su stresi ve kuraklığın daha yoğun olduğu koşullarda koçan veriminde önemli bir azalmanın ortaya çıkacağı belirtilmiştir (109).

Türkiye'de mısır ekim ve üretiminin desteklenmesi nedeniyle ekim alanı ve üretim artmakta ve bu artışla İç Anadolu ve Güney Doğu Anadolu bölgelerinde mısır ekiminin artmasının yanında kıyı bölgelerinde ikinci ürün mısır üretiminin artmasında da etkili olmaktadır. Yüksek verim elde edebilmek için, verim üzerine etkili faktörler ile bunların etki derecelerinin ve aralarındaki ilişkilerin bilinmesi gerekmektedir (110,111). Mısır bitkisinde verimin artması veya azalması çeşide, yağış ve buharlaşma miktarına, toprağın hidrolik iletkenliğine bağlı olduğuna, özellikle suyun kıt olduğu bölgelerde mısır bitkisinde kısıtlı sulamanın verimde düşüşe neden olmadığını aksine su kullanım yeteneğinin arttığı belirtilmiştir (112).

Birim alandan yüksek gelir elde etmek ve verimi artırmak amacıyla yetiştirilecek bölgenin iklim ve toprak koşullarına uygun tohum çeşitleri belirlenmelidir (113). Bir bölgede hangi mısır çeşitlerinin yetiştirileceği; bölgenin ekolojik koşulları, ürünün hangi amaçla kullanılacağı ve tüketici tercihlerine bağlı olarak değişmektedir (114). Mısır çeşit grupları açısından farklı özelliklere sahip genotipler bulunurken uniform olgunlaşma gösteren iri koçanlı, sarı taneli, şeker

içeriği yüksek, hastalık ve zararlılara dayanıklı verimli çeşitler tercih edilmektedir (115). En yüksek hasat veriminin erken ekimlerden elde edildiği, ekim zamanı geçtikçe hasat veriminin azaldığı belirlenmiştir (116).

Modern mısır ıslahının temelleri 1900'lü yılların başında atılmış olmasına karşın mısır ıslahı çalışmaları ilk yıllarda açık tozlanan çeşitler ve çift melezler üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bitkilerin verim artışı melezleme çalışmaları sayesinde geliştirilmiş çeşitler ile sağlanabilmektedir. Yüksek verim potansiyeli dışında hastalık direnci, strese karşı dayanıklılık gibi özellikler de bitkinin sahip olduğu kalıtım tarafından belirlenmiştir (117).

Geliştirilen yeni mısır genotiplerinin daraltılmış sıra ve arttırılmış popülasyonlarda daha fazla verim potansiyellerine sahip oldukları belirtilmiştir (118-120). Araştırmacılar en ideal sıra arasını belirlemek amacıyla araştırmalar yapmışlardır. Araştırmalarda daha önceden kullanılan 102 cm'lik sıra arası mesafe (121), 76 cm sıra arası mesafeye düşürülmüştür. Tüm bu çalışmalar sonucunda 102 cm'den 72 cm'ye düşürülen ekimlerde, mısır verimlerinde % 6 ile % 8 arasında verim artışı olduğu görülmüştür (122). Çift sıra ekimde bitkilere daha fazla yaşam alanı düşmekte ve daha fazla ışıklanma alanı sağlanmaktadır (123).

Ülkemizde potansiyel tarım alanlarının 500 sınırına ulaşmış olması nedeniyle, ekim alanlarını genişleterek üretimi arttırma imkanı bulunmamaktadır. Bu nedenle yüksek üretim için birim alandan alınabilecek verimi en yüksek seviyeye çıkarmak gerekmektedir. Sulama ile sağlanan elverişli su düzeni, gübreleme ile elde edilen yüksek toprak verimliliği ve yeni melezlerin genetik potansiyelleri ile birleştirildiğinde yüksek verim değerlerine ulaşılabilir.

Makineli hasat için ilk koçan bağlama yüksekliği önemli bir özellik olup, şeker mısırında kardeşlerin koparılmasıyla ilk koçan yüksekliğinin düştüğü ve bu düşüşün bitki boyunda oluşan kısalmadan kaynaklandığı belirtilmiştir (124). Mısırın endüstride kullanımı diğer tahıllara göre artmış, gün geçtikçe de artmaya devam etmektedir. Bunun en önemli sebepleri; birim alandan yüksek verim alınması, yetiştirme tekniği, hasat, nakliye ve depolama gibi işlemlerin diğer türlere göre daha

kolay olmasından kaynaklanmaktadır. Son yıllarda yakıt olarak kullanılması mısır bitkisine olan ihtiyacın daha da artmasına neden olmuştur.

2050 yılına kadar artan dünya nüfusu ihtiyacının karşılanması için sadece söz konusu üç önemli tahıl (mısır, buğday ve çeltik) bitkisinin üretiminin % 70 civarında artırılması gerektiği belirtilmiştir (125).

1.4. BUĞDAY BİTKİSİ

Alem	: Plantae
Bölüm	: Magnoliophyta
Sınıf	: Liliopsida
Takım	: Poales
Familya	: Poaceae
Cins	: Triticum L.
Tür	: <i>Triticum aestivum</i> L. (buğday)

Tablo 1.3. Buğday bitkisinin sınıflandırılması

Dünya’da tarımsal faaliyetlerin başlangıcının 10.000 yıl öncesine kadar dayandığı ve bu tarımsal faaliyetler içerisinde yer alan buğdayın bu çağlarda ilk olarak, bugünkü Suriye, Türkiye’nin güneydoğusu ve İran’ın belirli kısımlarını içine alan Mezopotamya bölgesinde yetiştirilmeye başlandığı bilinmektedir. Günümüzde Dünya’nın farklı bölgelerine yayılmış ve farklı çevrelere uyum göstermiş 20.000’in üzerinde *Triticum aestivum* L. türüne ait çeşit bulunduğu belirtilmektedir.

Dünya genelinde buğday bitkisi; tek yıllık, vejetasyon süresi 120-150 gün olan ve günlük ortalama optimum sıcaklık isteği 20°C civarında olan bir bitki çeşididir (126-128). Kromozom sayısı diploid, tetraploid ve hekzaploid olmak üzere kullanım alanlarına göre 3 farklı şekilde sınıflandırılmakta ve hekzaploid buğdaylar ekmek yapımında, tetraploid buğdaylar ise makarna yapımında kullanılmaktadırlar. Diploid buğdaylar ise günümüzde herhangi bir kullanım alanına sahip değildir (129).

Buğday üretimi kuzey kutbundan ekvatora kadar geniş bir alanda (deniz seviyesinden 3000 m yükseğe kadar) yapılabilir. Diğer besinlere göre adaptasyon sınırı oldukça geniş bir bitkidir. Buğday, kültürü yapılan bitkiler içerisinde en geniş adaptasyon alanına sahip bir bitkidir (130). Buğdayda kaliteyi oluşturan fiziksel, kimyasal ve teknolojik özellikler iklim ve toprak gibi çevre koşulları üzerinde önemli etkisinin bulunduğu belirtilmiştir (131).



Şekil 1.3. Buğday bitkisinin genel görünümü

Buğday yetiştirme dönemlerinin başlarında düşük sıcaklık ve bol nemli hava seven bir bitki olup, aynı zamanda çimlenme ve kardeşlenme dönemindeki sıcaklık 5-10°C, nem ise % 60 civarındadır. Buğday gelişmesinin ikinci devresi olan sapa kalkmada ise 10-15°C sıcaklık ve % 65 oranında nispi nem isteği olmaktadır.

Buğday bitkisi her çeşit toprakta yetiştirmekle birlikte genellikle yüksek verimlerin, killi, tınlı-killi, humusça zengin topraklardan alındığı belirtilmektedir. Buna karşılık makarnalık buğdayların ekmeklik buğdaylara göre daha fakir topraklarda yetiştirilebilmesi mümkün olmaktadır (132).

Buğday genellikle yağışlı ve sulanan alanlardan elde edilen tane verimi yüksek fakat protein oranı düşük olmaktadır. Yağış oranının düşük olduğu alanlarda ise protein oranının yükseldiği görülmektedir. Bu durumda yüksek tane verimi yanında yüksek protein içeriğine sahip genotipleri geliştirmek için bitki ıslahı ve azotlu gübreleme yöntemleri kullanılmıştır (133). İklim koşullarına bağlı olarak tanenin olgunlaşma periyodu uzarsa, tanede nişasta birimi fazla olacağından; tanede protein miktarının oransal olarak düşmesine neden olmaktadır (134).

Buğdayda kalitenin oluşmasında, protein miktar ve kalitesi birinci derecede rol oynayan bir özelliktir (135). Buğdayın kullanım alanını belirleyen en önemli özellik, buğdayın içerisinde bulunan protein oranına bağlı olarak değişmektedir (136). Yüksek verim için bitkiler makro ve mikro besin elementlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Fosforlu gübreler tane veriminin ve tanenin kalitesinin yükselmesinde oldukça etkili olmaktadır. Ayrıca fosfor bitkisinin kök gelişiminin üzerine de önemli etkisi bulunmaktadır. Fosfor uygulamasına bağlı olarak kök gelişimi artmakta ve böylece kökün topraktaki yüzeyi artmakta ve buna bağlı olarak da bitkinin diğer besin maddelerinden yararlanma olanağı sağlanmaktadır (137).

Buğday çeşitleri genel olarak optimum koşullarda yüksek verim veren bitkilerdir. Kuraklık gibi stres şartlarına karşı geliştirilen dayanıklı çeşit sayısı az miktarda bulunmaktadır (138). Sapa kalkma döneminde meydana gelen kuraklık başakçık sayısı ve başakta dane sayısının azalmasına neden olmaktadır (139). Fakat çimlenme ve dane doldurmada meydana gelen kuraklık, fertil başakçık sayısında düşüşe ve daneye kuru madde taşınımında gerilemeye yol açarak verimliliğin düşmesine neden olmaktadır (140). Vejetatif dönemlerinde kuraklığa maruz kalan bitkilerin, çiçeklenme sonrası kuraklığa maruz kalan bitkilere göre, tane üretimi için daha az suya ihtiyaç duyduğu ve olgunlaşmaya kadar ki kurak koşullara daha iyi uyum sağladıkları belirtilmiştir (141).

İnsanların değişen tüketim alışkanlıkları ve gelişen teknolojiye bağlı olarak, buğday ürünleri çeşitlenmekte ve tüketici istekleri de değişmektedir. Buğdayın en yaygın olarak un, ekmek, makarna, irmik, bisküvi, bulgur ve erişte gibi tüketim alanlarında kullanılmaktadır. Buğday, insan beslenmesinin yanı sıra hayvan beslenmesinde de çok önemli bir yere sahip olmaktadır (142). Buğdayın sap kısmı ise kağıt-karton sanayisinin ham maddesi olarak kullanılmakta (143) ve son yıllarda tarım teknolojisindeki gelişmelere ve buğday ürünlerine olan talebin artışına paralel olarak endüstride ham madde olarak kullanılması da artmasını sağlamaktadır (144). Değişik ekolojiler için, verim ve kalitesi yüksek ıslah hatlarının belirlenmesi amacıyla ülkemizin farklı bölgelerinde birçok araştırma yapılmış ve bu araştırma sonuçlarında özellikle kalitenin çevresel şartlardan oldukça etkilendiği belirtilmiştir (145-153).

Küresel ısınma ve diğer faktörler nedeniyle ülkemizde de pek çok tarım alanı kuraklığa maruz kalma tehlikesi içinde olduğundan, kuraklığın ülkemizde yetiştirilen tahıllar üzerindeki etkileri ve kuraklığa karşı oluşan fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerin anlaşılması için araştırılmasına olan gereksinim artmıştır. Her iki tahılın da verimi özellikle çevresel streslere ve en önemlisi kuraklığa bağlı olarak gün geçtikçe azalmaktadır. Bu çalışma ile mısır ve buğday bitkilerinin bazı çeşitlerinin PEG 6000 ile oluşturulan farklı şiddetteki kuraklık streslerine tepkilerini biyokimyasal ve fizyolojik parametreler ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Kuraklık stresi sonunda incelenen parametreler ile bitkiler arasındaki farklar ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Tez kapsamında buğday (Gelibolu, Aldane) ve mısır (Sakarya, Ada-9516) tohumları içerisinde perlit bulunan saksılara ekilerek, 25°C sıcaklıkta, 16 saat ışık/ 8 saat karanlık fotoperiyotta ve $250 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğunda, % 40-50 nemde, kontrollü iklim kabininde 7 gün süre ile büyütülmüştür. Ardından buğday ve mısır çeşitlerine 5 gün süreyle uygulanan farklı kuraklık uygulamalarının (-0.4 ve -0.8 MPa) etkileri ve bu strese karşı oluşturulan cevaplar esas alınarak bitkiler çeşitli parametreler ile belirlenen (gövde boyu, yaprak sayısı, taze ve kuru ağırlık, iyon sızıntısı ve hidrojen peroksit, antosiyanin ve flavonoid miktarı) kuraklığa dayanıklılıklarına ve uyum yeteneklerine göre sınıflandırılmaya çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. ARAŞTIRMA MATERYALİ VE YÖNTEM

Çalışmalarda kullanılan mısır (*Zea mays* L.) ve buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerine ait tohumlar Trakya Merkez Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Araştırmada, mısır çeşitleri olarak Sakarya ve Ada-9516 kullanılırken buğday çeşitleri olarak Gelibolu ve Aldane çeşitleri kullanılmıştır.

Tohumlar ekilmeden önce, kabuk sterilizasyonunu sağlamak amacıyla % 20'lik teknik sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisi ile 20 dakika muamele edilmiş ve distile su ile 3 kere yıkanmıştır (Şekil 2.1). Tohumlar, yıkama işleminden sonra, 12 saat distile suda şişmeye bırakılmıştır.



Şekil 2.1. Araştırmada kullanılan mısır (Sakarya ve Ada-9516) ve buğday (Gelibolu ve Aldane) çeşitlerinin kabuk sterilizasyonu sırasındaki genel görünimleri

Şişmeden sonra tohumları çimlendirmek için benzer morfolojiye ve büyüklüğe sahip 2 tahıla ait 100'er tohum içerisinde filtre kağıdı bulunan uygun boyuttaki petrilere yerleştirilmiştir. Petriler tohumlar çimlenene kadar 25°C'de kontrollü iklim kabininde karanlıkta 3 gün boyunca bekletilmiştir. Çimlenmeden sonra benzer morfolojiye ve büyüklüğe sahip 2 tahıla ait 3'er tohum her uygulamaya üçer saksı olacak şekilde (toplamda 24 saksı) yeterli miktarda perlit içeren plastik saksılara 18'er tohum olmak üzere ekilmiştir (Şekil 2.2). Saksılar büyüme ortamında (kontrollü iklim kabininde) rasgele deneme desenine göre yerleştirilmiştir. Her bir saksının gün aşırı olarak ağırlıkları (dara+perlit) alınmış ve saksılar son ağırlıkları

tarla kapasitesine gelecek şekilde $\frac{1}{2}$ kuvvet Hoagland (154) çözeltisi ile sulanmışlardır. Çalışmada kullanılan Hoagland çözeltisinin stok ve seyreltik miktarları Tablo 2.1’de görülmektedir. Hazırlanan Hoagland çözeltisinin stokları cam şişelerde ve buzdolabında saklanmıştır. FeEDTA sulandırılmış çözelti hazırlanırken eklenmiştir. Çözeltinin pH’sını 5,7 ile 5,8 aralığında ayarlamak için 0.05 M’lık KOH çözeltisi kullanılmıştır.



Şekil 2.2. Buğday (Gelibolu, A; Aldane, B) ve mısır (Sakarya, C; Ada-9516, D) çeşitlerine ait filizlerin çimlenmenin 3. günü petrilere saksılara ekim görünümleri

Ekim yapılan saksılar, 25°C’de, % 40-50 nemde, 16 saat ışık/ 8 saat karanlık fotoperiyodunda, 250 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğunda, kontrollü iklim kabininde 4 gün büyütülmüşlerdir.

Bitkilerden stres grubundakilerin besin çözeltilerine ön çalışma ile belirlenmiş olan -0.4 ile -0.8 MPa değerinde polietilen glikol (PEG 6000) eklenmiş, böylece kuraklık stresi bitkilere uygulanmaya başlanmıştır. -0.4 ve -0.8 MPa değerinde

polietilen glikol çözeltisi Michel ve Kaufmann (155)'ın formülüne göre hesaplanmıştır.

$$W = - (1.18 \cdot 10^{-2}) \cdot C - (1.18 \cdot 10^{-4}) \cdot C^2 + (2.67 \cdot 10^{-4}) \cdot C \cdot T + (8.39 \cdot 10^{-7}) \cdot C^2 \cdot T$$

C: PEG Konsantrasyon g/Kg

T: Sıcaklık

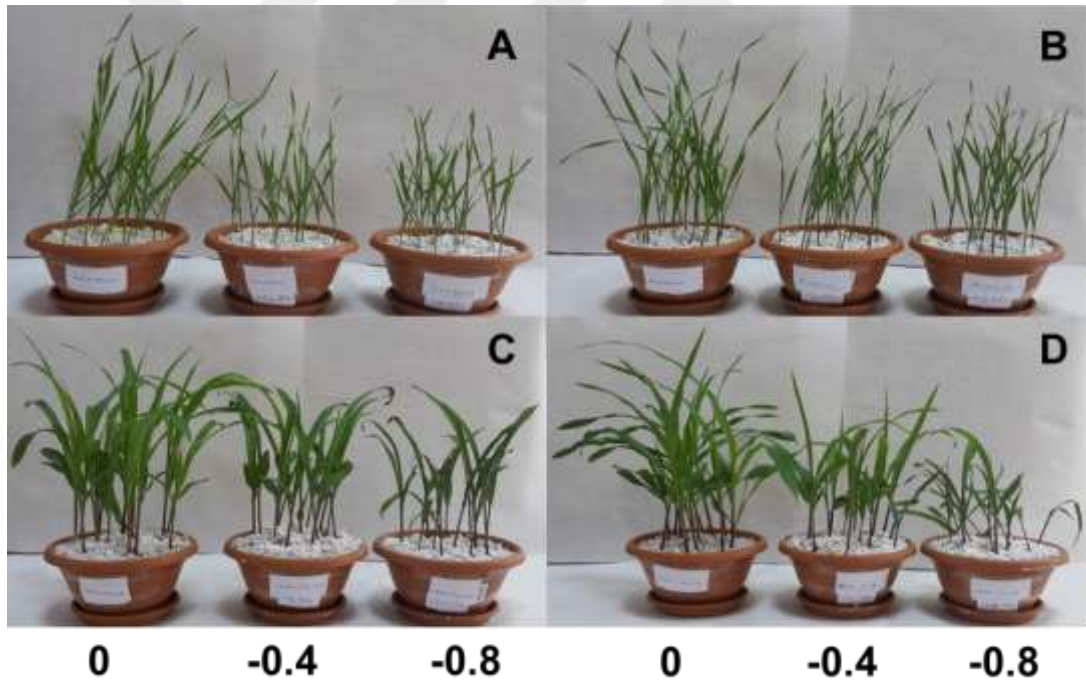
Kontrol grubundaki bitkiler ½ kuvvet Hoagland çözeltisi ile sulanmaya devam edilmiştir. Stres grupları 5 gün boyunca farklı şiddette kuraklığa maruz bırakılmışlardır. Araştırma 12. günde sonlandırılmış (Şekil 2.3 ve 2.4) ve bütün bitkiler perlit yüzeyinden kesilerek hasat edilmiştir.

	ELEMENTLER	100 lt'lik çözeltideki miktar (1 lt stok için)	Seyreltik ½ kuvvetteki Hoagland için çekilecek ml 10lt
Makro elementler	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	82.1g	50ml
	KNO ₃	50.6g	50ml
	KH ₂ PO ₄	13.6g	50ml
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	12g	50ml
Mikro elementler	MnCl ₂ ·4H ₂ O	180mg/100lt	50ml
	H ₃ BO ₃	290mg/100lt	
	ZnCl ₂	12mg/100lt	
	CUCl ₂ ·2H ₂ O	5mg/100lt	
	FeEDTA		0.365g

Tablo 2.1. Hoagland kültür çözeltisinin kullanım tablosu



Şekil 2.3. Yetiştirilen 12 günlük buğday ve mısır çeşitlerinin kontrollü iklim kabinindeki genel görünüşleri



Şekil 2.4. 5 gün süre ile farklı konsantrasyonlarda (kontrol, -0.4, -0.8 MPa) PEG uygulanmış buğday (Gelibolu, A; Aldane, B) ve mısır (Sakarya, C; Ada-9516, D) çeşitlerinin görünüşleri

2.2. ÖLÇÜM VE ANALİZLER

2.2.1. Gövde Boyu ve Yaprak Sayısı

Kontrol ve tüm stres gruplarındaki bitkilerden 6 adet bitki ($n=6$) seçilmiş, her bitkinin kök boğazından sürgün ucuna olan gövde boyu (mm bitki^{-1}) ölçülmüştür. Ayrıca, bu bitkilerin yaprakları sayılarak bitkideki yaprak sayısı ($\sqrt{\text{adet bitki}^{-1}}$) belirlenmiştir.

2.2.2. Taze ve Kuru Ağırlık Analizleri

Kontrol ve tüm stres gruplarındaki bitkiler her bir uygulama sonunda 3 tekrarlı ($n=3$) olacak şekilde tartılarak taze ağırlıkları (g bitki^{-1}) belirlenmiştir. Taze ağırlığı belirlenen bitkiler, 80°C 'lik etüvde 48 saat kurutulmuş ve ağırlıkları yeniden tartılarak kuru ağırlıkları (g bitki^{-1}) belirlenmiştir.

2.2.3. Yapraklardaki Nispi (Oransal) Su İçeriğinin Tayini

Kontrol ve tüm stres gruplarındaki bitkilerin yaprak dokularındaki nispi su içeriği tayini için, bitkilerden 3 tekrarlı ve her bir tekrardan 2 bitki olmak üzere 6 adet bitkiden alınan 1 cm'lik yaprak segmentleri ($n=6$) tartılarak (taze ağırlık) 5 ml distile su içeren falkon tüplere konulmuş ve oda sıcaklığında, 24 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda turgor (hidrate) haline gelen segmentler, yeniden tartılarak turgor durumundaki ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra bu segmentler 80°C 'lik etüvde 48 saat kurutulularak tekrar tartılmış ve kuru ağırlıkları saptanmıştır. Yaprak dokularındaki nispi (oransal) su içeriği (%) Farrant (156)'a göre hesaplanmıştır:

$$\text{NSİ (\%)} = (\text{TA} - \text{KA}) / (\text{HA} - \text{KA}) \times 100$$

Burada, TA, taze ağırlığı; HA, hidrate (turgor) ağırlığı ve KA, kuru ağırlığı ifade etmektedir.

2.2.4. Yapraklardaki İyon Sızıntısı Oranının Belirlenmesi

Yaprak dokularındaki iyon sızıntısı oranının analizi için Redmann ve ark. (157)'nin metodu modifiye edilmiştir. Kontrol ve stres grubundaki bitkilerden alınan taze yapraklardan 1 cm'lik 2'şer adet segment 6 tekrarlı olarak ($n=6$) 10 ml distile su

içeren falkon tüplere konulmuştur. Tüpler 24 saat bekletilmiş ve 24 saat sonunda tüplerden çıkarılan segmentler kaynamakta olan suya konulmuştur. Tüplerdeki çözeltilerden alınan örneklerin spektrofotometrede 280 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur (A₂₈₀). Okumadan sonra segmentler tekrar ilgili tüplere konularak 24 saat daha bekletilmiş ve 24 saat sonunda segmentler tüplerden çıkartıldıktan sonra tüpte kalan çözeltilerin absorbans değerleri spektrofotometrede 280 nm dalga boyunda okunmuştur (A'₂₈₀). İyon sızıntısı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{İyon sızıntısı} = A_{280}/A'_{280}$$

2.2.5. Yapraklardaki Hidrojen Peroksit (H₂O₂) Miktarının Belirlenmesi

Yaprak dokularında oksidatif stres sonucu oluşan ve bir aktif oksijen çeşidi olan hidrojen peroksit (H₂O₂)'in miktarı Esterbauer ve Cheeseman (158)'in metodu kullanılarak belirlenmiştir. Kontrol ve stres grubundaki bitkilerden alınan 0.05 g yaprak örneği 2 ml %0.1 trikloroasetik asit (TCA) ile 4°C'de homojenize edilmiştir. Homojenat 10000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilmiş ve elde edilen süpernatandan cam tüpe alınan 0.5 ml üzerine 0.5 ml pH'sı 7.6 olan 0.1 M Tris/HCl tamponu ve 1 ml 1 M KI eklenmiştir. Reaksiyon karışımı 90 dk karanlıkta bekletilmiş ve absorbans değerleri 390 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Kör olarak içinde 0.5 ml %0.1 TCA, 0.5 ml pH'sı 7.6 olan 0.1 M tris/HCl tamponu ve 1 ml 1 M KI bulunan çözelti kullanılmıştır. Yapraklardaki H₂O₂ miktarı nmol g TA⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

2.2.6. Yapraklardaki Pigment İçeriklerinin Belirlenmesi

Antosiyanin içeriği Mancinelli ve ark. (159)'ına göre belirlenmiştir. Yaprak dokularındaki antosiyanin miktarını (mg ml⁻¹ gTA⁻¹) belirlemek için ependorf tüplerine alınan segmentler (n=3) tartıldıktan sonra, üzerlerine 500 µl % 79 metanol, % 20 distile su ve % 1 HCl'den oluşan karışım eklenerek ezilmiştir. Ezme işleminin tamamlanmasından sonra tüplere aynı karışımdan 500 µl daha eklenmiştir. Bu işlem sonunda örneklerin absorbansları spektrofotometrede 530 ve 657 nm dalga boylarında okunmuştur. Antosiyanin miktarları A₅₃₀–(A₆₅₇/3) formülüne göre hesaplanmıştır.

Flavonoid miktarı ise Mirecki ve Teramura (160)'ya göre belirlenmiştir. Yaprak dokularındaki flavonoid miktarını kontrole göre yüzde olarak belirlemek için tartılan 0.1 g taze yaprak örneği (n=3) küçük parçalara ayrılmış, üzerlerine 6 ml % 79 metanol, % 20 distile su ve % 1 HCl'den oluşan karışım eklenerek havanda ezilmiştir. Ezme işleminin tamamlanmasından sonra ependorf tüplere alınan örnekler 4°C'de 10000 rpm'de 20 dakika santrifüjlenmiş ve süpernatant kısmı toplanarak spektrofotometrede 300 nm dalga boyunda absorbanları ölçülmüştür. Kontroller 100 kabul edilip kontrole göre artış yüzde olarak hesaplanmıştır.

2.2.7. İstatistiksel Analizler

Denemeler, rasgele deneme deseninde, 3 tekrarlı ve her bir tekrarda da 3 bitki (n=9) olmak üzere düzenlenmiştir. Kesikli veriler, bitkilerin yaprak sayıları gibi, karekök dönüşümleri yapılarak sürekli bir ölçeğe taşınıp normallik varsayımları altında istatistiksel analizleri yapılmıştır (161). Denemelerden elde edilen verilere, istatistik paket programı (SPSS) kullanılarak istatistiki varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Her bir değişken için uygulamalar ile çeşitler arasındaki farkın önem kontrolü Anlamlı Önemli Fark (AÖF) % 5 düzeyinde hesaplanmıştır.

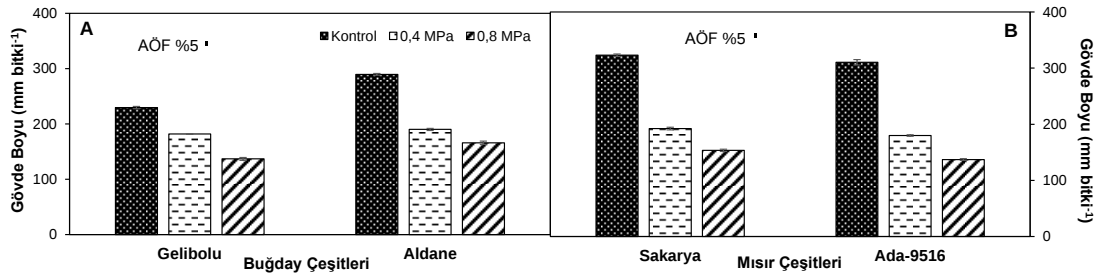
3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. KURAKLIK UYGULAMALARININ, MISIR VE BUĞDAY ÇEŞİT VE HATLARININ BAZI MORFOLOJİK ve FİZYOLOJİK PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ

3.1.1. Gövde Boyu Üzerine Etkisi

Farklı konsantrasyonlarda PEG 6000 uygulanması (kontrol, -0.4 ve -0.8 MPa) sonucu kuraklık stresine maruz bırakılan buğday ve mısır bitkilerine ait çeşitlerin gövde boylarında belirgin azalmaların olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.1).

Kuraklığın buğday çeşitlerinin gövde boyu üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.1A) Aldane’de -0.4 ve -0.8 MPa kuraklık uygulamaları kontrol grubuna göre gövde boyunu sırasıyla % 34.5 ve % 42.8 oranında azaltmıştır. Gelibolu çeşidinde ise bu azalma gövde boyunun kendi kontrolüne göre her iki kuraklık uygulaması için sırasıyla % 20.9 ve % 40.4’tür. -0.4 MPa’lık hafif şiddetteki kuraklık uygulamasını -0.8 MPa’lık şiddetli kuraklık uygulamasına göre çeşitlerin gövde boyu üzerine etkisine bakıldığında; Gelibolu çeşidinin gövde boyu Aldane çeşidine göre şiddetli kuraklıktan daha çok etkilenmiştir.



Şekil 3.1. Farklı konsantrasyonlarda (kontrol, -0.4, -0.8 MPa) uygulanmış kuraklık şiddetinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin gövde boyu üzerine etkisi. Her veri altı tekrarın ortalamasıdır ve hata çubukları standart hatayı ($\pm$ SH) temsil etmektedir.

Kuraklığın mısır çeşitlerinin gövde boyu üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.1B) Sakarya’da -0.4 ve -0.8 MPa kuraklık uygulamalarının gövde boyunu kendi kontrol grubuna göre sırasıyla % 40.6 ve % 52.3 oranında azalttığı belirlenmiştir. Ada-9516 çeşidinde ise gövde boyları kendi kontrol gruplarına göre -0.4 MPa’da %

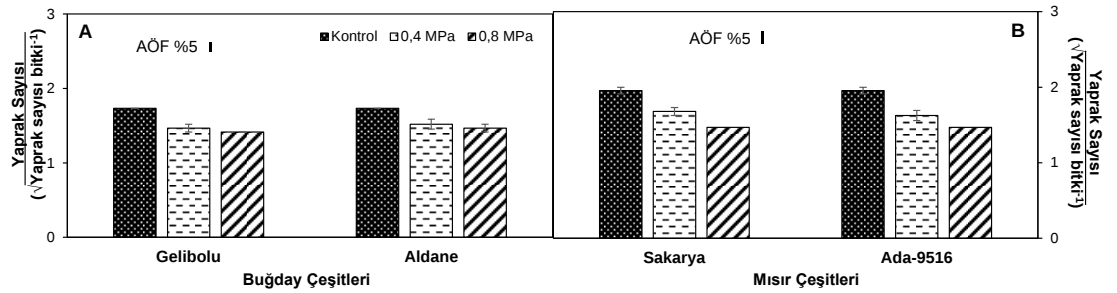
42'lik bir azalma meydana gelirken, -0.8 MPa'da % 55.9'luk bir azalma olmuştur. -0.4 MPa'lık hafif şiddetteki kuraklık uygulamasının -0.8 MPa'lık şiddetli kuraklık uygulamasına göre çeşitlerin gövde boyu üzerine etkisine bakıldığında; Ada-9516 çeşidinin gövde boyu Sakarya çeşidine göre şiddetli kuraklıktan daha çok etkilenmiştir.

Mısır ve buğday bitkilerini karşılaştırdığımızda; her iki kuraklık şiddetinde de mısır çeşitleri buğday çeşitlerine göre kuraklıktan daha fazla etkilendiği görülmüştür.

3.1.2. Yaprak Sayısı Üzerine Etkisi

Kuraklık stresinin buğday ve mısır çeşitlerinin yaprak sayısı üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.2); yaprak sayısı tüm çeşitlerinin stres ve kontrol gruplarında azalmış ve bu azalma kontrol gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Kuraklığın buğday çeşitlerinin yaprak sayısı üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.2A); Gelibolu'da -0.4 ve -0.8 MPa kuraklık uygulanmış grupların kendi kontrol grubuna göre yaprak sayısı sırasıyla % 15 ve % 18.5 oranında azalmıştır. Aldane'de ise bu oran sırasıyla % 12 ve % 15 olarak belirtilmiştir. -0.4 MPa'lık hafif şiddetteki kuraklığı -0.8 MPa'lık şiddetli kuraklığın buğday çeşitlerinin yaprak sayısı üzerindeki etkisine bakıldığında; her iki türde de aynı oranda fakat istatistiksel olarak anlamsız azalma olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.2. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin yaprak sayıları üzerine etkisi. Her veri altı tekrarın ortalamasıdır ve hata çubukları standart hatayı ($\pm SH$) temsil etmektedir.

Mısır çeşitleri üzerindeki etkisi incelendiğinde (Şekil 3.2B); Sakarya'da -0.4 ve -0.8 MPa kuraklık uygulanmış gruplar kontrol gruplarına göre yaprak sayısındaki

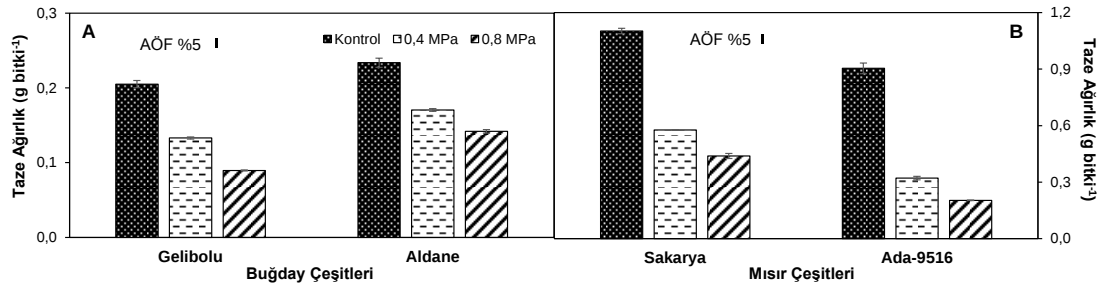
azalmalar sırasıyla % 14.3 ve % 25 iken, Ada-9516'da bu oran % 16.8 ve % 25 olarak belirtilmiştir. -0.4 MPa'lık hafif ve -0.8 MPa şiddetli kuraklık, her iki mısır çeşidinin yaprak sayılarında azalmalara neden olmuştur; fakat bu azalmalar sadece Sakarya çeşidinde istatistiksel olarak önemlidir.

Mısır ve buğday çeşitlerinde kuraklığın yaprak sayısı üzerine etkisini değerlendirdiğimizde; mısır çeşitlerinin buğday çeşitlerine göre şiddetli kuraklıktan daha fazla etkilendiği görülmüştür.

3.1.3. Taze Ağırlık Üzerine Etkisi

Kuraklık stresinin buğday ve mısır bitkilerinin taze ağırlığı üzerine etkisi incelendiğinde; tüm genotiplerin taze ağırlıklarının kuraklık şiddetindeki artışa bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Şekil 3.3). Mısır ve buğday çeşitlerinin kuraklığa bağlı olarak taze ağırlıklarında meydana gelen bu azalma istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Kuraklık stresinin buğday çeşitlerinin taze ağırlığı üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.3A); Gelibolu'da -0.4 ve -0.8 MPa kuraklık uygulanmış grupların taze ağırlıkları kendi kontrollerine göre sırasıyla % 38.1 ile % 57.1 azalırken, Aldane'de bu oranın % 26.1 ile % 39.1 olduğu görülmüştür. Gelibolu çeşidinin Aldane'ye göre kuraklık stresinden daha çok etkilendiği belirlenmiştir.



Şekil 3.3. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin taze ağırlığı üzerine etkisi. Her veri üç tekrarın ortalamasıdır ve hata çubukları standart hatayı ($\pm$ SH) temsil etmektedir.

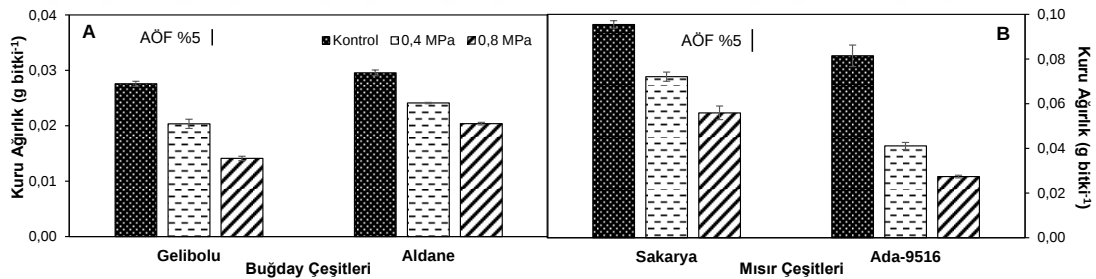
Kuraklık stresinin mısır çeşitlerinin taze ağırlığı üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.3.B); Sakarya'da -0.4 ve -0.8 MPa kuraklığa maruz bırakılmış gruplar

kontrol grubuna göre % 47.3 ve % 60 azalma gösterirken, Ada-9516 da bu oranın sırasıyla % 64.4 ve % 77.8 olduğu tespit edilmiştir. -0.4 MPa'lık hafif şiddetteki kuraklık uygulamasının -0.8 MPa'lık şiddetli kuraklık uygulamasına göre çeşitlerin taze ağırlık üzerine etkisine bakıldığında; Sakarya çeşidinin taze ağırlığı Ada-9516 çeşidine göre şiddetli kuraklıktan daha çok etkilenmiştir.

Genel olarak mısır ve buğday bitkilerini karşılaştırdığımızda kuraklık şiddetinin mısır bitkilerinin taze ağırlığı üzerine daha fazla etki etmiştir.

3.1.4. Kuru Ağırlık Üzerine Etkisi

Buğday ve mısır çeşitlerinin kuru ağırlıklarında kuraklık şiddetine bağlı olarak azalmalar meydana gelmiştir (Şekil 3.4). -0.4 ve -0.8 MPa'lık kuraklık uygulamalarının kuru ağırlık üzerine etkisi buğday çeşitlerinde incelendiğinde kendi kontrol gruplarına göre sırasıyla Gelibolu da % 28.6 ile % 50 oranında azalma meydana gelirken, bu oran Aldane'de % 20 ile % 33.3'tür (Şekil 3.4.A). -0.4 MPa'lık hafif şiddetteki kuraklık uygulamasının -0.8 MPa'lık şiddetli kuraklık uygulamasına göre çeşitlerin kuru ağırlıkları üzerine etkisine bakıldığında; Gelibolu çeşidinin kuru ağırlığı Aldane çeşidine göre şiddetli kuraklıktan daha çok etkilenmiştir.



Şekil 3.4. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin kuru ağırlıkları üzerine etkisi. Her veri üç tekrarın ortalamasıdır ve hata çubukları standart hatayı ($\pm SH$) temsil etmektedir.

Kuraklık stresinin mısır çeşitlerinin kuru ağırlık üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.4.B); -0.4 ve -0.8 MPa'lık kuraklık şiddetleri kendi kontrol gruplarına göre Sakarya'da sırasıyla % 25 ile % 41.7 ve Ada-9516'da % 50 ile % 67.1'lik azalma meydana getirmiştir. Kuru ağırlıklarında meydana gelen bu azalma miktarları Ada-

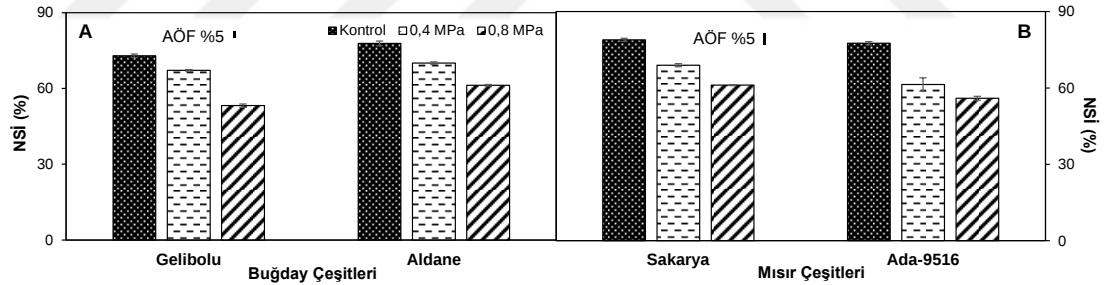
9516 çeşidinin Sakarya çeşidine göre kuraklık stresinden daha fazla etkilendiğini göstermiştir.

Mısır ve buğday bitkilerini karşılaştırdığımızda; mısır çeşitlerinin buğday çeşitlerine göre kuraklık uygulamalarından daha fazla etkilendiği belirlenmiştir.

3.1.5. Yaprak Nispi (Oransal) Su İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı yoğunluktaki kuraklık uygulamalarına maruz bırakılan buğday ve mısır bitkilerine ait çeşitlerin nispi su içeriklerinde önemli azalmaların olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.5).

Kuraklık stresinin buğday çeşitlerinin yaprak oransal su içeriği üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.5A); Gelibolu’da -0.4 ve -0.8 MPa kuraklık uygulamalarında kendi kontrol gruplarına göre oransal su içeriği % 7.9 ve % 27 oranında azalırken, Aldane’de ise bu oran sırasıyla % 10 ile % 21.3’tür. -0.4 MPa’lık hafif şiddetteki kuraklık uygulamasının -0.8 MPa’lık şiddetli kuraklık uygulamasına göre çeşitlerin yaprak oransal su içeriği üzerine etkisine bakıldığında; Gelibolu çeşidinin yaprak oransal su içeriği Aldane çeşidine göre şiddetli kuraklıktan daha çok etkilenmiştir.



Şekil 3.5. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin yaprak nispi (oransal) su içeriği üzerine etkisi. Her veri üç tekrarın ortalamasıdır ve hata çubukları standart hatayı ($\pm SH$) temsil etmektedir.

Kuraklık stresinin mısır çeşitlerinin yaprak oransal su içeriği üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.5B); -0.4 ve -0.8 MPa kuraklık uygulamaları kendi kontrol gruplarına göre nispi su içeriğindeki azalma Sakarya’da % 12.6 ve % 22.5 iken Ada-9516’da % 20.9 ve % 27.8 olarak hesaplanmıştır. Farklı yoğunluktaki kuraklık

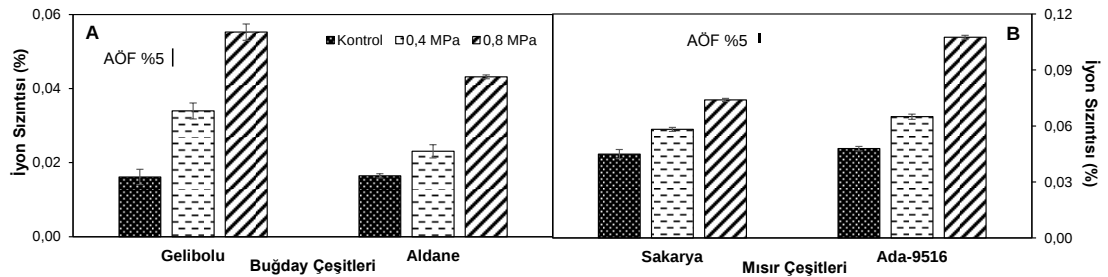
uygulamaları mısır çeşitlerinin tümünde kontrol gruplarına göre nispi su içeriklerinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalara neden olmuştur.

Buğday ve mısır çeşitleri karşılaştırıldığında; hafif şiddetteki kuraklık en fazla Ada-9516'yı etkilediği görülmüştür. Fakat kuraklık şiddeti arttıkça en fazla azalma Gelibolu çeşidinde olmuştur.

3.1.6.Yaprak Dokusundaki İyon Sızıntısı Üzerine Etkisi

Farklı konsantrasyonda (-0.4 ve -0.8 MPa) kuraklık uygulanmış buğday ve mısır bitkilerinin çeşitlerinde iyon sızıntısı oranı istatistiksel olarak önemli derecede arttığı saptanmıştır (Şekil 3.6).

Kuraklık stresinin buğday çeşitlerinin yaprak dokusundaki iyon sızıntısı üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.6A); Gelibolu'da -0.4 ve -0.8 MPa'lık kuraklık şiddeti kendi kontrol gruplarına göre yaprak dokusundaki iyon sızıntısını % 111.4 ve % 242.3 arttığı belirlenmiştir. Aldane'de ise -0.4 MPa kuraklık şiddeti yaprak dokusundaki iyon sızıntısını % 40.3 oranında artmasına neden olmuştur. -0.8 MPa kuraklık şiddeti Aldane'de kendi kontrol grubuna göre yapraklardaki iyon sızıntısını % 162.8 artırdığı belirlenmiştir.



Şekil 3.6. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin yaprak dokularındaki iyon sızıntı oranı üzerine etkisi. Her veri üç tekrarın ortalamasıdır ve hata çubukları standart hatayı ($\pm$ SH) temsil etmektedir.

Kuraklık stresinin mısır çeşitlerinin yaprak dokusundaki iyon sızıntısı üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.6B); Sakarya'da -0.4 ve -0.8 MPa'lık kuraklık uygulamaları yapraklardaki iyon sızıntısını kendi kontrol gruplarına göre sırası ile % 29.5 ve % 64.6 oranında arttığı tespit edilmiştir. Ada-9516'da -0.4 MPa'lık

kuraklık uygulaması kendi kontrol grubuna göre yapraklardaki iyon sızıntısını % 35.8 oranında arttırdığı ve -0.8 MPa'lık kuraklık uygulaması ise kendi kontrol grubundan % 124.7 artırdığı saptanmıştır. -0.4 MPa'lık hafif şiddetteki kuraklık uygulamasının -0.8 MPa'lık şiddetli kuraklık uygulamasına göre çeşitlerin yaprak dokusundaki iyon sızıntısı üzerine etkisine bakıldığında; Ada-9516 çeşidinin yaprak dokusundaki iyon sızıntısı Sakarya çeşidine göre şiddetli kuraklıktan daha çok etkilenmiştir.

Buğday ve mısır çeşitlerini birbirleriyle karşılaştırdığımızda ise kuraklık şiddetine bağlı olarak iyon sızıntısında meydana gelen artma en az Sakarya'da iken en fazla Gelibolu'da olduğu belirtilmiştir.

3.1.7. Yaprak Dokularındaki Hidrojen Peroksit (H₂O₂) Miktarına Etkisi

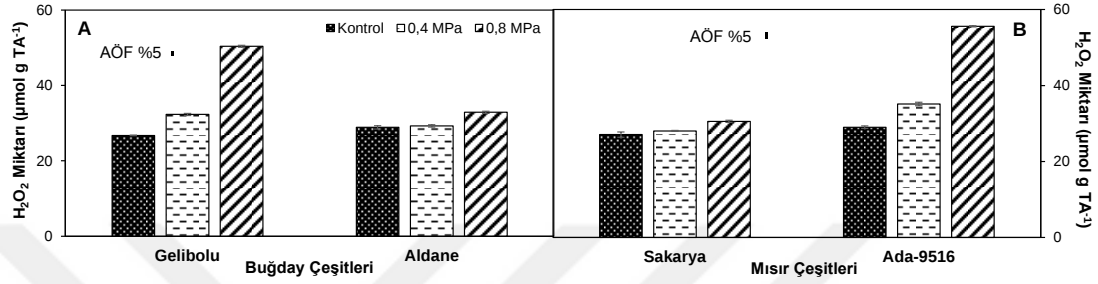
Farklı konsantrasyonlarda PEG 6000 uygulanması (kontrol, -0.4 ve -0.8 MPa) sonucu kuraklık stresine maruz bırakılan buğday ve mısır bitkilerine ait çeşitlerin hidrojen peroksit üzerine etkisi Şekil 3.7'de görülmektedir.

Kuraklık stresinin buğday çeşitlerinin yaprak dokularındaki H₂O₂ miktarı üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.7A); -0.4 ve -0.8 MPa kuraklık uygulamaları kendi kontrol gruplarına göre yapraklardaki H₂O₂ miktarındaki artış sırasıyla Gelibolu'da % 20.8 ile % 88.5'tir. Aldane çeşidinde -0.4 MPa uygulaması istatistiksel olarak anlamlı artışa neden olmazken, -0.8 MPa uygulaması H₂O₂ miktarını % 13.9 oranında artırmıştır. -0.4 MPa'lık hafif şiddetteki kuraklık uygulamasının -0.8 MPa'lık şiddetli kuraklık uygulamasına göre çeşitlerin yapraklardaki hidrojen peroksit etkisine bakıldığında; Gelibolu çeşidinin Aldane çeşidine göre şiddetli kuraklıktan daha çok etkilendiği belirlenmiştir.

Kuraklık stresinin mısır çeşitlerinin yaprak dokusundaki H₂O₂ üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.7B); -0.4 ve -0.8 MPa kuraklık uygulamaları kendi kontrol gruplarına göre yapraklardaki H₂O₂ miktarı artışının Sakarya'da -0.4 MPa uygulamasında istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenirken, -0.8 MPa uygulaması H₂O₂ miktarını % 12.9 artırmıştır. Ada-9516 çeşidindeki artışlar ise her iki uygulama için sırasıyla % 21 ile % 91.5 oranındadır. -0.4 MPa'lık hafif şiddetteki

kuraklık uygulamasının -0.8 MPa'lık şiddetli kuraklık uygulamasına göre mısır çeşitlerinin yapraklardaki hidrojen peroksit etkisine bakıldığında; Ada-9516 çeşidinin H_2O_2 miktarı Sakarya çeşidine göre şiddetli kuraklıkta daha çok artmıştır.

Buğday ve mısır çeşitleri incelendiğinde; Aldane ve Sakarya kuraklık uygulamalarından hafif derecede etkilenirken, Gelibolu ve Ada-9516 çeşitleri kuraklık uygulamalarından oldukça yüksek oranda etkilendiği belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin yaprak dokularındaki H_2O_2 içeriği üzerine etkisi. Her veri üç tekrarın ortalamasıdır ve hata çubukları standart hatayı ($\pm SH$) temsil etmektedir.

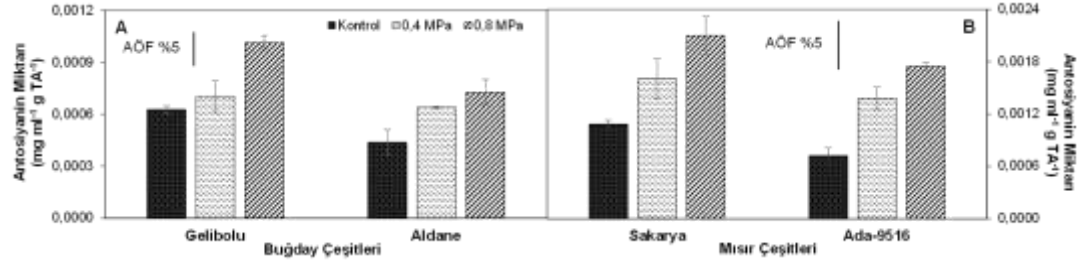
3.1.8. Yaprak Dokularındaki Pigment İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı konsantrasyonlarda PEG 6000 uygulamasına maruz kalmış buğday ve mısır bitkilerinin çeşitlerinde antosiyanin miktarındaki değişim Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

Kuraklık uygulamalarının buğday çeşitlerinin yaprak dokularındaki antosiyanin içeriği üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.8A); -0.4 MPa uygulaması çeşitlerin hiçbirinde antosiyanin miktarında önemli artışa neden olmazken, -0.8 MPa'lık kuraklık uygulaması Gelibolu ve Aldane'de sırası ile % 60.3 ve % 65.9 oranında yaprak dokularında antosiyanin artışına neden olmuştur. -0.4 MPa'lık hafif şiddetteki kuraklık uygulamasının -0.8 MPa'lık şiddetli kuraklık uygulamasına göre çeşitlerin yaprak dokularındaki antosiyanin etkisine bakıldığında; Gelibolu çeşidinin antosiyanin miktarı Aldane çeşidine göre şiddetli kuraklıkta daha çok artmıştır.

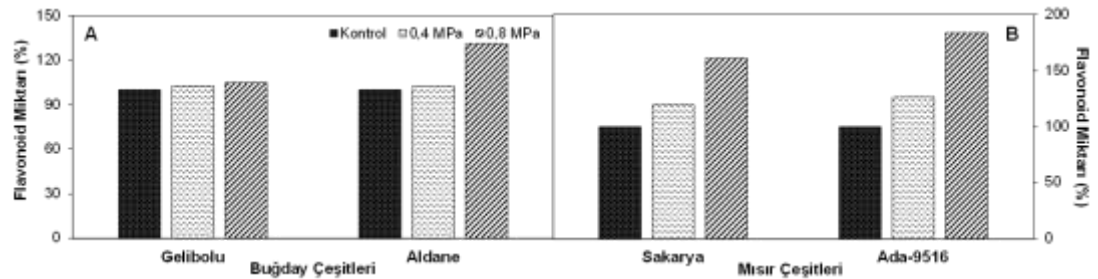
Kuraklık uygulamalarının mısır çeşitlerinin yaprak dokularındaki antosiyanin içeriği üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.8B); Sakarya'da -0.4 MPa

uygulamasında antosiyanin artışının istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenirken, -0.8 MPa'lık kuraklık uygulamasındaki antosiyanin artışı % 94.4'tür. Ada-9516 çeşidinde kuraklık uygulamaları sırasıyla % 91.7 ve % 143.1 oranında yaprak dokularında antosiyanin artışına neden olmuştur.



Şekil 3.8. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin yaprak dokusundaki antosiyanin içeriği üzerine etkisi. Her veri üç tekrarın ortalamasıdır ve hata çubukları standart hatayı ($\pm$ SH) temsil etmektedir.

Kuraklık stresinin buğday çeşitlerinin yaprak dokularındaki flavonoid üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.9A); -0.4 ve -0.8 MPa şiddetlerinde uygulanan kuraklık Gelibolu'da kendi kontrollerine göre yapraklardaki flavonoid miktarında oldukça az artışa neden olmuştur (% 2.5 ve % 4.8, sırasıyla). Aldane'de ise -0.8 MPa'lık kuraklık şiddeti flavonoid miktarının % 31.1 oranında artmasına neden olurken, -0.4 MPa'lık kuraklık şiddetinin neden olduğu flavonoid artışı % 2.4'tür.



Şekil 3.9. Kuraklık stresinin buğday (A) ve mısır (B) çeşitlerinin yaprak dokusundaki flavonoid içeriği üzerine etkisi. Her veri üç tekrarın ortalamasıdır.

Kuraklık stresinin mısır çeşitlerinin flavonoid üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 3.9B); Sakarya'da -0.4 ve -0.8 MPa şiddetinde kuraklık uygulamaları kendi

kontrollerine göre yaprak dokusundaki flavonoid miktarının sırasıyla % 19.7 ve % 61.1, Ada-9516'da ise % 26.6 ve % 83.7 oranında arttığı belirlenmiştir.



4. TARTIşMA VE SONUÇ

Son zamanlarda özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak sıcaklığın artması ve yağış rejimlerinin değişmesi, kuraklığa dayanıklı tahıllar gibi yüksek besin değerine sahip olan tarım ürünlerine yönelim ihtiyacını doğurmuştur. Tüm bitkilerde olduğu gibi tahıllarda da verim kaybına yol açan en önemli abiyotik faktörlerden biri olan kuraklık, en şiddetli çevresel streslerden biridir ve hemen hemen bitkinin tüm fonksiyonlarını etkilemektedir. Küresel ısınma ve diğer faktörler nedeniyle ülkemizde de pek çok tarım alanı kuraklığa maruz kalma tehlikesi içinde olduğundan, kuraklığın ülkemizde yetiştirilen tahıllar üzerindeki etkileri ve kuraklığa karşı oluşan fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerin anlaşılması bu tezin konusunu oluşurmaktadır.

Mısır (*Zea mays L.*), ılıman ve tropik bölgelerde tarımı yapılan bir bitkidir. Sahip olduğu uyum yeteneği sayesinde farklı iklim ve toprak koşullarında yetişebilmektedir. Mısır bitkisinin su isteği fazladır ama suyu oldukça ekonomik kullanır. Bitkinin gelişmesi için optimum ve minimum bağlı nem değerleri sıcaklık ve alınabilen su miktarına bağlı olmakla birlikte genel olarak % 50 ve altına inen bağlı nem koşullarında bitki olumsuz etkilenir (162). Ayrıca mısır, dünyada buğday ve çeltikten sonra en çok ekimi yapılan ve en çok üretilen üçüncü tahıl bitkisidir. Tahıl bitkileri içerisinde buğday (*Triticum aestivum L.*), Dünya’da kültür bitkileri içerisinde en çok yetiştiriciliği yapılan tahıl türlerinden birisidir. Geniş bir adaptasyon yeteneğine sahip olan buğdayın danesi uygun besleme değeri, saklama ve işlenmesindeki kolaylıklar nedeniyle yaklaşık olarak 50 ülkenin temel besini durumundadır (163). Dünya’da üretilen buğdayın büyük kısmı insan beslenmesinde kullanılırken, özellikle endüstriyel olarak buğday unu üretiminin bir yan ürünü olan kepek ise hayvan beslenmesi açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Yine insan beslenmesinde birçok ülkede en çok kullanılan unlu mamullerin temel hammaddesi genel olarak buğdaydan elde edilmekte ve temel gıda maddesi olan ekmeğin de ana hammaddesini oluşurmaktadır. Günümüzde oldukça önemli besin kaynağı olan buğday ve mısır bitkilerinin, kuraklık stresinden olumsuz etkilendiklerini bildiren

birçok araştırma bulunmaktadır. Bitkilerde kuraklık stresinin büyüme ve gelişmeyi (164-167), zar yapısını (168-170) ve fotosentetik aktiviteyi (171, 172) olumsuz yönde etkiledikleri belirtilmiştir.

Kuraklık, temelde bitkilerde su kaybına neden olmakta ve stomalar transpirasyonla daha çok su kaybını önlemek amacıyla kapanmaktadır (173). Stomaların kapanması, kloroplast seviyesindeki CO₂ alınabilirliğini de azaltmakta ve net fotosentezin olumsuz yönde etkilenmesi kaçınılmaz hale gelmektedir (174). Bu streslere maruz kalan bitkilerde, fotosentetik kapasitedeki azalma sadece stoma kapanmasına bağlı olarak değil; PSII'nin potansiyel fotokimyasal etkinliğinde, PSI aktivitesinde, ATP sentezinde ve karbon indirgenme döngüsündeki stroma enzim aktivitelerindeki (özellikle Calvin döngüsü enzimleri) inhibisyonlar ve fotosentetik pigmentlerdeki degradasyonlar ile de ilişkili olarak gerçekleşebilmektedir (175). Ayrıca, ışıktaki kuraklığa maruz kalma sonucunda reaktif oksijen türlerinin (ROT) [süper oksit radikali (O₂⁻), singlet oksijen (¹O₂), hidrojen peroksit (H₂O₂) ve hidroksil radikali (OH⁻) gibi] üretiminin artmasının, hücreler bileşenlerde oksidatif reaksiyonlara ve fotosentetik aparatlarda fotoinhibisyona neden olduğu bilinmektedir (176,177). Bitkilerde bulunan karotenoidler klorofil-oksijen etkileşimini engelleyerek fotoinhibisyona karşı koruyucu rol oynayan pigmentlerdir (178).

Polietilen glikoller farklı molekül ağırlıklarına sahip olup, bitkilerde osmotik stres kaynaklı su stresini oluşturmak için kullanılmaktadır (179,180). Polietilen glikol bitki dokularında birikmediği için iyonik strese neden olmaz ve stres süresi boyunca sabit bir su potansiyeli oluşturur (181). Kuraklık stresi uygulamak için kullanılan PEG 6000 (polietilen glikol) ise toksik etkisi olmayan ve yüksek molekül ağırlıklı bir bileşiktir (182). PEG uygulamalarının bitkilerde çimlenme hızını ve homojenliği artırdığı bildirilmiştir (183).

Günümüze kadar birçok araştırma, kuraklığın bitki büyümesi (184,185), fotosentez (186,187), osmotik düzenleme (188) ve antioksidant enzim sistemleri (186,189,190) üzerinde birçok etkisi olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada, buğday ve mısır çeşitleri kontrollü şartlarda uygulanan farklı yoğunluktaki kuraklık stresine karşı dayanıklılıklarına göre karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde büyüme parametrelerinde mısır ve buğday çeşitlerinin kuraklık stresinden olumsuz etkilendiği, fakat mısır çeşitlerinin buğday çeşitlerine göre kuraklık stresinden daha fazla etkilendiği belirlenmiştir.

Hafif şiddetteki kuraklık (-0.4 MPa), buğday ve mısır çeşitlerinin gövde boylarında azalmalara neden olmuş fakat bu durumdan en fazla mısır çeşitleri etkilenmiştir. Buğday çeşitlerinden olan Gelibolu hafif şiddetteki kuraklığa daha fazla uyum sağlamış ve gövde boyundaki azalmanın diğer çeşitlere göre daha az olduğu saptanmıştır. Wu ve ark. (191) *Citrus* bitkisiyle yapmış oldukları kuraklık çalışmalarında su eksikliğine bağlı olarak bitki boyunda % 25 oranında azalmanın meydana geldiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, soya (192) ve patates (193) bitkilerinde yapılan kuraklık çalışmalarında su sıkıntısına bağlı olarak gövde boylarında önemli azalmalar meydana gelmiştir. Bu araştırma bulguları, literatür sonuçlarıyla uyum içerisindedir. Mısır ve buğday çeşitlerinde kuraklık stresiyile birlikte gövde boylarında meydana gelen azalma bu çeşitlerin genel olarak su noksanlığına karşı hassas olduğunu göstermiştir.

Kuraklık stresi mısır ve buğday çeşitlerinin yaprak sayılarında azalmalara neden olmuştur. Benzer olarak, Kuşvuran ve ark. (194) elli gün boyunca kuraklık stresi altında yetiştirdikleri farklı bamya genotiplerinin yaprak sayılarında % 7.7 ile % 86 oranında azalmaların meydana geldiğini bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada da kuraklığın pamuk bitkisinin yaprak sayısında azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (195). Bu araştırma sonuçları önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Kontrollere göre yaprak sayılarında azalmanın gözlenmesi su noksanlığında toprak üstü organlarının gelişiminin engellenmesinden kaynaklı olabilir. Sonuçlara göre mısır ve buğday çeşitleri karşılaştırıldığında yaprak sayılarında azalma en fazla mısır çeşitlerinde görülmüştür. Su noksanlığına bağlı olarak yaprak sayılarındaki azalmadan en az etkilenen ise buğday bitkisinin Aldane çeşidi olmuştur.

Mısır ve buğday çeşitlerine uygulanan farklı dozlarda (-0.4 ve -0.8 MPa) kuraklık uygulamalarının bitkilerin taze ve kuru ağırlıkları üzerine etkisi genel olarak benzerlik göstermektedir ve uygulanan kuraklık şiddeti arttıkça her iki ağırlık

parametresinde azalmalar meydana gelmiştir. Alexia ve ark. (165), yapmış oldukları iki ayrı çalışmada; buğdaya 7 gün, bezelyeye 10 gün süre ile kuraklık uygulamış ve bu süreler sonunda bitkilerdeki değişimleri incelediklerinde her iki bitkide de taze ve kuru ağırlıklarında azalmaların olduğunu bildirmişlerdir. Loggini ve ark. (166) kuraklığa maruz bıraktıkları buğday genotiplerinin taze ve kuru ağırlıklarında azalmaların olduğunu bildirmişlerdir. Hafif ve şiddetli kuraklık uygulamaları sonucunda çeşitlerin taze ağırlıklarında en fazla azalma Ada-9516 çeşidinde iken, en az azalma Aldane çeşidindedir. Araştırılan buğday ve mısır çeşitlerinin taze ağırlıklarındaki azalma su içeriğindeki azalmaya bağlı olabilir. Taze ağırlıkları ölçülen bitkilerin etüvde kurutulmasıyla belirlenen mısır ve buğday çeşitlerinin kuru ağırlıkları, kuraklık stresinin şiddetine bağlı olarak kendi kontrollerine göre önemli düzeyde azalmıştır. Taze ağırlıkta olduğu gibi kuru ağırlıkta da kuraklık stresi sonucunda en fazla azalmanın Ada-9516'da olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresi sonucunda bitkilerin kuru ağırlıklarındaki azalmaların bitkinin karbon ve azot metabolizmasındaki değişimden kaynaklandığı belirtilmiştir (196). Bununla birlikte başka bir görüşe göre, bitki kuru ağırlıklarındaki azalma su kaybını en aza indirmek ve bitkinin kuraklığa toleransını artırmak için geliştirilen yaprak ölümü ve dökülmesinden ileri gelebilmektedir (197). Pace ve ark. (195) ulaşılabilir derinlikte bulunan suya daha fazla ulaşabilmek için uzayan köklerin, sürgün kuru ağırlıklarında azalmalara neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada azalan taze ve kuru ağırlıkların uygulanan kuraklık stresi sonucu azalan gövde boyu ve yaprak sayısı nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

Buğday ve mısır çeşitlerinin kuraklığa bağlı olarak nispi su içeriklerinde azalmaların olduğu belirlenmiştir. Mısır bitkisinde yapılan bir çalışmada kontrol grubundaki bitkilerin yaprak dokularında nispi su içeriği aynı kalırken kuraklık stresine maruz bırakılmış bitki gruplarında kuraklığın 3. gününden itibaren yapraklarındaki nispi su içeriklerinin azaldığı bildirilmiştir (198). Liu ve ark. (199) yapmış oldukları benzer bir çalışmada *Amaranthus* spp.'de kuraklık stresine bağlı olarak nispi su içeriklerinde azalmaların meydana geldiğini belirtmişlerdir. Kuraklık uygulanmış farklı çalışmalarda; asma çeşidinde (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) Bertamini ve ark. (200), mısır bitkisinde Nagy ve ark. (201) ve buğday çeşitlerinde

El Hafid ve ark. (164) bitkilerin nispi su içeriklerinde azalmaların olduğunu bildirmişlerdir. Sonuçlar yapmış olduğumuz çalışmanın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Kuraklık koşullarında buğday ve mısır çeşitlerinin nispi su içeriklerinde meydana gelen bu azalmalar, çeşitlerin artan kuraklık stresi sonucu içsel su miktarlarının azaldığını göstermektedir.

Mısır ve buğday çeşitlerinde kuraklığın büyüme parametreleri üzerine etkisi incelendiğinde, kuraklık stresinin tüm çeşitlerde büyümeyi olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Genel olarak gövde boyu, yaprak sayısı ve taze ve kuru ağırlığı parametrelerine göre buğday ve mısır çeşitlerinden uygulanan kuraklık stresinden en az etkilenen çeşitler sırasıyla Aldane ve Sakarya'dır. Bitkilerdeki nispi su içeriği, verileri incelendiğinde kuraklık uygulamalarının çeşitlerin nispi su içeriğini kademeli olarak azalttığını fakat hiçbir zaman % 50'nin altına düşmediğini göstermektedir. Su içeriği sonuçları büyüme parametreleri sonuçlarına benzer olarak bulunmuştur.

Samarah ve ark. (202) arpada kuraklık etkisinin yaprak su potansiyelini azalttığını belirtmiştir. Bu durumun da suyun azalmasından dolayı bitki hücrelerinde absisik asit ve tuz konsantrasyonunun artmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Kurak şartlarda nispi nem içeriğinin azalması, suyu azalan hücrelerde sitoplazma içeriğinin çökmesi ve hücre membranının zarar görmesinden kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir (203). Kuraklığa maruz kalmış buğday ve mısır çeşitlerinin kendi kontrol gruplarına göre iyon sızıntılarında belirgin artışlar olmuştur. En fazla artış Gelibolu çeşidinde görülürken, en az artış ise Sakarya çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Yulaf bitkisinin kuraklığa orta derecede dayanıklı olduğu bilinen Nehuen adlı genotipinde şiddetli su stresinin yaprak hücrelerinde iyon sızıntısını önemli derecede arttırdığı bildirilmiştir (204). Kuraklık stresi uygulanmış buğday çeşitleriyle yapılan çalışmada, kuraklığa duyarlı çeşitlerin hücre zarı hasarının daha fazla olduğu belirtilmiştir (205). Reaktif oksijen türleri ile membran lipidlerinin peroksidasyonu, hücre membran bütünlüğünün zarar görmesine ve hücreden iyon sızıntısına neden olarak hücre zarı geçirgenliğinde artışlara yol açtığı bilinmektedir (206). Stres sonucunda bitkilerde oluşan reaktif oksijen türlerinin, membranlar ile tepkimeye girebileceği ve bu yapıların fonksiyonunda değişikliklere neden olabileceği

belirtlmifltir (207). Meydana gelen bu değişikler hücre membranının yapısının bozulmasına ve iyon sızıntılarının artmasına neden olabilmektedir.

Kuraklık stresinin çeşitlerin iyon sızıntısı miktarlarında şiddete bağlı artışın oksidatif stres göstergesi olan artan H_2O_2 miktarıyla benzer olduğu belirlenmiştir. Buğday ve mısırd a sırasıyla Gelibolu ve Ada-9516 eşitlerinde artan H_2O_2 özellikle bu çeşitlerde artan iyon sızıntısının bir nedeni olabilir. Mısır ve buğday çeşitlerinin iyon sızıntılarında meydana gelen artmalar kuraklık stresinin bitkilerin membran bütünlüğünde hasarlara neden olduğunu göstermektedir.

Kuraklık stresinin buğday ve mısır eşitlerinin H_2O_2 içeriğindeki etkisine bakıldığında, şiddetli kuraklığın özellikle Gelibolu ve Ada-9516 eşitlerinin yapraklarında H_2O_2 miktarında belirgin artışlara neden olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar yapmış oldukları çalışmalarda oksidatif hasarların genellikle bitkilerin yapraklarında meydana geldiğini belirtmişlerdir (208). Mercimek ve nohut bitkileriyle yapılan kuraklık araştırmalarında, strese bağlı olarak su miktarında meydana gelen azalma H_2O_2 gibi oksijen radikallerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir (23). Basu ve ark. (209) kuraklık stresinde H_2O_2 miktarının fazla olmasının hücre zarı hasarına neden olan lipid peroksidasyonuna yol açtığını bildirmişlerdir. Bu araştırmada da artan H_2O_2 miktarı, hücre zar bütünlüğünün bozulduğunun bir göstergesi olan artan iyon sızıntısı verileriyle uyum içerisinde. Ayrıca biriken hidrojen peroksit süperoksit radikali ile reaksiyona girerek en reaktif radikal olan hidroksil radikalini oluşturabileceği ve böylece hücrede hasarlara neden olabileceği bilinmektedir.

Antosiyaninler yaprak dokularında ışığı yansıtp klorofil pigmentlerini maskeleyerek fotoinhibisyonu ve klorofil beyazlamasını azaltmaktadır (210). Ayrıca, antosiyaninler kuraklık stresine maruz bırakılan bitkilerde ROT'ların düşük miktar seviyelerinde kalmalarına yardımcı olarak antioksidan görev üstlenirler (156). Bu çalışmada uygulanan hafif şiddetteki kuraklığın sadece mısır bitkisinin Ada-9516 eşidinde antosiyanin miktarında artışa neden olduğu belirlenirken, şiddetli kuraklık tüm çeşitlerde antosiyanin artışına neden olmuştur. Bununla birlikte, yapılan bir çalışmada nohut varyetelerine uygulanan 5 ve 7 günlük kuraklık sonucunda

antosiyenin içeriğinin kademeli olarak arttığı tespit edilmiştir (211). *Phaseolus vulgaris*’in iki farklı türü çeşitli abiyotik streslere karşı vermiş oldukları cevaplar incelendiğinde, yüksek düzeyde uygulanan stres koşullarında antosiyenin içeriklerinde artış olduğu belirtilmiştir (212). Araştırmacıların ortaya koydukları bu sonuçlar çalışmamızda elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir. Antosiyenin miktarlarında özellikle şiddetli kuraklık uygulamasında meydana gelen artışın ROT’lerini uzaklaştırarak klorofilleri stres hasarından korumaya yardımcı olabileceğini düşündürmüştür.

Kuraklık sadece bitkinin su içeriğini etkilemez, aynı zamanda oksidatif strese de neden olmaktadır (213). Fenolik bileşikler gibi antioksidanlar bitki hücrelerini oksidatif bozulmalardan korurlar ve böylece bitkileri protein, lipid, DNA ve RNA hasarlarından korurlar (214). Flavonoidlerin koruyucu etkileri, onların radikalleri bertaraf etme özellikleriyle ilişkilidir ve flavonoidler serbest radikal olarak elektronlara transfer edilebilir, ağır metalleri şelatlayabilir, antioksidan enzimleri aktive edebilir, α -tokoferol radikallerini azaltabilir ve/veya oksidazları inhibe edebilir (215). Bu çalışmada kuraklık stresi buğday ve mısır çeşitlerinin flavonoid miktarlarında artışa neden olmuştur. En fazla artış miktarı Ada-9516 da, en az artış miktarı Gelibolu çeşidinde gözlenmiştir. Bu sonuçlar H_2O_2 miktarındaki artışlarla benzerlik göstermektedir. Artan flavonoid içeriği çeşitlerin oksidatif hasardan korunmasına katkı sağlamış olabilir. Flavonoid miktarlarındaki artış mısır çeşitlerinde buğday çeşitlerine göre daha fazla olmuştur. Her ne kadar çeşitlerin flavonoid ve antosiyenin içeriği kuraklık uygulamalarıyla artsa da, artan H_2O_2 miktarı ve iyon sızıntısı, bu iki ROT uzaklaştırmaya yardımcı pigmentin hücre zar hasarını engellemede yetersiz kaldığını göstermektedir.

Oksidatif strese karşı koruyucu olan ve bu görevi ROT uzaklaştırmaya yardım ederek yapan antosiyenin ve flavonoid pigmentleri genellikle kuraklık şiddetine bağlı olarak tüm çeşitlerde artmıştır. Antosiyenin ve flavonoid içeriğinin şiddetli kuraklıkta mısır çeşitlerinde buğday çeşitlerine oranla daha fazla artması nedeniyle, bu tepkinin mısırdaki buğdaya nazaran daha fazla kullanılan bir içsel savunma mekanizması olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. Her ne kadar bu

koruyucu pigmentlerin miktarları artan kuraklık şiddetiyle artsa da çeşitleri oksidatif stresten koruyamamıştır.

Sonuç olarak buğday ve mısır çeşitlerine uygulanan farklı şiddetteki kuraklık stresine buğday çeşitlerinden Aldane'nin ve mısır çeşitlerinden Sakarya'nın diğer çeşitlere göre uygulanan kuraklık stresine daha dayanıklı oldukları söylenebilir. Kuraklık stresine dayanıklı oldukları belirlenen Aldane ve Sakarya çeşitlerinde bu dayanıklılığı sağlayan mekanizmaların anlaşılabilmesi için daha detaylı analizlerin yapılmasına gereksinim vardır.

Bu araştırmanın ışığında yapılacak olan sonraki araştırmalarda, tahılların reproduktif gelişim evresini de içeren detaylı morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler analizler yapılmalı ve tahılların farklı gelişim evrelerinde kuraklığa verdikleri cevaplar incelenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Mahajan, S. ve Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview, Arch. Biochem. Biophys. 444: 139–158.
2. Taiz, L. ve Zeiger, S.C.E., 1998. Plant Physiology, University of California, Los Angeles Sinauer Associates, Inc., Publisher, pp. 726–735.
3. Lichtenthaler, H.K., 1998. The stress concept in plants: An introduction, Ann. NY Acad. Sci., 851, 187–198.
4. Kadioğlu, A.1999. *Bitki Fizyolojisi*, Eser Ofset, Trabzon.
5. Bray, E.A., Bailey-Serres, J. ve Weretilnyk, E., 2000. Responses to abiotic stresses, Biochemistry and Molecular Biology of Plants, W. Gruissem, B. Buchanan, R. Jones (eds), American Society of Plant Biologists, Rockville, MD, pp. 158–1249.
6. Kalefetoğlu, T. ve Ekmekçi, Y., 2005. The Effect of Drought on Plants and Tolerance Mechanisms. G. U. Journal of Science, 18(4): 723–740.
7. Capell, T., Bassie, L. ve Christou, P., 2004. Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress, PNAS, 101 (26): 9909–9914.
8. Kozłowski, T.T. ve Pallardy, S.G., 1997. Physiology of Woody Plants, Academic Press, San Diego.
9. Özcan, M.M. ve Akbulut, M., 2007. Estimation of minerals, nitrate and nitrite contents of medicinal and aromatic plants used as spices, condiments and herbal tea. *Food Chemistry* 106: 852–858.
10. Sircelj, H., Tausz, M., Grill, D. ve Batic, F., 2007. Detecting different levels of drought stress in apple trees (*Malus domestica* Borkh.) with selected biochemical and physiological parameters. *Scientia Horticulturae* 113: 362–369.
11. Reddy, Ar., Chaitanya, Kv. ve Vivekanandan, M., 2004, Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology* 161:1189–1202.
12. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. ve Panneerselvam, R., 2007. Water Deficit Stres

Mitigation by Calcium Chloride *Catharanthus Roseus*. Effects on Oxidative Stress, Proline Metabolism and Indole Alkaloid Accumulation. *Biointerfaces*, 60: 110–116.

13. Jones, H.G., 1992. *Plants and Microclimate*, Cambridge University Press, Cambridge.
14. Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Handa, S. ve Handa, A.K., 1984. Cellular Mechanisms of Tolerance to Water Stress, *Hort Science*, 19: 371–377.
15. Kamel, A. ve Loser, D. M., 1995. Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *J. Plant Physiol.* 145: 363–366.
16. Chehab, H., Mechri, B., Mariem, F.B., Hammami, M., Ben Elhadj, S. ve Braham, M., 2009. Effect of different irrigation regimes on carbohydrate partitioning in leaves and wood of two table olive cultivars (*Olea europaea* L. cv. Meski and Picholine). *Agricultural Water Management*, vol. 96 (2): 293–298.
17. Boyer, J. S., 1982. Plant productivity and environment. *Science*, 218: 443–448.
18. Ingram, J. ve Bartels, D., 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47: 377–403.
19. Heerden, P. D. R. van, Swanepoel, J. W. ve Kruger, G. H. J., 2007. Modulation of photosynthesis by drought in two desert scrub species exhibiting C₃- mode CO₂ assimilation. *Environmental and Experimental Botany*, 61: 124–136.
20. Ashraf, M.Y., Akhtar, K., Sarwar, G. ve Ashraf, M., 2002. Evaluation of arid and semi-arid ecotypes of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) for salinity (NaCl) tolerance, *Journal of Arid Environments*, 52: 473–482.
21. Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F. ve Pinto, M., 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European J. Agron*, 26: 30–38.
22. Sankar, B., Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R. ve Panneerselvan, R., 2008. Relative efficacy of water use

in five varieties of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. under water limited conditions. *Biointerfaces* 62: 125–129

23. Günes, A., Cicek, N., İnal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Güneri, E. ve Güzelordu, T., 2006. Genotypic Response of Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Cultivars to Drought Stress Implemented at Pre- and Post-Anthesis Stages and its Relations with Nutrient Uptake and Efficiency. *Plant Soil Environ*, 52 (8): 368–376.
24. Hu, Y. ve Schmidhalter, U., 1998. Spatial distributions of inorganic ions and carbohydrates contributing to osmotic adjustment in the elongating wheat leaf under saline conditions. *Aust. J. Plant Physiol*, 25: 591–597.
25. Saxena, N. P., Johansen, C., Saxena, M. C. ve Silim, S. N., 1993. Selection for drought and salinity: a case study with chickpea. In: K.B. Singh. & M.C. Saxena (Eds.). *Breeding for Stress Tolerance in Cool-season food Legumes*. JohnWiley & Sons. Chichester, UK. pp. 245–270.
26. Araus, JI., Slafer, Ga., Reynolds, Mp. ve Androyo, C., 2002. Plant breeding and drought in C3 cereals: What should we breed for ? *Ann. Bot*, 89: 925-940.
27. Mitra, J., 2001. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants, *Current Science*, pp. 80: (6).
28. Anami, S., Block, MD., Machula, J. ve Lijsebettens, M., 2009. Molecular Improvement of tropical maize for drought stress tolerance in Sub-Saharan Africa, *Critical Reviews in Plant Science*, 28: 16–35.
29. Çırak, C. ve Esendal, E., 2006. Soyada Kuraklık Stresi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 21(2): 231–237.
30. Göksoy, A.T. ve Turan, Z.M., 1991. Kuraklığın Bitki Fizyolojisi ve Morfolojisi Üzerine Etkileri, *U.Ü.Z.F. Dergisi*, 8: 189–199.
31. Levitt, J., 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*, vol 1. Academic Press, New York.
32. McKersie, B.D. ve Leshem, Y., 1994. *Stress and Stress Coping in Cultivated Plants*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
33. Salisbury, Fb. ve Ross, Cw., 1992. *Plant Physiology*, Wadsworth Publishing Co. California.

34. Valliyodan, B. ve Nyugen, H.T., 2006. Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants, *Curr. Opin. Plant Biol.*, 9(2): 189–195.
35. Campbell, M.K., 1991. *Biochemistry*, Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, Fort Worth, USA.
36. Bray, E.A., 1997. Plant responses to water deficit, *Trends Plant Sci.*, 2: 48–54.
37. Raychaudhuri, S.S., 2000. The role of superoxide dismutase in combating oxidative stress in higher plants, *Bot. Rev.*, 66(1): 89–98.
38. Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M. ve Van Breusegem, F., 2004. Reactive oxygen gene network of plants. *Trends in Plant Science* 9: 490–498.
39. Kopáni, M., Celec, P., Danisovic, L., Michalka, P. ve Biró, C. 2006. “Oxidative stress and electron spin resonance”, *Clinica Chimica Acta*, 364: 61–66.
40. Asada, K., 1999. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons, *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 50: 601–639.
41. Smirnoff, N., 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation, *New Phytol.*, 125: 27–58.
42. Wise, R.R., 1995. Chilling enhanced photooxidation: The production, action and study of reactive oxygen species produced during chilling in the light. *Photosyn. Res.*, 45: 79–97.
43. Bartosz, G., 1997. Oxidative stress in plants. *Acta Physiol. Plant.*, 19: 47–64.
44. Alscher, R.G., Donahue, J.L. ve Cramer, C.L., 1997. Reactive oxygen species and antioxidants: relationship in green cells, *Physiol. Plant.*, 100: 224–233.
45. del Rio, L.A., Corpas, F.J., Sandalio, L.M., Palma, J.M. ve Barroso, J.B., 2003. Plant peroxisomes, reactive oxygen metabolism and nitric oxide, *IUBMB Life*, 55: 71–81.
46. Imlay, J.A., 2003. Pathways of oxidative damage, *Annu. Rev. Microbiol.*, 5: 395–418.

47. Miller, G., Nobuhiro, S., Ciftci-Yilmaz, S. ve Mittler R., 2009. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant, Cell and Environment*, pp. 1–15.
48. Scandalios, J.G., 2001. Molecular responses to oxidative stress, Molecular analysis of plant adaptation to the environment, M.J. Hawkesford and P. Buchner (eds), *Kluwer Academic Publ.*, pp. 181–208.
49. Jaspers, P. ve Kangasjärvi, J., 2010. Reactive oxygen species in abiotic stress signaling, *Physiologia Plantarum*, 138: 405–413.
50. Eker, S., 2002. Yapraktan azot uygulamasının limon ve mandarinde düşük sıcaklık stresinin etkisinin antioksidatif savunma mekanizmaları açısından araştırılması, Doktora tezi , Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, pp.148, Adana.
51. Özpay, T., 2008. Taze fasülye (*Phseolus vulgaris*) genotiplerinin kuraklık stresine olan tepkilerinin belirlenmesi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Van.
52. Fridovich, I., 1986. Biological Effects of The Superoxide Radical. *Arch. Biochem. Biop.* 274: 1–11.
53. Shalata, A., ve Tal, M., 1998. The Effect of Salt Stress on Lipid Peroxidation and Antioxidants in The Leaf of the Cultivated Tomato and Its Wild Salt-Tolerant Relative, *Lycopersicon pennellii*. *Physiol. Plant.*, 104: 169–174.
54. Sreenivasulu, N., Ramanjulu, S., Ramachandra-Kini, K., Prakash, H. S., Shekar-Shetty, H., Savithri, H. S. ve Sudhakar, C., 1999. Total Peroxidase Activity and Peroxidase Isoforms as Modified by Salt Stress in Two Cultivars of Fox-Tail Millet with Differential Salt Tolerance. *Plant Sci.*, 141: 1–9.
55. Imlay, J. A. ve Linn, S., 1988. DNA Damage and Oxygen Radical Toxicity. *Science*, 240: 1302–1309.
56. Foyer, C. H., Lendais, M. ve Kunert, K. J., 1994. Photooxidative Stress in Plants. *Physiol. Plant.* 92: 696–717.
57. Hsu, S.Y. ve Kao, C.H., 2003. Differential effect of sorbitol and polyethylene glycol on antioxidant enzymes in rice leaves, *Plant Growth Regul.* 39: 83–89.
58. Harbinson, J. ve Hedley, CL., 1993. Changes in P-700 oxidation during the early stages of the induction of photosynthesis. *Plant Physiol*, 103: 649–60.

59. Halliwell, B., 1994. Free Radicals and Antioxidants: A Personal View, *Nutrition Reviews*, 52: 253–265.
60. Halliwell, B., 2006. Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life, *Plant Physiology*, 141: 312–322.
61. Halliwell, B. ve Gutteridge, J.M.C., 1986. Oxygen free radicals and iron in relation to biology and medicine: some problems and concepts, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 246: 501–514.
62. Halliwell, B. ve Gutteridge, J.M.C., 1999. *Free Radicals in Biology and Medicine*. 3rd ed., Oxford, New York.
63. Gill, S.S. ve Tuteja, N., 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants, *Plant Physiol. Biochem.*, 48: 909-930.
64. Türkan, İ., Bor, M., Özdemir, F. ve Koca, H., 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress, *Plant Sci.*, 168: 223-231.
65. Sağlam, A., 2004. Ağır kuraklık stresi geçirmiş *Ctenanthe setosa* bitkisinin yeni kuraklık koşullarına adaptasyon yeteneğinin araştırılması, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
66. Mansfield, T.J. ve Atkinson, C.J., 1990. Stomatal behaviour in water stressed plants- In: R.G. Alscher, J.R. Cumming (Eds.), *Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms*. pp. 241–264. Wiley-Liss, New York.
67. Muller, J.E. ve Whitshitt, M.S., 1996. Plant cellular responses to water deficit, *Plant Growth Regul*, 20: 41-46.
68. Lima, A.L.S., DaMatta, F.M., Pinheiro, H.A., Totola, M.R. ve Loureiro, M.E., 2002. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of *Coffea canephora* under water deficit conditions, *Environ. Exp. Bot.*, 47: 239–247.
69. Bota, J., Medrano, H. ve Flexas, J., 2004. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? *New Phytol.*, 162: 671– 681.

70. He, J.X., Wang, J. ve Liang H.G., 1995. Effects of water stress on photochemical function and protein metabolism of photosystem II in wheat leaves, *Physiol. Plant.*, 93: 771–777.
71. Baker, N.R., 1991. A possible role for photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis. *Physiol. Plant.*, 81: 563–570.
72. Wingler, A. Quick W. P., Bungard R. A., Bailey K. J., Lea P. J. ve Leegood R. C., 1999. The Role of Photorespiration During Drought Stress : An Analysis Utilizing Barley Mutants With Reduced Activities of Photorespiratory Enzymes. *Plant, Cell and Environment*, 22 (4): 361–373.
73. Davies, W.J. ve Zhang, J., 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant mol. Biol.* 42: 55–76.
74. Davies, P.J., 1995. The Plant hormone concept: concentration, sensitivity and transport. – *Plant Hormones*. pp.13–38. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht – Boston – London.
75. Naqvi, S.S.M.: 1995. Plant/crop hormones under stressful conditions. – In: Pessarakli, M. (ed.): *Handbook of Plant and Crop Physiology*. pp. 645–660. Marcel Dekker, New York – Basel- Hong Kong
76. Neill, S-J. ve Burnett, E-C., 1999. “Regulation of gene expression during water deficit stres” *Plant Growth Regulation*. 29: 23–33.
77. Taylor, I.B., Burbidge, A. ve Thompson, A.J., 2000. Control of abscisic acid synthesis. *Journal of Experimental Botany*, 51 (350) : 1563–1574.
78. Wilkinson, S. ve Davies, W.J., 2002. ABA-based chemical signalling: the co-ordination of responses to stress in plants, *Plant Cell and Enviroment*, 25: 195–210.
79. Alvarez, S., Marsh, L.E., Schoeder, S.G. ve Schachtman, D.P., 2008. Metabolic and Protemic changes in the xylem sap of maize under drought, *Plant Cell Eviron*, 31(3): 325–340.
80. Jiang, M. ve Zhang, J., 2002. Involvement of plasma membrane NADPH oxidase in abscisic acid-and water stress-induced antioxidant defense in leaves of maize seedlings, *Planta*, 215: 1022–1030.

81. Soe, M. ve Koshiha, T., 2002. Complex Regulation of ABA biosynthesis in plants, *Trends in Plant Science*, 7(1): 41–47.
82. Zhang, J., Schurr, U. ve Davies, W.J., 1987. Control of Stomatal Behaviour by Absisic Acid Which Appearently Originates in the Roots. *Journal of Experimental Botany*, 38: 1174–1181.
83. Rouhi, V., Samsoni, R., Lemeur, R. ve Van Damme, P., 2007. photosynthetic gas exchange characteristics in three different almond species during drought stress and subsequent recovery, *Enviromental and Experimental Botany*, 59(2): 117–129.
84. Jiang, M. ve Zhang, J., 2004. “Absciscic acid and Antioxidant Defense in Plant Cells ”, *Acta Botanica Sinica*, 46: 1–9.
85. Jiang, M. ve Zhang, J., 2003. Cros- talk between calcium and reactive oxygen species originated from NADPH oxidase in abscisic acid-induced antioxidant defence in leaves of maize seedlings, *Plant Cell Environment*, 26 (6): 929–939.
86. Kalefetoğlu, T., 2006. Nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşit ve hatlarının kuraklık stresine karşı dayanıklılığının karakterizasyonu, Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek lisans Tezi, Ankara.
87. Shinozaki, K. ve Yamaguchi-Shinozaki K., 1996. Molecular responses to drought and cold stress, *Curr. Opin. Biotechnol.*, 7: 161–167.
88. <http://hayrabolutb.tobb.org.tr/media/ziraat/Misir-Tarimi-2.pdf>
89. Hallauer, A.B. ve Miranda, J.B., 1987. Quantative Genetics in Maize Breeding. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa. pp. 118–119.
90. Kün, E., 1997. *Tahıllar II* (Sıcak iklim Tahılları), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, IV. Baskı, Ankara.
91. Paterniani, E., Nass, L.L. ve Santos, M.X., 2000. O valor dos recursos geneticos de milho para o Brasil: Uma abordagem historica da utilizaçao do germoplasma. In: U dry CW and Duarte W (eds) Uma Historia Brasileira do Milho: O Valor dos Recursos Genéticos. Paralelo 15, pp.11–43. Brasília.
92. Bandel, G., 1987. Genetica. In: Paterniani, E. ve Viegas, G.P (orgs) Melhoramento e Produção do Milho. Fundação Cargill, Campinas, pp. 111–133.

93. Shaw, R. H., 1988. Climate Requirement. Corn and Corn Improvement, 3 rd Ed. Agronomy No:18.ASA. Madisan. Wisconsin.
94. Donald, C. M., 1962. In Research of Yield. Journal Aust. Aric. Sci, 28, pp. 171–178.
95. Tümertekin, E. ve Özgüç, N., 1997. *Ekonomik Coğrafya*. Çantay Kitabevi, İstanbul.
96. Kırtok, Y., 1998. *Mısır Üretimi ve Kullanımı*. Kocaoluk Basım ve Yayınevi, İstanbul.
97. Pietruska, M. ve Lewicka, S., 2007. Effect of temperature on plant elongation and cell wall extensibility, *Gen Physiol Biophys*, 26(1): 40–7.
98. <http://www.gap.gov.tr/Turkish/Tarim/Tarlayt/misir.html>
99. Musick, J.T., Pringle, F.B., Harman, W.L. ve Stewart, B.A., 1990. Long-term irrigation trends: Texas High Plains. App. Eng. Agric. 6: 717–724.
100. Doorenbos, J., ve Kassam, A. H. 1979. Yield Response to Water, FAO Irr And Drain Paper Number: 33, pp.193. Rome.
101. Aldrich, S. R., Scott, W. O. ve Leng, E. R., 1982. Modern Corn Production A & L Publications, Illionis, pps: 100–105, U.S.A.
102. Hay, R. K. M. ve Walker, A. J., 1989. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Co- published in the United States With John Wiley&Sons, Inc., pp. 39–40, New York.
103. Schmidt, W. H. ve Colville, W. L., 1967. Yield an Yield Components of *Zea mays L.* as Influenced by Artificially Induced Shade, Crop Sci., Cilt:7, p.128–130.
104. Gözübenli, H., 1997. Değişik Azot Uygulamalarında II. Ürün Olarak Yetiştirilen Bazı Mısır Genotiplerinin Azot Kullanım Etkinliğinin Saptanması. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Basılmamış Doktora Tezi, pp. 217, Adana.
105. Elçi, S., Ö., Kolsarıcı ve H., Geçit, 1987. *Tarla Bitkileri*. A.Ü. Ziraat Fak. Yayın No: 100. Ofset basım 30. Ankara.
106. Açıkgöz, E., Turgut, İ., ve Filya, İ., 2002. Silaj Bitkileri Yetiştirme ve Silaj Yapımı. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., ISBN 975–8377–19–1.

107. Bozokalfa, M.K. ve Eşiyok, D., 2006. Bazı Tatlı Mısır Genotiplerinin Morfolojik Varyabilitesi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 43(2):1–12.
108. Atalık, A., 2005. *Küresel Isınma, Su Kaynakları ve Tarım Üzerine Etkileri*. Ziraat Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
109. Berzy, T., Szundy, T., Pinter, J. ve Feher, C., 1997. Effect of Tassel Damage at the Beginning of Female Flovering on the Yield On Quality of Maize (*Zea mays* L) Seed. *Agricultural Research Ins. of the Hungarian of Sci., Seed Sci., Technology*, 25, p:35–44
110. Dudley, J.W. ve Mol, R.H., 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. *Crop Sci.* 9: 257–261.
111. Hallauer, A.R. ve Miranda, J.B., 1988. *Quantitative Genetics In Maize Breeding*. Iowa State Univ. Press, Ames.
112. Shaozhong, K., Wenjuan, S. ve Zhang, J., 2000. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crops Research*, 67: 207–214.
113. Eşiyok, D., Bozokalfa, M.K. ve Uğur, A., 2004. Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Şeker Mısır (*Zea mays* L. var. *saccharata*) Çeşitlerinin Verim Kalite ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *E.Ü.Z.F.Derg.* 41(1): 1–9.
114. Şencar, Ö., Gökmen, S., Sakin, M.A. ve Ocakdan, M., Şeker Mısırında (*Zea mays saccharata* Sturt.) Koltuk Almanın Verim ve Bazı Özelliklere Etkisi. Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi. Cilt I, Genel ve Tahıllar, 456–461. 1999 Adana–TURKEY.
115. Thomson, H.C. ve Kelly, W.C., 1957. *Vegetables Crop* McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
116. Soya, H., Avcioğlu, R., Geren, H. ve Cevheri, A.C., 2001. *Bazı Silajlık Mısır (Zea mays L.) Çeşitlerinde Hasıl Verimi ve Diğer Bazı Verim Özellikleri Üzerine Araştırmalar*, EÜ Araştırma Fon Saymanlığı 1999–ZRF–007 Nolu Proje, pp. 65 Bornova İzmir.
117. Bloemberg, G.V., Dekkers, L. ve Lugtenberg, B.J., 2001. Molecular determinants of rhizosphere colonization by *Pseudomonas*, *Annu Rew Phytopathol*, 39: 461–90.

118. Tollenaar, M., D.E. Mccoulough ve L.M. Dwyer, 1994. Phsiological basis of the genetic improvement of corn. In: Slafer, G.A. (ed.), *Genetic Improvement of Field Crops*, pp: 183–236. Marcel Dekker Inc., New York
119. Nafziger, E., 1994. Corn planting date and plant population. *J. Prod. Agric.*, 7: 59–62.
120. Duvick, D.N. ve Camsan, K.G., 1999. Post-green revolution trends in potential of temprerate maize in the North-Central United States. *Crop Sci.*, 39: 1622–1630.
121. Aldrich, S.R., W.O. Scott, ve R.G. Hoeft. 1986. Modern corn production, 3rd Ed. A. & L. Publ., Champaign, IL.
122. Olson, R.A. ve D.H. Sanders. 1988. Maize production. In: G.F. Sprague, J.W. Dudley. Corn and corn improvement. Madison: *American Society of Agronomy*, Cap.11: 639–686.
123. McGRAFT, C., 2005. Twin Row Corn Study. Iowa State Univercity, Arm Strong Research and Demonstration Farm.
124. Cummunis, D. G. ve Dobson, Jr. J. W., 1973. Corn For Silage as Influenced by Hybrid Maturity, Row Spacing, Plant Population and Climate. *Agron. J.* 65: 240–243.
125. Cairns, J.E., Crossa, H., Zaidi, P.H., Grudloyma, P., Sanchez, C., Araus, J.L., Thaitad, S., Makumbi, D., Magorokosho, C., Bänziger, M., Menkir, A.,Hearne, S. ve Atlin, G.N., 2013. Identification of Drought, Heat, and Combined Drought and Heat Tolerant Donors in Maize (*Zea mays L.*). *Crop Science*, 53: 1335–1346.
126. Van den Boogard, R., 1995. Variation among wheat cultivars in efficiency of water use and growth parameters, PhD. Thesis, Utrecht University, Holland.
127. Slafer, G.A., Calderini, D.F. ve Miralles, D.J., 1996. Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential, pp:101–133, Increasing yield potential in wheat: breaking the barriers, Reynolds, M.P., Rajaram, S. and McNab, A. (Eds), *CIMMYT*, Mexico.
128. Sadras, V.O. ve Calderini, D.F., 2009. Crop Physiology, Applications for Genetic Improvement and Agronomy, Academic Press, USA.

129. Feldman, M., Horowitz, A. ve Anikster, Y., 1988. Utilization of biodiversity from in situ reserves, with special reference to wild wheat and barley, *Biodiversity and Wheat Improvement*, 21: 311–323.
130. Keser, M., 1996. Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Tanıtım Kitapçığı.
131. Peterson, C. J., Graybosch, R. A., Baenziger, P. S. ve Grombacher, A. W., 1992. Genotype and environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat. *Crop Science*, 32: 98–103.
132. Süzer, S., 1992. Buğday Tarımında Yüksek Verim Almanın Yolları, *Marmara'da Tarım Dergisi*, 51: 5–7.
133. Cook, R. J. ve Veseth, R. J., 1991. Wheat Health Management. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota 55121, USA.
134. Elgün, A., Türker, S. ve Bilgiçli, N., 2001. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Notları, Konya Ticaret Borsası Yayın No:2, Konya.
135. Sade, B., 1997. *Tahıl Islahı (Buğday ve Mısır)*. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:31, Konya.
136. Williams, P., Haremein, F. J., Nakkaul, H. ve Rihawi, S., 1986. Crop quality evaluation methods and guidelines. Technical manual No: 14, İcarda, Aleppo, Syria.
137. Marschner, H., 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Edition. Academic Press, Inc. G.B., pp.446. London.
138. Richards, R.A., Condon, A.G. ve Rebetzke, G.J., 2001. Traits to improve yield in dry environments, pp: 88–110, *Application of Physiology in wheat breeding*, Reynolds, M.P. et al. (Eds.), CIMMYT.
139. Shpiler, L. ve Blum, A., 1991, Heat tolerance to yield and its components in different wheat cultivar, *Euphytica*, 51: 257–263
140. Garcia del Moral, L.F., Rharrabti, Y., Villegas, D. ve Royo, C., 2003. Evaluation of grain yield and its components in drum wheat under Mediterranean conditions: an ontogenic approach, *Agronomy Journal*, 95: 266–274.

141. Rawson, H.M., Bagga, A.K. ve Bremmcr, P.M., 1977. Aspecis of Adaptanon by Whcaî and Barley lo Soil Moisture Dcficiis. Ausi. J. Planı Physiol 4: 389–401.
142. Anonim, 2006. Buğday, (<http://www.hatap.com/Bugday.htm>).
143. K n, E., 1983. *Serin İklım Tahılları*, Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayını, Yayın No: 875, Ankara.
144. TMO (Toprak Mahs lleri Ofisi), 2010. Buğday ve Buğday k lt varlarının özellikleri, <http://tmo.gov.tr/Upload/Document/yayınlar/tmo-ansiklopedik-sözlük.pdf>.
145. Y r r, N., Tosun, O., Eser, D. ve Geçit, H. H., 1981. Buğdayda ana sap verimi ile bazı karakterler arasındaki İlişkiler. Bilimsel Araştırma ve İncelemeler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 755–443.
146. Turgut, İ., Konak, C., Zeybek, A., Acartürk, E. ve Yılmaz, R., Büyük menderes havzası sulu koşullarına uyumlu buğday çeşitlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, 22-25 Eylül 1997, Samsun–TURKEY.
147. Yağbasanlar, T.,   lkesen, M., Genç, İ., K rtok, Y. ve Eren, N., 1997.  ukurova ve şanlıurfa koşullarına uygun buğday çeşitlerinin saptanması üzerine araştırmalar. Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* em Thell.)  eşitleri. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 5, 2:1–16.
148. Balcı, A. ve Turgut, İ., Bazı ekmeklik buğday (*T.aestivum* var.*aestivum*)  eşit ve hatlarında melez gücü üzerine araştırmalar. Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi, CiltI. Genel ve Tahıllar, 70–74, 15–18 Kasım 1999, Adana-TURKEY
149. Korkut, K. Z., Başer, İ. ve Bilgin, O., İleri ekmeklik buğday hatlarının (*T. Aestivum* L.) verimi ve bazı agronomik karakterler yönünden değerlendirilmesi. Türkiye IV. Tarla Bitkileri Kongresi, Cilt I, Tahıllar ve Yemeklik Tane Baklagiller, 99–104, 17–21 Eylül 2001, Tekirdağ–TURKEY.
150. Doğan, R., 2002. Ekmeklik buğday hatlarının (*Triticum aestivum* L.) tane verimi ve kimi agronomik özelliklerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 149–158.

151. Yağdı, K., 2004. Bursa koşullarında geliştirilen ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) hatlarının bazı kalite özelliklerinin araştırılması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1): 11–23.
152. Aydın, N., Mut, Z., Bayramoğlu, H.O. ve Özcan, H., 2005. Samsun ve Amasya Koşullarında Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 45–51.
153. Tayyar, Ş., 2005. Biga koşullarında yetiştirilen farklı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşit ve hatlarının verim ve bazı kalite özelliklerinin saptanması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (3): 405–409.
154. Hoagland, DR., 1920 Optimum nutrient solutions for plants, *Science*, 52(1354) – 562.
155. Michel ve Kaufmann., 1973. *Plant physiology*. 51: 914–916.
156. Farrant, J.M., 2000. A comparison of mechanisms of desiccation tolerance among three angiosperm resurrection plant species, *Plant Eco.*, 151: 29–39.
157. Redmann, R.E., Haraldson, J. ve Gusta, L.V., 1986. Leakage of UV-absorbing substances as a measure of salt injury in leaf tissue of woody species, *Physiol. Planta.*, 67: 87–91.
158. Esterbauer, H. ve Cheeseman, K.H., 1990. Determination of aldehydic lipid peroxidation products: malonaldehyde and 4-hydroxynonenal, *Methods Enzymol.* 186: 407–431.
159. Mancinelli, A.L., Yang, C.P.H., Lindquist, P., Anderson, O.R. ve Rabino, I., 1975. Photocontrol of anthocyanin synthesis III. The action of streptomycin on the synthesis of chlorophyll and antyocyanin, *Plant Physiol.*, 55: 251–257.
160. Mirecki, R.M. ve Teramura, A.H., 1984. Effects of ultraviolet-B irradiance on soybean V, The dependence of plant sensitivity on the photosynthetic photon flux density during and after leaf expansion, *Plant Physiol.*, 74: 475–480.
161. Sokal, R.R. ve Rohlf, F.J., 1997. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research, 3rd edn. W.H. Freeman and Company Publisher, pp. 415–417. New York.
162. Brenner, C., 1991, Biotechnology and Developing Country Agriculture: The Case of Maize, OECD Publications, 102 p. Paris.

163. K n E., 1988. Serin  klim Tahılları. Ankara  ni. Ziraat Fak. Yayınları: 1032. 322 s, Ankara.
164. El Hafid, R., Smith, D.H., Karrou, M. ve Samir, K., 1998. Physiological attributes associated with early season drought resistance in spring durum wheat cultivars. *Can. J. Plant Sci.*, 78: 227– 237.
165. Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S. ve Karanov, E., 2001. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant Cell Environ.*, 24: 1337–1344.
166. Loggini, B., Scartazza, A., Brugnoli, E. ve Navari-Izzo, F., 1999. Antioxidative defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought, *Plant Physiol.*, 119: 1091–1099.
167. Ba er  ., Korkut KZ., ve Bilgin O., 2005. Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Kurağ  Dayanıklılıkla İlgili  zellikler Arasındaki İli kiler, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(3): 253–259.
168. Vassilev, A., 2004. Cadmium-induced changes in chloroplasts lipids and photosystem activities in barley plants. *Biol Plantarum*, 48: 153–6.
169. Schonfeld, M.A., Johnson, R.L., Carver, B.F. ve Mornhinweg. D.W., 1988. Waier Relations in Winter Wheat as Drought Resistance Indicators. *Crop Sci.* 28: 526–531.
170. Blum, A., ve A. Ebercon,1981. Celi Membrane Siability as a Measure of Drought and Heat Tolerance in Wheat. *Crop Sci.* 21: 43–47.
171. Kerepesi, I. ve Galiba, G., 2000., Osmotic and Salt Stress-Induced Alteration in Soluble Carbohydrate Content in Wheat Seedlings, *Crop science*, 40: 482–487.
172. Ecem, N., 2010. Farklı mısır (*Zea mays* L.)    it ve hatlarında kuraklık stresi etkilerinin fizyolojik olarak incelenmesi, Sakarya Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
173. Flexas, J. ve Medrano, H., 2002. Drought-Inhibition of Photosynthesis in C3 Plants: Stomatal and Non-Stomatal Limitations Revisited, *Ann. Bot.* 83: 183–189.

174. Cornic G., 2000. Drought Stress Inhibits Photosynthesis by Decreasing Stomatal Aperture-Not by Affecting ATP Synthesis, *Trends Plant Sci.* 5: 187–188.
175. Sonoike K., 1999. The Different Roles of Chilling Temperatures in the Photoinhibition of Photosystem I and Photosystem II, *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.*, 48: 136–141.
176. Foyer C.H., Vanacker H., Gomez L.D. ve Harbinson J., 2002. Regulation of Photosynthesis and Antioxidant Metabolism in Maize Leaves at Optimal and Chilling Temperatures:Review, *Plant Physiol. Biochem.*, 40: 659–668.
177. Hogewoning, S.W. ve Harbinson, J., 2007. Insights on the Development, Kinetics, and Variation of Photoinhibition Using Chlorophyll Fluorescence Imaging of a Chilled, Variegated Leaf, *J. Exp. Bot.*, 58: 453–463.
178. Deng X., Hu, Z.A., Wang, H.X., Wen X.G. ve Kuang, T.Y., 2003. A Comparison of Photosynthetic Apparatus of the Detached Leaves of the Resurrection Plant *Boea hygrometrica* with its Non-Tolerant Relative *Chirita heterotrichia* in Response to Dehydration and Rehydration, *Plant Sci.* 165: 851–861.
179. Kerepesi, I. ve Galiba, G., 2000. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings, *Crop Sci.*, 40: 482–487.
180. Soltani, A., Gholipoor, M. ve Zeinali, E., 2006. Seed reserve utilization and seedlings growth of wheat as affected by drought and salinity, *Environ. Exp. Bot.*, 55: 195–200.
181. Michel, E. ve Kaufman, R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000, *Plant Physiology*, 51: 914–916.
182. Bodsworth, S. ve Bewley, J.D. 1981. Osmotic priming of seed of crop species with polyethylne glycol as a mean enhancing early and synchrononous germination at cool temperatures. *Can. J. Bot.*, 5: 672–676.
183. Brocklehurst, P.A. ve J. Dearman, 1983. Interactions Between Seed Priming Treatment and nine Seed lots of carrot, celery and onion. I. Laboratory Germination. *Ann. of appl. Biology.* 102: 577–584.

184. Maggio A., De Pascale S., Ruggiero C. ve Barbieri G., 2005. Physiological Response of Field-Grown Cabbage to Salinity and Drought Stress, *Eur. J. Agron.*, 23: 57–67.
185. Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Crouch, J.H. ve Serraj, R., 2006. Variability of Root Length Density and Its Contributions to Seed Yield in Chickpea (*Cicer arietinum L.*) Under Terminal Drought Stress, *Field Crops Res.*, 95: 171–181.
186. Ekmekçi, Y., Bohms, A., Thomson, J.A. ve Mundree, S.G., 2005. Photochemical and Antioxidant Responses in the Leaves of *Xerophyta viscosa* Baker and *Digitaria*, Under Water Deficit, *Zeitschrift für Naturforschung Section C-A Journal of Biosciences*, 60C, 435–443.
187. Praxedes, S.C., DaMatta, F.M., Loureiro, M.E., Ferrão, M.A.G. ve Cordeiro, A.T., 2006. Effects of Long-Term Soil Drought on Photosynthesis and Carbohydrate Metabolism in Mature Robusta Coffee (*Coffea canephora* Pierre var. *kouillou*) Leaves, *Environ. Exp. Bot.*, 56: 263–273.
188. Patakas, A., Nikolaou, N., Zioziou, E., Radoglou, K. ve Noitsakis, B., 2002. The Role of Organic Solute and Ion Accumulation in Osmotic Adjustment in Drought-Stressed Grapevines, *Plant Sci.*, 163: 361–367.
189. Ramachandra Reddy, A., Chaitanya, K.V., Jutur, P.P. ve Sumithra, K., 2004. Differential Antioxidative Responses to Water Stress Among Five Mulberry (*Morus alba L.*) Cultivars, *Environ. Exp. Bot.*, 52: 33–42.
190. Yong, T., Zongsuo, L., Hongbo, S. ve Feng, D., 2006. Effect of Water Deficits on the Activity of Anti-oxidative Enzymes and Osmoregulation Among Three Different Genotypes of *Radix astragali* at Seeding Stage, *Colloid. Surface. B.*, 49: 59–64.
191. Wu, Q.S., Zou, Y.N., Xia, R.X. ve Wang, M.Y., 2008. Five *Glomus* species affect water relations of citrus tangerine during drought stress. *Bot. Stud.* 48: 147–154.
192. Specht, J.E., Chase, K., Macrander, M., Graef, G.L., Chung, J. ve Markwell, J.P., 2001. "Soybean response to water: A QTL analysis of drought tolerance", *Crop Science*, 41: 493–509.

193. Heuer, B. ve Nadler, A., 1995. "Growth and development of potatoes under salinity and water deficit". Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 46: 1477-1486.
194. Kusvuran, S., Dasgan, H.Y. ve Abak, K., Farklı Bamyı Genotiplerinin Kuraklık Stresine Karsı Tepkileri. VII. Sebze tarımı sempozyumu. 26-29 Ağustos 2008, Yalova-TURKEY.
195. Pace, P.F., Cralle, H.T., El-Halawany, S.H.M., Cothren, J.T. ve Senseman, S.A., 1999. Drought-induced changes in shoot and root growth of young cotton plants, J. Cotton Sci., 3: 183-187.
196. Kluge, M., 1976. Carbon and nitrogen metabolism under water stress. (Editörler: Lange, O.L., Kappen, L., Schulze, E.-D.) Water and Plant Life. pp. 243-252.
197. Herralde, F., Biel, C., Savé, R., Morales, M.A., Torrecillas, A., Alarcón, J.J. ve Sánchez- Blanco, M.J., 1998. Effect of water and salt stresses on growth, gas exchange and water relations in *Argyranthemum coronopifolium* plants. Plant Science, 139: 9-17.
198. Foyer, C.H., Valadier, M.H., Migge, A. ve Becker, T.W., 1998. Drought-Induced Effects on Nitrate Reductase Activity and mRNA and on the Coordination of Nitrogen and Carbon Metabolims in Maize Leaves, Plant Physiol., 117: 283-292.
199. Liu, F., Liu, Q., Liang, X., Huang, H. ve Zhang, S., 2004. Morphological, anatomical and physiological assessment of ramie [*Boehmeria Nivea* (L.) Gaud.] tolerance to soil drought. Genet. Resour. Crop. Ev. 52: 497-506.
200. Bertamini, M., Zulini, L., Muthuchelian, K. ve Nedunchezian, N., 2006. Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) plants. Photosynthetica 44 (1): 151-154.
201. Nagy, Z., Tuba, Z., Zsoldos, F. ve Erdei, L., 1995. CO₂ -exchange and water relation responses of sorghum and maize during water and salt stress. J. Plant Physiol., 145: 539-544.

202. Samarah, N.H., Alqudah, A.M., Ameyreh, J.A. ve McAndrews, G.M., 2009. The effect of late-terminal drought stress on yield components of four barley cultivars. *J. Agronomy & Crop Science*, 195: 427–441.
203. Blackman, S.A., Obendorf, R.L. ve Leopold, A.C., 1995. Desiccation tolerance in developing soybean seeds: The role of stress proteins. *Plant Physiol*, 93: 630–638.
204. Maldonado, Ca., Zunġga, Ge., Corcuera, L.J. ve Alberdġ, M., 1997. Effect of water stress on frost resistance of oat leaves, *Environmental and Experimental Botany*, 38: 99–107.
205. Simova-Stoilova, L., Vaseva, I., Grigorova, B., Demirevska, K. ve Feller, U., 2010. “Proteolytic activity and cysteine protease expression in wheat leaves under severe soil drought and recovery”, *Plant Physiology Biochemistry*, 48: 200–206.
206. Shewfelt, R.L. ve Purvis, A.C., 1995. Toward a comprehensive model for lipid peroxidation in plant tissue disorders. *Horticulture Science*, 30: 213–218.
207. Diego, A.M., 2003. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. *Environ. Exp. Bot.*, 49: 69–76.
208. Costa-França, M. G., Pham-Thi, C. A. T., Pimentel, R. O. P., Rossiello, Y., Fodil, Z. ve Laffray, D., 2000. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress, *Environ. Exp. Bot.* 43: 227–237.
209. Basu, S., Roychoudhury, A., Paromita Saha, P. ve Sengupta, D. N., 2010. “Differential antioxidative responses of indica rice cultivars to drought stress”, *Plant Growth Regulation.*, 60: 51–59.
210. Johnston, J.W., Harding, K. ve Benson, E.E., 2007. Antioxidant status and genotypic tolerances of *Ribes* in vitro cultures to cryopreservation, *Plant Sci.*, 172: 524–534.
211. Macar, T.K. ve Ekmekçi, Y., 2008. PSII Photochemistry and antioxidant responses of chickpea variety exposed to drought, *Zeitschrift für Naturforschung C*, 63(7-8): 583–594.

212. Lizana, C., Wentworth, M., Martinez, J.P., Villegas, D., Meneses, R., Murchie, E.H., Claudio Pastenes, C., Lercari, B., Vernieri, P., Horton, P. ve Pinto, M., 2006. Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress, *Journal of Experimental Botany*, 57 (3): 685–697.
213. Zhu, J.K., 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 53: 247–273.
214. Apel, K. ve Hirt, H., 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Ann. Rev. Plant Biol.* 55: 373–399.
215. Heimler, D., Isolani, L., Vignolini, P., Tombelli, S. ve Romani, A., 2007. Polyphenol content and antioxidant activity some species of freshly consumed salads. *J. Agric. Food Chem.* 55: 1724–1729.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Elazığ'da tamamladı. 2005 yılında girdiği Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünden Haziran 2009'da mezun oldu. Aynı yıl girdiği Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tezsiz Yüksek Lisans Programından Haziran 2010'da mezun oldu. 2011 yılında Erzurum Oltu Devlet Hastanesine Biyolog olarak atandı. 2012 yılında Giresun Bulancak Devlet Hastanesine Biyolog olarak atandı ve bu görevine halen devam etmektedir. 2013 yılında girdiği Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans programını Şubat 2016'da tamamladı.