

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI PLOİDİ SEVİYELERİNE SAHİP TÜRK BUĞDAY
ÇEŞİTLERİNDE KURAKLIK STRESİ ALTINDA FİZYOLOJİK
VE BİYOKİMYASAL PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

Fadime ÇETİN

Danışman	Doç. Dr. Mehmet Cengiz BALOĞLU
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Kerim GÜNEY
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz KAYA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GENETİK VE BİYOMÜHENDİSLİK ANA BİLİM DALI**

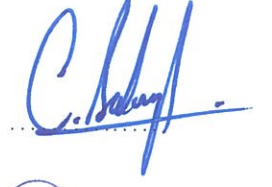
KASTAMONU – 2018

TEZ ONAYI

Fadime ÇETİN tarafından hazırlanan "**Farklı Ploidi Seviyelerine Sahip Türk Buğday Çeşitlerinde Kuraklık Stresi Altında Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametrelerin İncelenmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Genetik ve Biyomühendislik Ana Bilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

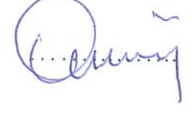
Danışman

Doç. Dr. Mehmet Cengiz BALOĞLU
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Kerim GÜNEY
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz KAYA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



11/05/2018

Enstitü Müdür V.

Doç. Dr. Mehmet Altan Kurnaz



TAAHHÜTNAME

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

İmza
Fadime ÇETİN



ÖZET

Yüksek Lisans

FARKLI PLOİDİ SEVİYELERİNE SAHİP TÜRK BUĞDAY ÇEŞİTLERİNDE KURAKLIK STRESİ ALTINDA FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Fadime ÇETİN

Kastamonu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Genetik ve Biyomühendislik Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. M. Cengiz BALOĞLU

Kuraklık bitki büyümesini sınırlayan en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir. Bu yüzden, kuraklık stresi buğday dâhil birçok bitkide ürün verimini düşürmektedir. Dolayısıyla, bitkilerde ve özellikle buğdayda kuraklığa karşı hassas ve dayanıklı türlerin belirlenmesi ıslahçılar için kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, farklı ploidilere sahip olan Siyez (*Triticum monococcum*), Kızıltan-91 (*Triticum turgidum* durum) ve Yüreğir-89 (*Triticum aestivum* cv.) olarak bilinen Türk buğday çeşitlerinin kuraklık stresine karşı oluşturdukları cevaplar fizyolojik ve biyokimyasal seviyede incelenmiştir. Kontrol grupları ile birlikte kuraklığa maruz bırakılmış buğday türlerinin yaprak ve kök dokularında fizyolojik (taze ağırlık, kuru ağırlık ve uzunluk), biyokimyasal (membran geçirgenliği, MDA, H₂O₂, prolin ve askorbik asit miktar tayini) ve antioksidan enzim aktivite tayin (SOD, CAT, APX ve GPX) analizleri yapılmıştır.

Kuraklık stresi uygulamasıyla tüm türlerin kök uzunlukları arttığı ve serbest oksijen türlerinin artmasıyla membran yapısının zarara uğradığı gözlemlenmiştir. Enzimatik olmayan antioksidanlardan olan askorbik asit ve değişen su miktarından bitkinin en az zarar görmesi için sentezlenen organik maddelerden biri olan prolin miktarının kök ve yaprak dokularında en fazla Yüreğir-89’da, en az ise Siyez’de arttığı tespit edilmiştir. Hücre için zararlı olan H₂O₂’nin H₂O ve O₂’ye parçalanmasını sağlayan CAT enzim aktivitesinin, kökte sadece Yüreğir-89’da yaprakta ise Kızıltan-91 çeşidinde arttığı belirlenmiştir. Oksidatif strese karşı bitkilerin ilk savunmalarından olan SOD enziminin aktivitesinin de benzer şekilde Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 çeşitlerinde artış gösterdiği bulunmuştur. H₂O₂’nin uzaklaştırılmasında başlıca koruyucu antioksidan olarak GPX aktivitesinde en fazla Yüreğir-89 çeşidinde arttığı belirlenmiştir. Siyez buğday çeşidinde ise, yaprakta CAT ve kökte SOD enzim aktivitelerinin düşük oranda olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan tüm analizlerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, Kızıltan-91 ve Yüreğir-89 buğday çeşitleri kuraklığa dayanıklı, Siyez buğdayının ise kuraklığa duyarlı olduğu belirlenmiştir. Bu durum, Kızıltan-91 ve Yüreğir-89 çeşitlerinde kuvvetli enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma mekanizmalarının, kuraklık stresine karşı

oluřturduđu cevaplardan kaynaklanabileceđi dűřűnűlmektedir. Çalıřma ile farklı kromozom sayılarına sahip buđday tűrlerinin kuraklıđa dayanıklılıkları ile ilgili bu deđerli bilgilerin buđday ıslah çalıřmalarında kullanılabileceđi dűřűnűlmektedir. Ayrıca bu tezin gelecekte, hayatta kalabilme řansı yűksek buđday tűrlerinin belirlenmesi çalıřmaları için referans bir kaynak olma potansiyelinin de olduđu dűřűnűlmektedir.

Anahtar Kelimeler: buđday, kuraklık stresi, fizyolojik ve biyokimyasal deđiřimler, reaktif oksijen tűrleri (ROS), antioksidan

2018, 154 sayfa
Bilim Kodu: 923



ABSTRACT

MSc. Thesis

INVESTIGATION OF PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF TURKISH WHEAT CULTIVARS WITH DIFFERENT PLOIDY LEVEL UNDER DROUGHT STRESS CONDITIONS

Fadime ÇETİN

Kastamonu University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Genetics and Bioengineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. M. Cengiz BALOĞLU

Drought is one of the most important abiotic stress factors that limit plant growth. Drought stress reduces the yield of many crops including wheat. Therefore, the identification of susceptible and tolerant plant species to drought in particular with wheat is critical for breeders. In this study, responses of against drought stress were investigated in Turkish wheat varieties, which have different ploidies and known as Siyez (*Triticum monococcum*), Kızıltan-91 (*Triticum turgidum* durum) and Yüreğir-89 (*Triticum aestivum* cv.), at the physiological and biochemical level. In leaf and root tissues of wheat species exposed to drought with control groups, physiological (fresh weight, dry weight and length), biochemical (membrane permeability, MDA, H₂O₂, proline and ascorbic acid amount determination) and antioxidant enzyme activity determination (SOD, CAT, APX and GPX) analyzes were performed.

It was observed that root lengths of all species increased with the application of drought stress and membrane structure was damaged due to increase of free oxygen species. It was determined that ascorbic acid (non-enzymatic antioxidant) and proline (one of the organic materials synthesized for the least damage of the plant from the changing water status) amonuts increased in root and leaf tissues mostly in Yüreğir-89 and at least in Siyez. The CAT enzyme activity, which enables H₂O₂ to break down into H₂O and O₂, has raised in roots of Yüreğir-89 and in leaves of Kızıltan-91. It was found that the activity of SOD enzyme from the first defenses of the plants against the oxidative stress was similarly increased in Yüreğir-89 and Kızıltan-91 varieties. It has been determined that the GPX activity, which is the main protective antioxidant pathway for H₂O₂ removal, increased most in the Yüreğir-89. In the case of Siyez wheat variety, it was observed that CAT activitiy in the leaf and the SOD activitiy in the root were low.

As a result of evaluation of all conducted analyzes, it was determined that Kızıltan-91 and Yüreğir-89 wheat varieties were resistant to drought and Siyez wheat was susceptible to drought. It is thought that strong enzymatic and non-enzymatic

antioxidant defense mechanisms in Kızıltan-91 and Yüreğir-89 varieties may be caused by the responses to drought stress. It is also thought that this valuable information about the drought tolerance of wheat species with different chromosome numbers can be used in wheat breeding trials. In addition, it is considered that this thesis has the potential to become a reference source for studies of the identification of wheat species with high survival potential in the future.

Key Words: wheat plant, drought stress, physiological and biochemical changes, reactive oxygen species, antioxidant

2018, 154 pages

Science Code: 923



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans süresince deneylerimi maddi ve manevi olarak destekleyen sayın danışmanım Doç. Dr. Mehmet Cengiz BALOĞLU' na, yüksek lisans eğitimi hayatımda ders aldığım, bilgi ve deneyimleriyle katkıda bulunan sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Yasemin Çelik ALTUNOĞLU'na ve derslerini alabildiğim daha nice hocalarıma teşekkür ederim.

Deneylerimde bana yardımcı olan N. Mehmet ÜNEL'e, Arş. Gör. Esra Nurten YER'e, Arş. Gör. Ferhat ULU'ya ve laboratuvarındaki diğer arkadaşlara, Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı çalışanlarına, desteklerinden dolayı bana daima kendimi iyi hissettiren Kastamonu Üniversitesi Genetik ve Biyomühendislik Bölümü lisans öğrencilerine çok teşekkür ederim.

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 215Z354 kodlu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eğitimim boyunca bana destek olan aileme ve canım halama en içten duygularla teşekkür ederim.

Fadime ÇETİN
Kastamonu, Mayıs, 2018

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
TABLOLAR DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Buğday Hakkında Genel Bilgiler	1
1.1.1. Tarihi ve Evrimsel Gelişim Süreci	3
1.1.2. Besinsel Değeri ve Kullanımı.....	8
1.1.3. Küresel Üretimi.....	10
1.2. Bitkilerde Kuraklık Stresi.....	12
1.3. Bitkilerin Kuraklık Stresine Fizyolojik Yanıtı	15
1.4. Bitkilerde Antioksidan Savunma Sistemi.....	18
1.4.1. Enzimatik Antioksidanlar	21
1.4.2. Enzimatik Olmayan Antioksidanlar.....	22
1.5. Bitkilerin Kuraklık Stresine Gen Düzeyinde Yanıtı.....	24
1.6. Çalışmanın Amacı	25
2. KURAMSAL ÇERÇEVE	27
3. MATERYAL VE YÖNTEM	43
3.1. Materyaller	43
3.1.1. Kimyasal Madde ve Kitler	43
3.1.2. Bitki Materyalleri.....	44
3.2. Yöntemler.....	44
3.2.1. Bitkinin Büyütülmesi	44
3.2.2. Kuraklık Stresi Uygulamaları	44
3.2.3. Fizyolojik Analizler	44
3.2.4. Membran Geçirgenliğinin Ölçümü	45

3.2.5.	Prolin İçeriğinin Belirlenmesi	45
3.2.6.	Lipit Peroksidasyon (MDA) İçeriğinin Belirlenmesi.....	46
3.2.7.	Hidrojen Peroksit İçeriğinin Belirlenmesi	48
3.2.8.	Vitamin C (Askorbik Asit) Miktar Tayini	49
3.2.9.	Protein Miktar Tayini	50
3.2.10.	APX Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi	52
3.2.11.	CAT Enziminin Belirlenmesi.....	53
3.2.12.	SOD Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi	54
3.2.13.	GPX Enziminin Belirlenmesi.....	55
3.2.14.	İstatistiksel Analizler.....	56
4.	BULGULAR	57
4.1.	Kuraklık Stresinin Buğday eşitleri Üzerine Etkileri	57
4.1.1.	Kuraklık Stresinin Fizyolojik Etkileri	59
4.1.1.1.	<i>Kuraklık stresinin taze ağırlık üzerine etkileri.....</i>	59
4.1.1.2.	<i>Kuraklık stresinin kuru ağırlık üzerine etkileri.....</i>	62
4.1.1.3.	<i>Kuraklık stresinin kök ve yaprak uzunlukları üzerine etkileri</i>	64
4.1.2.	Kuraklık Stresinin Biyokimyasal Etkileri	66
4.1.2.1.	<i>Prolin içeriği</i>	66
4.1.2.2.	<i>MDA</i>	69
4.1.2.3.	<i>Membran geçirgenliğı.....</i>	71
4.1.2.4.	<i>H₂O₂</i>	73
4.1.2.5.	<i>Askorbik asit miktarı</i>	75
4.2.	Kuraklık Stresinin Antioksidan Enzim Sistemleri Üzerine Etkileri.....	77
4.2.1.	APX Aktivitesi	78
4.2.2.	CAT Aktivitesi	80
4.2.3.	SOD Aktivitesi.....	82
4.2.4.	GPX Aktivitesi.....	85
5.	SONUÇ VE TARTIŞMA.....	88
	KAYNAKLAR	92
	EKLER.....	116
	EK 1 Uzunluk Siyez kök-yaprak.....	118
	EK 2 Uzunluk Yüreğir kök-yaprak	119

EK 3 Uzunluk Kızıltan kök-yaprak	120
EK 4 Taze ağırlık Siyez kök-yaprak	121
EK 5 Taze ağırlık Yüreğir kök-yaprak	122
EK 6 Taze ağırlık Kızıltan kök-yaprak	123
EK 7 Kuru ağırlık Siyez kök-yaprak	124
EK 8 Kuru ağırlık Yüreğir kök-yaprak	125
EK 9 Kuru ağırlık Kızıltan kök-yaprak	126
EK 10 Membran geçirgenliği Siyez kök-yaprak	127
EK 11 Membran geçirgenliği Yüreğir kök-yaprak	128
EK 12 Membran geçirgenliği Kızıltan kök-yaprak	129
EK 13 Lipit peroksidasyon Siyez kök-yaprak	130
EK 14 Lipit peroksidasyon Yüreğir kök-yaprak	131
EK 15 Lipit peroksidasyon Kızıltan kök-yaprak	132
EK 16 Hidrojen peroksit Siyez kök-yaprak	133
EK 17 Hidrojen peroksit Yüreğir kök-yaprak	134
EK 18 Hidrojen peroksit Kızıltan kök-yaprak	135
EK 19 Askorbik asit Siyez kök-yaprak	136
EK 20 Askorbik asit Yüreğir kök-yaprak	137
EK 21 Askorbik asit Kızıltan kök-yaprak	138
EK 22 Prolin Siyez kök-yaprak	139
EK 23 Prolin Yüreğir kök-yaprak	140
EK 24 Prolin Kızıltan kök-yaprak	141
EK 25 CAT Siyez kök-yaprak	142
EK 26 CAT Yüreğir kök-yaprak	143
EK 27 CAT Kızıltan kök-yaprak	144
EK 28 APX Siyez kök-yaprak	145
EK 29 APX Yüreğir kök-yaprak	146
EK 30 APX Kızıltan kök-yaprak	147
EK 31 SOD Siyez kök-yaprak	148
EK 32 SOD Yüreğir kök-yaprak	149
EK 33 SOD Kızıltan kök-yaprak	150
EK 34 GPX Siyez kök-yaprak	151

EK 35 GPX Yüreğir kök-yaprak	152
EK 36 GPX Kızıltan kök-yaprak.....	153
ÖZGEÇMİŞ	154



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

aa	Aminoasit
ABA	Absisik Asit
ANOVA	Varyans Analizi
APX	Askorbat peroksidaz
BSA	Bovin Serum Albumin (Sığır Serum Albümin)
bZIP	Basic Leucine Zipper
CAT	Katalaz
cDNA	Komplementer DNA
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
ddH ₂ O	Distile-Deiyonize Su
dk	Dakika
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
dNTP	Deoksiribonükleotid Trifosfat
EDTA	Etilendiamin Tetraasetik Asit
ETS	Elektron Taşıma Sistemi
E-value	Beklenti Değeri
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
Fdred	Ferrodoksin
g	Yerçekim
GDO	Genetiği Değiştirilmiş Organizma
GPX	Glutasyon peroksidaz
gr	Gram
GR	Glutasyon Redüktaz
GR24	Strigolakton
GSSG	Okside glutasyon
H	Hidrojen
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
H ₂ SO ₄	Sülfirik Asit
HSP	Heat Shock Proteins (Isı Şoku Proteinleri)
JA	Jasmonik Asit
kD	Kilodalton
L	Litre
LEA	Late Embryogenesis Abundant (Geç Embriyogenez Proteinleri)
M	Molar
MDA	Malondialdehit (Lipit Peroksidasyon)
mg	Miligram
miRNA	Mikro RNA
ml	Mililitre
M.Ö	Milattan Önce
mRNA	Mesajcı Ribo Nükleik Asit
NADP	Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate

NADPH	Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate
NBT	Nitroblue Tetrazolium
NO	Nitrik Oksit
O ₂	Oksijen
O ₂ ⁻	Süperoksit Anyonu
¹ O ₂	Singlet Oksijen
OH ⁻	Hidroksil Radikali
PEG	Polietilen Glikol 6000
ppm	Parts Per Million (Milyonda Bir Birim)
PVP	Polivinilpirolidon
PZR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
RNAaz	Ribonükleaz
ROS	Radikal Oksijen Türleri
rpm	Revolution Per Minute (Dakikadaki Devir Sayısı)
RT-PCR	Real Time PCR (Eş Zamanlı PCR)
SA	Salisilik Asit
sn	Saniye
SOD	Süperoksit Dismutaz
TBA	Thiobarbitürik Asit
TCA	Trikloro Asetik Asit
TF	Transkripsiyon Faktörü
UV	Ultraviyole
WST	Water-Soluble Tetrazolium Salt
XO	Xanthine Oxidase (Ksantin Oksidaz)
°C	Santigrad
~	Yaklaşık olarak
μ	Mikro
μmol	Mikromol
μM	Mikromolar
μl	Mikrolitre

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Buğdayın kökeni	6
Şekil 1.2. Bitki kuraklık stresi uzun dönem (sol) ve kısa dönem (sağ) reaksiyonları	17
Şekil 1.3. Antioksidanın serbest radikali nötrale etmesi	21
Şekil 3.1. Prolin standart grafiği	46
Şekil 3.2. Hidrojen peroksit standart grafiği	49
Şekil 3.3. Askorbik asit standart grafiği	50
Şekil 3.4. Protein standart grafiği	52
Şekil 3.5. SOD tayin kitinin prensibi	54
Şekil 4.1. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin morfolojik görüntüleri	58
Şekil 4.2. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök taze ağırlığı	60
Şekil 4.3. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak taze ağırlığı	61
Şekil 4.4. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök kuru ağırlığı	62
Şekil 4.5. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak kuru ağırlığı	63
Şekil 4.6. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök uzunluğu	64
Şekil 4.7. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak uzunluğu	65
Şekil 4.8. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki prolin miktarı	67
Şekil 4.9. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki prolin miktarı	68
Şekil 4.10. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki MDA miktarı	69
Şekil 4.11. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki MDA miktarı	70
Şekil 4.12. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki membran geçirgenliği	71
Şekil 4.13. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki membran geçirgenliği	72
Şekil 4.14. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki H ₂ O ₂ miktarı	73

Şekil 4.15. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki H_2O_2 miktarı	74
Şekil 4.16. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki askorbik asit miktarı	75
Şekil 4.17. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki askorbik asit miktarı	76
Şekil 4.18. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki APX aktivitesi	78
Şekil 4.19. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki APX aktivitesi	79
Şekil 4.20. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki CAT aktivitesi	80
Şekil 4.21. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki CAT aktivitesi.....	81
Şekil 4.22. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki SOD aktivitesi	83
Şekil 4.23. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki SOD aktivitesi	84
Şekil 4.24. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki GPX aktivitesi.....	85
Şekil 4.25. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki GPXaktivitesi.....	86

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. İlkel Kültür Buğdayları, Çeşit Grupları ve Ploidi Seviyeleri.....	2
Tablo 1.2. Türkiye'de Yayılış Gösteren Bazı Aegilops, Amblyopyrum, Dasypyrum, Yabani Triticum Türleri ve Genom Formülasyonları....	5
Tablo 1.3. 100 Gram Ekmekte Bulunan Besin Maddelerinin Yaklaşık Oranları	8
Tablo 1.4. Türkiye’de ve Avrupa Birliği Ülkelerinde Buğday Ürünleri Tüketimi	9
Tablo 3.1. Kök ve Yaprak Örneklerinin Hazırlanışı	51
Tablo 3.2. BSA Standartının Hazırlanışı	51

1. GİRİŞ

Konum itibariyle uygun iklim ve coğrafi koşullara sahip olan Türkiye; tarımda dünya üzerinde önde gelen ülkelerden biri olarak kabul edilmektedir. Türkiye; buğday, arpa, yulaf, bezelye ve mercimek gibi dünyaca önemli tarımsal türlerin başlıca merkezi olarak kabul edilmektedir (World Bank, 1993; Nesbitt, 1995; Diamond, 1997). Bu nedenle hemen hemen her türlü bitki yetişmektedir. 20. yüzyılın başlarında Vavilov'un yaptığı çalışmalar sonucu; kültür bitkilerinden türetilen yabancı akrabalarının doğal yayılım gösterdiği sekiz yer tanımlanmıştır. Bu sekiz merkezden ikisi ülkemizde bulunmaktadır. Bu merkezler tarımsal üretimin zengin ve çeşitli olduğu yerlerdir. Ülkemizde yer alan bu iki merkez Akdeniz Orijin Bölgesi ve Yakın Doğu Orijin Bölgesidir (Vavilov, 1987).

Amerikalı bilim adamı Harlan da Vavilov'un bahsettiği orijin bölgelerinin beş parçaya ayrılması gerektiği sonucuna varmıştır (Harlan ve De Wet, 1971). Ekingen diğer bulguları da kullanarak; Türkiye'nin genetik kaynak çeşitliliği olarak yedi parçaya ayrılması gerektiğini saptamıştır (Özberk vd., 2016). Özetle; genetik kaynaklar açısından Türkiye zengin bir ülkedir (Plarre, 1991), bu zenginliklerden birisi de buğdaydır.

1.1. Buğday Hakkında Genel Bilgiler

Buğdayın topraklarımızdaki geçmişi oldukça eskidir. Pek çok tahılın atası olarak başta buğday ve arpa, bu bölgenin doğal bitki türlerindendir. Buğday insan yaşamını etkilerken; insan da buğdayın evrimini etkilemiştir. Başta; doğadan toplanan Yabancı Siyez (*Triticum boeoticum*) ve Yabancı Gernik (*T. dicoccoides*) sonradan doğal seçimle Siyez (*T. monococcum*) ve Gernik'in (*T. dicoccon*) ilkel formlarına evrimleşmiştir. Evrimleşen bu iki türün; yabancılarla göre kavuzlu, başaklarının kırılma olmamaları ve daha iri taneye sahip olmalarından dolayı insanoğlu bunlara yönelmiştir. İnsanoğlunun bu bitki türlerini fark etmesi ve zamanla bunların ekimlerini yapmaları ile göçebe yaşam tarzlarından yerleşik yaşam biçimine geçmelerine neden olmuştur. Bu kültürel hayata geçiş Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşmiştir (Nesbitt ve Samuel

1996; Zohary ve Hopf 2000; Lev-Yadun, Gopher ve Abbo, 2002). Buğdaylar kendi kendine tozlaşmalarına karşın; 25 000 farklı kültürü yapılan buğday bulunmaktadır (Zohary, 1969). Kültürü yapılan ilk buğdaylar kavuzlu yapılara sahiptir ve tanelerini kavuzlarından ayırabilmek zordur. Ancak modern buğday çeşitlerinde ise; taneler kavuzlara yapışık değildir. Bu nedenle de kolayca ayrılmaktadır. Günümüzde modern buğday çeşitleri; tetraploid makarnalık buğday ($2n=28$, AABB) ve hekzaploid ekmeklik buğday ($2n=42$, AABBDD)'dir. Ayrıca modern buğday türlerinin başakları sert ve dayanıklıdır (Zohary, 1969). Kültür buğdaylarının ploidi seviyeleri ve grupları Tablo 1.1.'de görülmektedir.

Tablo 1.1. *İlkel Kültür Buğdayları, Çeşit Grupları ve Ploidi Seviyeleri (Kün, 1981)*

Türler	Türkçe isimleri	Çeşit grubu	Ploidi seviyesi
<i>T. monococcum</i> L.	Kaplıca=Siyez	Siyez	Diploid
<i>T. turgidum</i> L.	Gernik=Çatal kaplıca, Çatal Siyez	<i>dicoccon</i>	Tetraploid
	Makarnalık buğday	<i>durum</i>	Tetraploid
	Asıl makarnalık	<i>durum ssp. commune</i>	Tetraploid
	Makarnalık topbaş buğday	<i>durum ssp. duro-compactum</i>	Tetraploid
	Kaba buğday	<i>turgidum</i>	Tetraploid
	Turna gagası buğday	<i>polonicum</i>	Tetraploid
	Doğu buğdayı	<i>carthlicum</i>	Tetraploid
<i>T. timopheevi</i>	Rus buğdayı	Rus buğdayı	Tetraploid
<i>T. aestivum</i> L. em Thell spelta	Kavuzlu buğday	<i>spelt</i>	Hekzaploid
	Dallı buğday	<i>vavilovi</i>	Hekzaploid
	Ekmeklik buğday	<i>aestivum</i>	Hekzaploid
	Topbaş ekmeklik buğday	<i>compactum</i>	Hekzaploid
	Cüce buğday	<i>sphaerococcum</i>	Hekzaploid
	Maha buğdayı	<i>macha</i>	Hekzaploid

1.1.1. Tarihi ve Evrimsel Gelişim Süreci

Hem stratejik hem de kültürel bir miras olan buğdayın Anadolu'da yaklaşık on bin yıllık bir tarihi bulunmaktadır (Harlan, 1995). Ülkemizde; kültüre alınan önemli hububatgillerdendir (Zohary ve Hopf, 1988). Buğdayın ilk olarak kültüre alındığı ve doğal yayılış gösterdiği bölge; Güneydoğu Anadolu Bölgesidir (Nesbitt ve Samuel 1996; Zohary ve Hopf 2000; Lev-Yadun, Gopher ve Abbo, 2002). Ülkemizde buğday hem tarihi anlamda hem de toplumsal, kültürel ve ekonomik anlamda önemlidir. Türkiye sınırları içerisindeki buğdayın geçmişi tüm medeniyetlerden öncesine uzanmaktadır (Nesbitt ve Samuel 1996; Tanno ve Willcox, 2006; Yavuz, 2010). Cins adı *Triticum* olan buğdayın kültüre alındığı ilk zamanlarda taneleri kavuzluydu ve tanelerini kavuzlarından ayırabilmek için ek müdahaleler gerekiyordu. Ayrıca kültür buğdaylarında sert ve kolay kırılabilen bir yapıya sahip olmayan başak; hasattan sonra ayrılmaktadır. Modern buğday çeşitlerinde ise taneler kavuzlara yapışık durumda olmadığı için, kolayca ayrılmaktadır. Başak eksenleri de olgunlaştıkları dönemde kırılarak; başakçıklara ayrılmaktadır (Zohary, 1969).

Türkiye'de yetiştirilen yerel buğdayların verimleri kısıtlı olmakla birlikte, çoğunlukla da uzun boylu oldukları için yatmaya eğilimli olan bu türlerin yaprak hastalıklarına karşı dirençleri düşüktür. Doğal seçim yoluyla yüzyıllardır varlığını sürdüren, adaptasyon yetenekleri yüksek, sıcağa ve kurağa toleranslı, tane kalitesi de yüksek genetik kaynaklardır (Özberk, 2010). Buğday, tozlaşmasını kendi kendine gerçekleştirebilmesine rağmen; kültürü yapılan yirmi beş bin farklı cins buğday mevcuttur (Zohary, 1969). Kültüre alınan bitkilere gen havuzuyla istenen niteliklerin kazandırılabilmesi için birtakım çalışmalar yapılmıştır. 1971'de Harlan ve arkadaşlarının yaptığı bu çalışmayla *Aegilops*, *Dasypyrum*, *Triticum* ve *Amblyopyrum* cinsi buğday türleri; birincil ve ikincil gen havuzunu oluşturarak ülkemizin önemli bir gen merkezi olmasını sağlamıştır (Harlan ve De Wet, 1971).

20. yy.'ın ilk çeyreğine rastlayan yerel buğday türlerini toplama çalışmaları; ülkemizde Mirza Gökgöl tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayla buğdayın gen merkezleriyle ilgili önemli bir başarı elde edilmiştir (Gökgöl, 1935; Gökgöl, 1939).

Modern buğday çeşitlerinin gelişiminde üç genom rol oynamaktadır. Bunlardan A genomunun donörü *T. urartu* Thumanjan ex Gandilyan, B genomunun donörü hakkında tartışmalar olsa da; *Ae. speltoides* Tausch'dir. D genomunun ise *Ae. tauschii* Coss'dan geldiği belirlenmiştir (Chantret vd., 2005). Türkiye'de yayılış gösteren bazı buğday türlerinin genomları listelenmiştir (Tablo 1.2.).

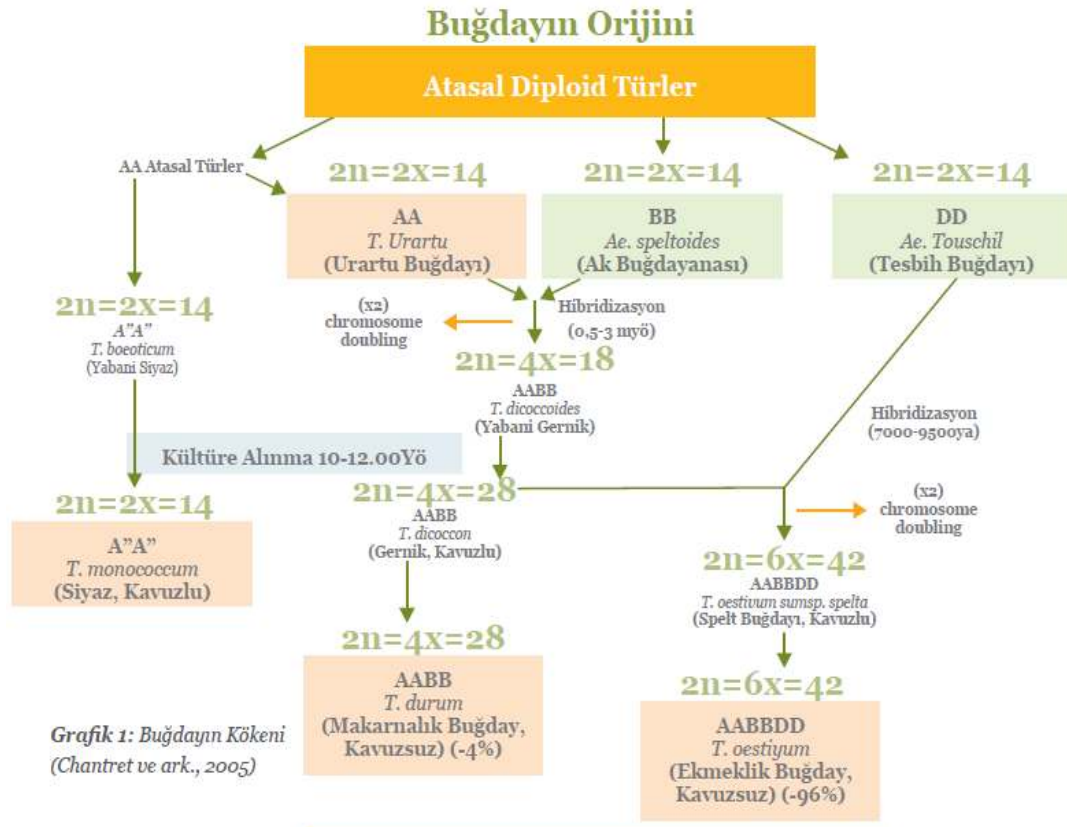


Tablo 1.2. Türkiye’de Yayılış Gösteren Bazı *Aegilops*, *Amblyopyrum*, *Dasypyrum* ve Yabani *Triticum* Türleri (Cabi ve Doğan 2012) ve Genom Formülasyonları (Waines ve Barhart, 1992)

Türler	Türkçe isimleri	Kromozom sayıları	Genom formülasyonları
<i>Ae. biuncialis</i> Vis.	İkikılçık	$2n=4x=28$	UM
<i>Ae. caudata</i> L.,	Karaot	$2n=2x=14$	C
<i>Ae. columnaris</i> Zhuk	Kıl buğday	$2n=4x=28$	UM
<i>Ae. comosa</i> Sm. in Sibth. & Sm	Uzunkılçık	$2n=2x=14$	M
<i>Ae. crassa</i> Boiss	Kalınbuğday	$2n=4x=28$; $2n=6x=42$	DM; DDM
<i>Ae. cylindrica</i> Host	Kirpikli ot	$2n=4x=28$	DC
<i>Ae. geniculata</i> Roth	Konbaş	$2n=4x=28$	MU
<i>Ae. juvenalis</i> (Thell.) Eig	Kaba buğday	$2n=6x=42$	DMU
<i>Ae. kotschy</i> Boiss	Asi buğday	$2n=4x=28$	SU
<i>Ae. neglecta</i> Req. Ex Bertol	Tüylü buğday	$2n=4x=28$; $2n=6x=42$	UM; UMN
<i>Ae. peregrina</i>	Kum	$2n=4x=28$	SU
<i>Ae. speltoides</i> Tausch	Ak	$2n=2x=14$	S
<i>Ae. tauschii</i> Coss.	Tespih	$2n=2x=14$	D
<i>Ae. triuncialis</i> L.	Üçkılçık	$2n=4x=28$	UC; CU
<i>Ae. umbellulata</i> Zhuk.	Hanım	$2n=2x=14$	U
<i>Ae. uniaristata</i> Vis	Tek kılçık	$2n=2x=14$	N
<i>Ae. vavilovii</i> (Zhuk.) Chennav	Zarif	$2n=6x=42$	DMS
<i>Amblyopyrum muticum</i> (Boiss.) Eig	Narin	$2n=2x=14$	T
<i>Dasypyrum villosum</i> (L.) Candargy	Kızılev	$2n=2x=14$	V
<i>Triticum boeoticum</i> Boiss	Yabani siyez	$2n=2x=14$	AmAm
<i>T. dicoccoides</i> (Körn. ex Asch. & Graebn.) Schweinf.	Yabani gernik	$2n=4x=28$	AABB (AB)
<i>T. timopheevii</i> (Zhuk.) Zhuk. v. araraticum (Jakubz.) Yen	Deli rus buğdayı	$2n=4x=28$	AAGG (AG)
<i>T. urartu</i> Thumanjan ex Gandilyan	Urartu buğdayı	$2n=2x=14$	AA (A)

AA, BB ve DD genomlarına sahip olan buğday cinsleri $2n=14$ kromozoma sahiptir. Atasal türlerden olan *T. boeoticum* (Yabani Siyez) $2n=2x=14$ kromozom yapısına

sahiptir. Evrimleşerek kavuzlu yapıya sahip *T. monococcum* (Siyez) formuna ulaşmıştır. Modern buğdaylar iki türe aittir: *T. aestivum* cinsi ekmeklik buğdaydır ve $2n=42$ kromozom içerip, AABBDD genomuna sahiptir. Diğer tür ise *T. durum* cinsi makarnalık buğdaydır ve $2n=28$ kromozomlu, AABB genomu sahiptir (Zohary, 1969). Modern buğday çeşitlerinden tetraploid ($2n=4x=28$) ve hexaploid ($2n=6x=42$) buğdayların, B genomunun donörü ile A genomunun donörünün kendiliğinden melezlenmesiyle Yabani Gernik (*T. dicoccoides*) türünden geldiği saptanmıştır. Daha sonra Yabani Gernik evrimleşerek önce Gernik (*T. dicoccon*) sonrasında da tetraploid seviyeli kavuzsuz buğdaylara dönüşmüştür. Kavuzlu yapıya sahip $2n=28$ kromozomlu AABB Gernik buğdayıyla; $2n=14$ kromozomlu D genomunun donörü *Ae. tauschii* türlerinin melezlenmesiyle AABBDD genomlu $2n=42$ kromozomlu kavuzlu yapıya sahip *T. oestivum* sumsp. *Spelta* (Spelt buğdayı) oluşmuştur. Spelt buğdayının da evrimiyle $2n=42$ kromozomlu *T. aestivum* cinsi kavuzsuz ekmeklik buğdaylar gelişmiştir (Chantret vd., 2005). Buğdayın gelişim süreci Şekil 1.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Buğdayın kökeni (Chantret vd., 2005)

Gelişen bu ekmeklik buğdayların verimi fazla, taneleri iri ve ekmeklik kaliteleri yüksektir. Bu özelliklere sahip olmalarından dolayı doğal mutasyonla mı yoksa insan eliyle mi olduğu yönünde tartışmalar yaşanmaktadır. Yaygın kanı, doğal mutasyonla oluştuğu yönündedir (Akar vd., 2016; Lillywhite ve Sarrouy, 2014). Ülkemizde elde edilen buğdaylar, GDO yöntem ve teknikleri kullanılmadan üretildiğinden; GDO'lu olarak tanımlanmamaktadırlar (Akar vd., 2016). Elde edilen heksaloid (AABBDD) buğdayların melezlemeyle elde edildiği belirtilmektedir. Yapılan arkeolojik çalışmalarla bu durum desteklenmektedir. Manisa Kaymakçı'da ve Diyarbakır-Karacadağ'da yapılan çalışmalarla, ekmeklik buğdayın M.Ö 8400 ve 3500 yıl önce varlığına işaret edilmektedir (Bilgiç vd., 2016; URL-1, 2017).

19. yüzyılda Japonlar yerel buğdayları olan Daruma ile Kırmızı kışlık Türk buğdayını melezleyerek Norin 10 çeşidini geliştirmişlerdir (Powell vd., 2013). Üretilen bu melez tür cücelik genleri olarak bilinen *Rht1* ve *Rht2* genlerini taşımaktadır. Taşıdığı bu genler sayesinde yatmaya dayanıklı ve sağlam sap yapısına sahiptirler. Norin 10 çeşidi ile Amerika'ya özgü olan Brevor buğday çeşidi melezlenerek yeni hatlar geliştirilmiştir. Elde edilen bu yeni hatlardan da Meksika'da yeni çeşitler elde edilmiştir. Dr. Borlaug ve arkadaşları tarafından elde edilen bu yeni çeşitlerden olan Lerma Rojo ve Sonora 64 oldukça verimlidir. Tüm bu elde edilen yeni çeşitler 1950'lerden sonra tüm dünyaya yayılmaya başlamıştır (Atar, 2017).

1950'li yıllarda başlayan ve 'Yeşil Devrim' olarak adlandırılan pestisit ve azotlu gübrelerin tarımda kullanılmaya başlanması, buğday için önemli dönüm noktasıdır. Cücelik genlerine sahip olan buğdayların boylarının kısa olması azotun daha etkin kullanımını sağlamıştır. Böylelikle de dünyada buğday üretimi 1961-1985 yılları arasında ikiye katlanmıştır (Atalık, 2007). Bu verim artışının ise; gübre kullanımından dolayı mı yoksa yeni buğday çeşitlerinden mi kaynaklandığı tartışma konusudur (Atar, 2017). 1960'lı yılların başında, Türkiye de Meksika'dan buğday ithal ederek bu durumdan etkilenmiştir (Özberk vd., 2016). Melezleme yoluyla elde edilen bu çeşitlerin yüksek verim göstermesi, yerel çeşitlerin ekimlerinde azalmalara neden olmuştur. Yerel çeşitlerle elde edilen bu yeni çeşitlerin topraktaki azotu kullanmaları

da farklılık göstermektedir. Yüksek verimin elde edildiği bu çeşitler, topraktaki azotu da daha hızlı tüketmektedirler (Atar, 2017).

1.1.2. Besinsel Değeri ve Kullanımı

Hububat üretiminde ana ürünlerden biri olan buğday; sıklıkla ekmek üretiminde kullanılmaktadır. Ekmeğin bileşiminde yüksek miktarda mineral, vitamin, protein, lif ve karbonhidrat bulunmaktadır (Tablo 1.3). Sindirimi uzun sürmekte olup, doyumluk hissi verir. Yağ ve kolesterol düzeyi düşüktür. Buğday çeşidi ve üretim koşullarına göre bileşimi değişebilmektedir (Özberk vd., 2016).

Tablo 1.3. 100 gram ekmekte bulunan besin maddelerinin yaklaşık oranları (Özberk vd., 2016)

Protein (%)	Tiamin (%)	Niasin (%)	Riboflavin (%)	Demir (%)	Kalsiyum (%)	Enerji (%)
15	30	7	4	14	6	9

Yetişkin bir birey alması gereken enerjinin %20-24'ünü, proteinin %26-28'ini, niasinin %10-18'ini, B₁ vitamininin %18-42'sini, B₂ vitamininin %8-20'sini, demirin %8-32'ini, kalsiyumun %6-38'ini günde yaklaşık 200 gr ekmek tüketerek karşılayabilmektedir (Özberk vd., 2016).

Düzenli beslenmede alınması gereken kaloringin; %15-20'sini protein, %25-30'unu yağ ve %50-55'ini karbonhidrat oluşturur. Buğdayın içeriğinde vitamin, karbonhidrat, besinsel lif, protein ve mineral maddeler vardır ve %83 oranıyla en fazla karbonhidrat bulunmaktadır. Kolesterol ve yağ oranı ise azdır. Nişasta ve lif gibi karbonhidratların vücut tarafından alınmasının en iyi ve ekonomik yolu buğday tüketimidir. Buğdayda rüşeymi olarak bilinen kısım; diğer kısımlara göre daha fazla E vitamini, B vitamini ve yağ içermektedir (Özberk vd., 2016). Dünyada yaşayan 4,5 milyar insanın ihtiyacı olan proteinin %20'si buğday ürünlerinden karşılanmaktadır. Ülkemiz, en fazla buğday ve buğday ürünü tüketen ülkelerden biri konumundadır (Özberk vd., 2016). Ülkemizde 2016 yılına ait buğday tüketim oranı Tablo 1.4.'de gösterilmektedir.

Tablo 1.4. Türkiye’de ve Avrupa Birliği ülkelerinde buğday ürünleri tüketimi (Özberk vd., 2016)

	Kişi başına buğday ürünleri tüketimi (kg/yıl)	Toplam kalori (kilokalori/gün)	Buğday ürünlerinden karşılanan kalori (kilokalori/gün)
Türkiye	173,5	3 680	1 311
Avrupa Birliği Ülkeleri	102,9	3 416	772

19. yüzyılın başlarında Türkiye’de etnobotanik çalışmalar başlamıştır. Yalova’da yapılan bir çalışmada; buğday çeşitlerinden *T. aestivum*’un saplarının Anadolu’da sıva yapımında kullanıldığı bildirilmiştir (Koçyiğit ve Özhatay, 2009).

Kırklareli ilinde yapılan bir çalışmada ise; *T. Aestivum* cinsi buğdayın ağrı kesici olarak kullanıldığı saptanmıştır (Kültür, 2007).

T. aestivum ve *T. durum* cinsi buğdaylarla Aksaray’da yapılan bir etnoarkeolojik çalışmada; bu buğday türlerinin siğil oluşumlarına karşı kullanıldığı belirtilmiştir (Ertuğ, 2000).

Gıda olarak kullanımlarının yanı sıra *T. aestivum* cinsi buğdayın demir mineralleri içeren kepek kısmının; kansızlığa ve kabızlığa karşı iyi geldiği kanıtlanmıştır (Öztürk ve Dinç, 2006).

Güneydoğu Anadolu Bölgesine özgü Genim ve Buğda olarak bilinen yerel ekmeklik buğdayları üzerine yapılan etnoarkeolojik çalışmalarda; sap ve samanlarının sağlam olmasından dolayı ve dağılmayarak daha iyi yanması için tezeklere katılmıştır. Bina yapımında sıva olarak da kullanıldığı kaydedilmiştir (Akan vd., 2008).

Lübnan’da yapılan bir çalışmada; *T. aestivum* cinsi buğday kepeğinin kas ağrıları ve romatizmaya iyi geldiği kanıtlanmıştır (El Beyrouthy vd., 2008).

İtalya’da yapılan bir çalışma ise *T. durum* buğdayının küçükbaş hayvancılıkta bağırsak ve mide sorunlarında tedavi amacıyla kullanıldığını; *T. aestivum* cinsi buğdayların ise büyükbaş hayvanlarda bağırsak ve mide sorunlarında, katırlarda cilt hastalıkları ve yaralara karşı kullanıldığını ortaya koymuştur (Viegi vd., 2003). İspanya’da yapılan bir çalışmada da *T. aestivum* cinsi buğdayın hayvanlarda enfeksiyonlara karşı iyi geldiği belirtilmiştir (Bonet ve Valles, 2007).

1.1.3. Küresel Üretimi

Buğday M.Ö 6500’de Yunanistan’a, M.Ö 5000’de Almanya’ya ulaşmıştır (Diamond, 1997). Çin’de ise buğday kalıntıları M.Ö 2600-1600 yıllarına ait bulunmuştur (Flad vd., 2010). 1529 yılında İspanyollar tarafından Amerika kıtasına ilk buğdayların götürüldüğü, 1602 yılında ABD’de ilk olarak ekildiği, sonrasında diğer eyaletlere yayıldığı düşünülmektedir. Kanada’da ise ilk buğday 1605 yılında ekilmiştir. 1874 yılında ABD, Osmanlı’dan yaklaşık iki ton kırmızı sert buğday ithal etmiş ve bu buğday Türkiye Kırmızısı ismiyle nitelendirilmiştir. Bu buğday çeşidi Nebraska’ya yayılmış ve ABD’de 1900’lerde en çok ekimi yapılan tür olmuştur. Sonrasında bundan elde edilen çeşitler kullanılmaya devam edilmiştir ve iyi bir gen kaynağı olarak kullanılmıştır. Bunlardan; Norin 10, Nebraska, Kanred, Blackhull, Nebred, Centürk, Cheyenne en önemlilerindendir (Özberk vd., 2016). 1788 yılında Avustralya’ya ilk buğday getirilmiş ancak ekimi başarılı olamamıştır. Yaşanan bu buğday hastalıklarına çözüm bulunmasıyla 1850’li yıllardan itibaren buğday ekimi hız kazanmıştır. Japonya ise buğday ithalatı yapan bir ülke konumunda olsa da; *cücelik* genleri taşıyan Daruma çeşidi ile *Rht8* geni taşıyan Akakomugi buğdayını melezleyerek Norin 10 çeşidini geliştirmişlerdir (Atar, 2017).

Vavilov ve Zhukovski ülkemizden on bini aşkın buğday materyalini 1925-1950 yılları arasında toplamıştır. Hakkari’ye özgü bir tür olan Horanek; Rusya’da birçok kültür çeşidine üstünlük sağlamıştır (Qualset vd., 1996). Amerikalı bilim insanı olan Harlan’da Türkiye’den iki bin yüz yirmi bir yerel materyali 1948-64 yılları arasında toplamıştır (Damania vd., 1996).

Yerli buğdayla ilgili yapılan ilk çalışmalar; 1935 yılında Mirza Gökgöl tarafından yapılmış, 256 buğday çeşidi belirlenmiştir. İlk olarak 1925 yılında Türkiye'de buğday ıslah çalışmaları Eskişehir Tohum Islah İstasyonu'nda başlamıştır (Atay, 2006). 1970 yılında Eskişehir Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından Rus bilim insanları tarafından geliştirilen Bezostaja-1 çeşidi tescil edilmiştir. Bu çeşidin tescili sonrası makarnalık buğday alanlarını kaplamıştır. 1970-1980 arasında en çok yetiştirilen çeşitlerden biri de yerli Gerek-79 çeşididir (Babaoğlu ve Öztürk, 1996). Son yıllarda yerli çeşitlerin yanı sıra başta İtalyan çeşitlerinin ekimleri yoğun olarak yapılmaktadır (Atar, 2017). Yerel buğday türlerinin ekim alanının; toplam buğday alanının %1'inden bile daha az oranda gerçekleştirildiği bilinmektedir (Mazid vd., 2009) ve yerel çeşitlerin ıslah çalışmalarında çok önemli olduğu saptanmıştır. Bunların genetik kaynak olarak kullanılması pek çok bilim insanı tarafından önerilmektedir (Keller vd., 1991; Zanatta vd., 1996; Tesemma vd., 1998; Zanatta vd., 1998; Dotlaçil vd., 2010, Jaradat, 2012). Bu nedenle dünyada yerel buğdaylara talep artmıştır. Bu amaçla Siyez buğdayı, İtalya'da Presidia Projesi kapsamındadır (Özberk vd., 2016).

Ülkemizde ortalama olarak 20,6 milyon ton buğday üretimi yapılmakta olup, ekilebilir alanların %26,5 'lik kısmı buğday ekimine ayrılmıştır. Üretimi gerçekleştirilen buğdayın tüketimi ise 20 milyon ton civarındadır. Ortalama olarak buğday verimi 260 kg/da'dır. Çeşitli sebeplerle tarım arazilerinin azalmasına karşın; az da olsa toplam buğday üretim miktarında artış yaşanmaktadır. Bu da buğdaydaki verim artışından ileri gelmektedir. Buğday hububatının Dünya'da yıllık üretim 750 milyon tonu geçmektedir. Buğday üretimine ağırlık veren ülkeler; AB ülkeleri, Çin, Hindistan, ABD, Rusya ve Avustralya'dır. Dünya genelinde yıllık olarak üretimi gerçekleştirilen buğdayın ortalama olarak %96-97'si aynı yıl tüketilmektedir. Buğday ithalatı yapan başlıca ülkeler ise; Mısır, Endonezya, Cezayir, Brezilya, Japonya ve G. Kore'dir (Atar, 2017).

Buğday hububatının ekim alanlarının azalmasına karşın; kültürü yapılan buğdayların artışıyla üretiminin arttığı söylenebilmektedir. Bu teknikle üretimin artması olumlu gibi görüle de; bir taraftan da modern buğday çeşitlerinin gelişmesi yerel buğday türlerinin ortadan kalkmasına sebep olmaktadır (Özberk vd., 2016). Ülkemize de

verimi yüksek olan Meksika buğdayının girmesiyle, buğdayın genetik olarak erozyona uğradığı belirlenmiştir (Karagöz, 2014).

1.2. Bitkilerde Kuraklık Stresi

Çevreleriyle sürekli etkileşim halinde olan canlılar, olumsuz koşullara maruz kalmaları durumunda adaptasyon güçlüğü çekerler ve stres koşullarına maruz kalırlar. Çevre koşullarının bitkiler üzerinde büyüme ve gelişimlerini olumsuz yönde etkileyecek kadar oluşan duruma stres denir. Yani stres; bitki gelişimini olumsuz olarak etkileyen dış faktör olarak bilinmektedir. (Örs ve Ekinci, 2015).

Büyüme ve gelişimlerine engel olan stres faktörlerinden uzaklaşarak kaçınma gibi bir özelliğe sahip olmayan bitkiler, hayvanların aksine bu stres faktörlerine direkt olarak maruz kalırlar. Strese maruz kalan bitkide; büyümede gerileme, stomalarını kapatma, bunun sonucu olarak da fotosentez hızında yavaşlama, ABA seviyesinde kalıcı olmayan artış, koruyucu proteinlerin birikimi, gen ifadesinde baskılanma, enerji tüketim yollarının baskılanması ve antioksidan seviyesinde artış görülmektedir (Bartels ve Sunkar 2005, Taiz ve Zeiger 2002). Ayrıca bu stres bitkinin organlarına da zarar vererek yaşamına son vermektedir (Boyer, 1982; Velthuisen vd., 2007). Stres faktörlerinin verdiği zarar; bitkinin toleransına, türüne ve adaptasyonuna bağlı olarak değişmektedir (Madhava Rao vd., 2005; Kadioğlu, 2004).

Arabidopsis thaliana gibi model bitkilerle yapılan birtakım çalışmalar sonucunda, stres faktörlerine karşı verilen biyokimyasal, fizyolojik ve moleküler cevaplar aydınlatılmaya çalışılmıştır (Boscaiu vd., 2008).

1982’de yapılan bir çalışmada tarım arazilerinin %70’ini stres faktörlerinin etkileyebileceği belirtilirken; 2007’de açıklanan FAO verilerine göre dünyadaki tarım arazilerinin %3,5’inin herhangi bir stres faktöründen etkilenmeyeceği belirtilmiştir (Boyer, 1982; Velthuisen vd., 2007).

Bitkiler hayatta kaldıkları süre içerisinde çok sayıda stres faktörleriyle karşılaşmaktadırlar. Levitt’e göre biyotik ve abiyotik olarak bu faktörler ikiye

ayrılmaktadır (Levitt, 1972). Biyotik faktörler olarak; hayvanların verdikleri zararlar ve mikroorganizma enfeksiyonu sayılabilir. Abiyotik stres faktörleri ise kuraklık, tuzluluk, sıcaklık-soğukluk, radyasyon, kimyasallar, pestisitler, toksinler ve ağır metal gibi etmenlerdir (Lichtenthaler, 1996).

Tarım arazilerinin stres faktörlerinden etkilenme yüzdeleri dikkate alındığında en çok %26'lık oranla kuraklık stresi gelmektedir. Bunu %20 ile mineral madde stresi, %15 ile don stresi takip etmektedir. Geride kalan alanın %29'luk kısmı ise diğer stres elemanlarına maruz kalmaktadır. Ekimi yapılan alanların sadece %10'luk kısmı ise herhangi bir strese maruz kalmamaktadır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). %26'lık oranla kuraklık stresi tarımsal üretimi olumsuz olarak etkilemektedir. Dünya üzerinde ekimi yapılan alanların %20'si sulanırken (Molden 2007, Rosegrant vd., 2009) ancak üretimin üçte biri sulanan topraklardan elde edilmektedir (Pimentel vd., 1997).

Abiyotik stres faktörlerinden kuraklık stresinin bitki türleri üzerindeki etkileri, fizyolojik ve metabolik olarak önemli farklılıklar içermektedir (Belkhodja vd., 1994). Kuraklık stresinden bitkinin etkilenme derecesi, genotipe bağlı olarak değişmektedir ve o genotipin kuraklık stresinden etkilenmesi biyokimyasal ve fizyolojik tepkilere bağlıdır (Kayabaşı, 2011).

Kuraklık stresi, bitkiler üzerinde su eksikliği ve kuruma olarak kendini göstermektedir (Smirnoff, 1993). Su eksikliği olarak bilinen orta düzeydeki sıvı kaybı, stomaların kapanmasına ve gaz değişiminde azalmaya neden olur. Bu orta düzeydeki sıvı kaybına uğrayan bitkilerde stomaların kapanmasıyla birlikte CO₂ alımı azalmaktadır. Diğer sıvı kaybı olarak bilinen kuruma ise; aşırı derecede su kaybı olarak bilinen, hücre yapısının ve metabolizmanın tamamen bozulmasına neden olmaktadır (Smirnoff, 1993; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Su eksikliğinde sahip olunan turgor basıncı kaybedilerek hücreler çökerken; ihtiyacı olan suyu aldığı anda su eksikliğini gidermiş olan bitki tekrardan eski haline dönebilmektedir. Oysaki kurumada su eksikliği çok ileriye gittiğinden; bitkinin eski haline dönmesi imkânsızdır (Kaçar, 2015). %30'un altına düşen su oranı sonrası bitkiler tekrar eski haline dönememektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Bitki suya ihtiyaç duyduğunda ve bunu da kökleri tarafından sağlayamadığı zaman strese girmekte ve bitki su kayıplarını azaltarak veya su alımını artırarak kurtulmaya çalışmaktadır (Bray, 1997). Bitkide gözlemlenen ilk etki de turgor basıncını kaybetmesidir (Barlow vd., 1980). Yapraklar transpirasyon ile kaybettiği suyu kökleri ile karşılayamadığı zaman yitirdiği turgor sonrası; yapraklar plazmoliz durumuna geçerek canlılığını yitirmektedir (Günay, 2005). Su alımındaki bu azalışın ilk gözlenen etkilerinden birisi, fotosentezin yavaşlaması nedeniyle vejetatif büyümenin azalmasıdır. Kuraklık stresinden, gövde büyümesi ve özellikle de yaprak büyümesi, kök büyümesinden daha fazla etkilenmektedir (Sağlam, 2004).

Kuraklığın ilk evrelerinde bitki, su arayışına girer ve gövde uzamasını yavaşlatarak, kök gelişimine daha fazla yönelmektedir (Öztürk, 2015; Mahajan ve Tuteja, 2005). Yapılan bir çalışmada; domates ve kavun bitkisine kuraklık stresi verildiği durumda gözle görülür şekilde ana gövde boyutunda kısalma görülmüştür (Gallardo vd., 2004). Kuraklığın uzun sürmesi durumunda ise; kök ve gövde gelişimi durur ve yaprak sayısı azalarak sararmaya kadar giderek dökülmektedir (Anjum vd., 2011; Öztürk, 2015).

Kuraklık stresi altında gelişen bitkiler, bu strese maruz kalmayan bitkilere göre daha düşük bir hacme sahiptirler. Ayrıca kuraklık; bitkinin su kaybı-alımından sorumlu organlar arasındaki su oranıyla da ilişkilidir (Liu ve Stützel, 2004). Kuraklık stresi fotosentez hızında düşüşe neden olmaktadır (Chaves, 1991; Ganieva vd., 1997; Ruiz-Lozano vd., 2012; Osakabe vd., 2014, Razzaghi vd., 2014). Bitki vejetatif büyümesindeki azalma; meristem dokularındaki hücre bölünmesinin durmasından kaynaklanmaktadır. Hücre bölünmesinin durması ise kuraklık stresıyla fotosentez hızındaki azalma ile doğrudan ilişkilidir (Anjum vd., 2011). Kuraklık stresıyla fotosentez oranı azaldığı gibi; terleme oranı, stoma iletkenliği ve suyu kullanma kapasitesi de düşmektedir (Ashraf ve Arfan, 2005). Ayrıca çoğu bitki, yaşlanma sürecini ve yaşlanmış yapraklardan kurtulma hızlarını artırmaktadır (Mahajan ve Tuteja 2005).

Kuraklık stresi altında yapraklardaki su miktarı azalması ile stomalar kapanmaktadır ve bunun sonucu olarak da yaprak sıcaklığı artar. Dolayısıyla membran sistemlerinin

zarar görmesiyle hücreler ölmektedir (Farooq vd., 2009; Flexas vd., 2004, 2007; Dolferus, 2014). Membran yapısı hücrenin sulu ortamdaki durumu olup, hücrenin sıvı kaybına uğramasıyla membran yapısı değişikliğe uğramaktadır. Bu da hücrenin metabolizmasına zarar vermektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Stresin yoğunluğuna bağlı olarak klorofil miktarında ve Rubisco aktivitesinde azalma olduğu görülmektedir (Ziska vd., 1990). Yapılan bir çalışmada; kuraklık stresine uğratılmış çalı fasulyesi bitkisinin klorofil ve tohum kalitesinin azaldığı, çözünebilir şeker miktarının ise arttığı gözlenmiştir (Shubha ve Tyagi, 2007). Bamya bitkisi üzerine yapılan bir çalışmada ise; kuraklık stresine uğratılan bitkide stresle beraber klorofil miktarının arttığı belirlenmiştir (Ashraf ve Arfan, 2005).

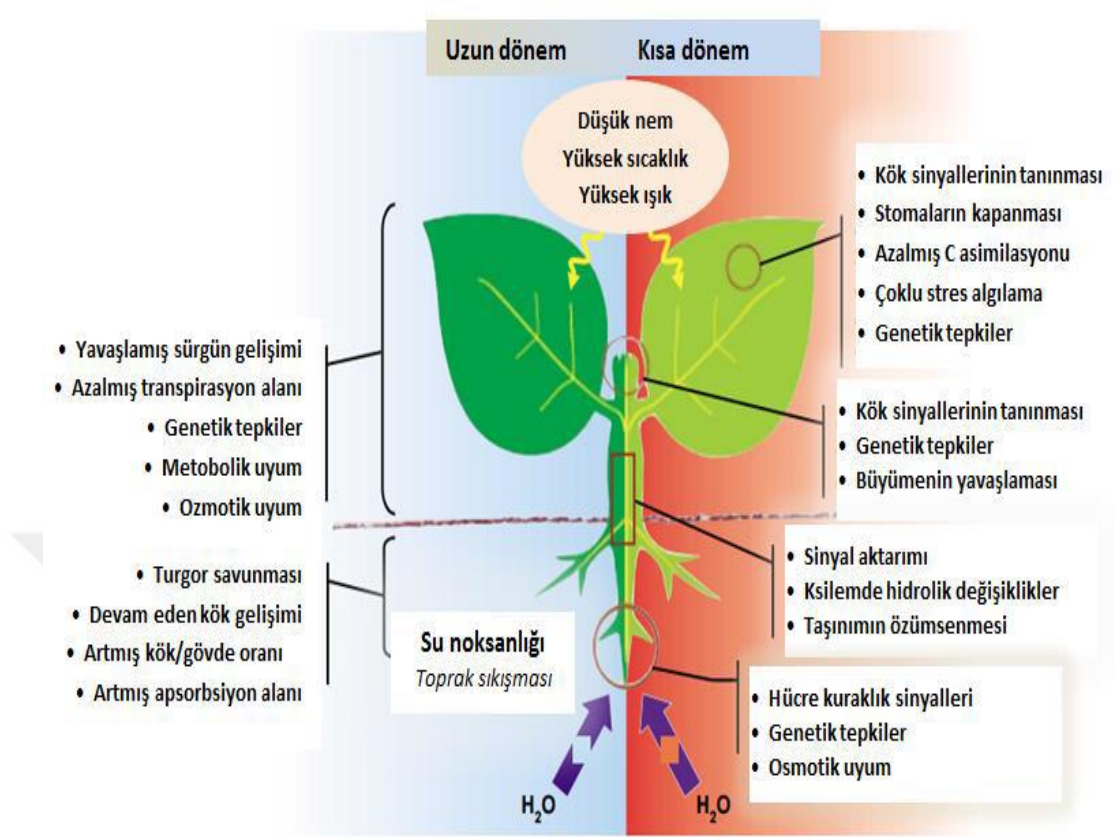
1.3. Bitkilerin Kuraklık Stresine Fizyolojik Yanıtı

Kuraklık stresinin zararlarından sakınmak için bitkiler fizyolojik olarak bir takım stratejiler geliştirmiştir. Bunlar; adaptasyon, kuraklık toleransı ve kuraklıktan kaçınmadır. Adaptasyon, kuraklık süresince dayanıklılık kapasitesi olarak bilinirken; kuraklık toleransı, protoplazmayı zarara uğratmadan daha fazla kuruma göstermesi, kaçınma ise protoplazmadaki su miktarını tehlikeye düşürmemek için yapılan stratejilerdendir (Gürel ve Avcıoğlu, 2001; Mundree vd., 2002). Kuraklık stresine maruz kalan bitkide ilk olarak meydana gelen adaptasyon mekanizması stomalarını daraltarak veya kapatarak su kaybını engellemektir (Osakabe vd., 2014). Çünkü stomalar açık vaziyetteyken; bitki transpirasyonla su kaybetmektedir. Bundan dolayı bitki terleme ile sıvı kaybını en aza indirmek amacıyla stomalarını kapatma eğilimindedir. (Chaves vd., 2003; Mahajan ve Tuteja 2005). Stomaların kapatılmasında ABA (Mahajan ve Tuteja 2005) ve kalsiyum konsantrasyonundaki değişiklikler rol oynamaktadır (Wilkinson vd., 2001). Buna bağlı olarak CO₂ alımı da azaldığı için fotosentez hızında da düşüş meydana gelmektedir (Chaves vd., 2003; Mahajan ve Tuteja 2005; Bota vd., 2004).

Stres uygulama artışıyla; yapraktaki oransal olarak su miktarı azalmaktadır (Jones ve Turner 1978, Chaves, 1991). Bundan dolayı bitkinin yaprağındaki oransal su miktarı belirlenerek bitkinin strese verdiği tepki belirlenebilir. Bitkinin yaprağındaki iyon içerikleri de saptanarak bitkinin kuraklık stresine karşı dayanımı konusunda yardımcı

olabilir. Yapılan bir çalışmada; kurak bir tarım arazisinde ekimi gerçekleştirilen çeşitlerde dayanıklı türlerin gövdelerinde hassas olanlara göre daha az iyon biriktirdiği saptanmıştır (McKimmie Dobrenz, 1991; Ashraf vd., 1996). Bitkilerin kuraklık stresine verdiği reaksiyonlar şekil 1.2.'de gösterilmiştir.





Şekil 1.2. Bitki kuraklık stresi uzun dönem (sol) ve kısa dönem (sağ) reaksiyonları (Chaves vd., 2003)

Kuraklık stresi bitkinin turgorunu yani su potansiyel miktarını değiştirmektedir. Stresin bitki büyümesine temel etkisi genel olarak ozmotik basınç ile açıklanmaktadır. Bu stresten bitkinin en az zarar görmesi için ozmotik denge oldukça önemlidir. Bu nedenle bitki köklerinin, değişen ozmotik basınca karşı içsel dengelemeyi sağlayabilmek için özel mekanizmalara sahip olmaları gereklidir (Morgan, 1995). Bitkilerin bu dengeyi sağlamalarına 'ozmotik uyum' denilmektedir (Hamada vd., 1992). Bu sebeple bitkiler, hayatlarına devam edebilmeleri için topraktan çeşitli iyonlar alarak ya da bazı organik bileşikler sentezleyerek su kayıplarını en az düzeye indirmektedirler (Ashraf, 1994, Salama vd., 1994). Osmolit olarak adlandırılan bu yapılar; bu dengenin sağlanması için madde sentezlemektedir (Öztürk, 2015; Tari vd., 2008). Bu maddeler; asparajin, glutamat, prolin, glisin-betain, karnitin, mannitol, sorbitol, fruktan, poliol, trehaloz, süktroz, oligasakkarit ve K^+ gibi inorganik iyonlar (Hoekstra vd., 2001; Ramanjulu ve Bartels 2002) ve organik asitler ile karbonhidratlardır (Liang vd., 2013).

Ozmolitler; su basıncını ayarladıkları için stomaların aktivitesine olumlu katkı sağlar, fotosentezin sürekliliğini sağlayarak büyümeye de yardımcı olur. Böylelikle kurak ortamda bitkiye kısa zamanlı bir dayanıklılık sağlanmaktadır. Bu stres koşullarının uzun sürdüğü durumda ise bitki içsel dengeyi sağlayamayacaktır (Öztürk, 2015).

Ozmolit olarak adlandırılan çeşitli organik madde ve inorganik iyonların birikimi (Wyn Jones, 1981), fotosentez oranının belirlenmesi (Sharma ve Hall, 1992; Belkhodja vd., 1994), membran zararının tespiti (Blum, 1985), kuru madde stres indeksi (Bousslama ve Schapanagh, 1984) gibi parametrelere bakılarak strese dayanıklı bitkilerin belirlenmesinde kullanılabilmektedir (Kayabaşı, 2011).

1.4. Bitkilerde Antioksidan Savunma Sistemi

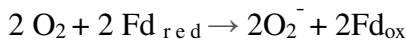
Kuraklık stresine maruz kalan bitki; stomalarını kapatarak CO₂ alımını da engelleyerek fotosentez hızını azaltmaktadır (Bota vd., 2004). Buna bağlı olarak hücre içinde CO₂ oranında azalma görülür ve bu da ETS zincirindeki bileşiklerin aşırı azalmasına neden olur ve elektronlar da oksijeni fotosistem 1'e aktarır (Medrano vd., 2002). Bu durumda, hidroksil radikali (OH[•]), hidrojen peroksit (H₂O₂), singlet oksijen (¹O₂) ve süperoksit anyonu (O₂⁻) gibi radikal oksijen türlerinin (ROS) oluşumuna neden olmaktadır (Mahajan ve Tuteja, 2005; Anjum vd., 2011; Bhargava ve Sawant, 2013; Cabello vd., 2014).

ROS'lar, bitkilerde oluşan en yoğun serbest radikallerdir ve bunlar eşleşmemiş elektron içeren reaktiflerdir. Bu radikaller kloroplastlarda, mitokondride, hücre membranında, plastit ve peroksizomlarda da oluşabilmektedir (Van Breusegem ve Dat, 2006; Van vd., 1998). Radikal olmayan atom ya da molekülden bir elektron çıkmasıyla ya da eklenmesiyle oluşurlar. Atom ya da moleküllere elektron verebildiklerinden ya da onlardan elektron alabildiklerinden indirgeyici ya da oksitleyici olarak davranırlar (Flora, 2007; Halliwell ve Gutteridge, 1998). Normal koşullarda da bitkide sentezlenirler ancak detoksifikasyon mekanizmasıyla dengede olduklarından zararlı etki oluşturmayıp, normal şartlarda hücredeki düzeyleri sürekli denge halindedir (Levitt, 1972).

Kuraklık stresiyle beraber proteinleri oluşturan hidrofobik ve hidrofilik aminoasitlerin suyla etkileşimleri değişmektedir (Campbell, 1991) ve dolayısıyla proteinlerin denatürasyonları gerçekleşir (Bray, 1997). Ayrıca su eksikliği yaşayan bitkilerin yaprağında RNAaz aktivitesi artmaktadır. Bunun da enzimin bağlı durumdan serbest duruma geçmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Nükleik asitlerin yıkımından sorumlu diğer moleküller ise serbest radikaller olabilir (Kessler, 1961). Kloroplast zarı ROS'ların neden olduğu zarara karşı oldukça hassastır. Ayrıca membran lipidlerini de zarara uğratan ROS'lar, protein denatürasyonuna ve nükleik asitlerin mutasyonuna neden olabilir (Bowler vd., 1992).

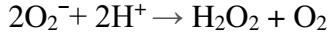
Radikal oksijen türlerinden singlet oksijen (1O_2); ETS'de görev alan moleküler oksijenin fazladan enerji alarak dönüş yörüngesini değiştirerek oluşabileceği gibi, hidrojen peroksitin hipoklorit ile reaksiyonu ve singlet oksijenin nitrik oksit (NO) ile reaksiyonu sonucunda da oluşabilmektedir (Büyük vd., 2012). Singlet oksijen, daha çok karbon-karbon çift bağlarının bulunduğu noktadan tepkimeye girer. Bu bağlara sahip moleküllerin singlet oksijen tarafından tepkiye uğramaları olasıdır (Stadtman ve Barlett, 1997).

Moleküler oksijenin bir elektron alarak indirgenmesi sonucu süperoksit anyonu oluşur. Ferrodoksin (Fd_{red}) aracılığı ile indirgenerek süperoksit radikali oluşumu şöyledir: (Mehlar, 1951).



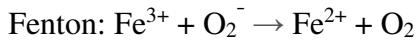
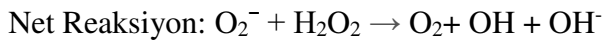
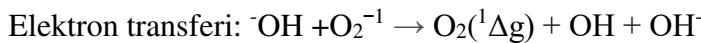
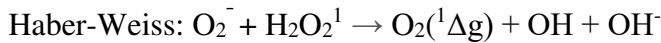
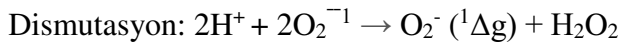
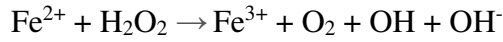
Bu radikal türü hem oksitleyici hem de indirgeyici olarak davranabilir. Aldığı elektronu vererek tekrar moleküler oksijene yükseltgenir. Bir elektron daha alarak ise peroksit anyonuna indirgenmektedir (Büyük vd., 2012). Süperoksitin hidrojen peroksite çevrilmesi süperoksit dismutaz (SOD) tarafından katalizlenir (Harbinson ve Hedley, 1993). Hücrelerde süperoksit anyonu birikimine SOD enzimi izin vermemektedir. Ancak bazı durumlarda süperoksit yapımı artabilmektedir.

Süperoksit dismutaz (SOD) enziminin süperoksit anyonunu katalizlemesiyle hidrojen peroksit anyonu oluşmaktadır (Asada vd., 1974) ve bu oluşum şöyledir:

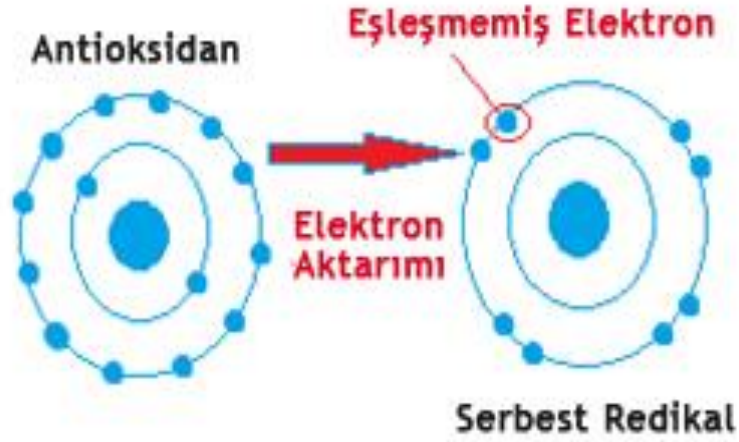


Hidrojen peroksit bir yükselticidir ve bu da bazı metal iyonlarının varlığında hidroksil radikalinin ($\text{OH}^\cdot$) öncülü olarak davranmasına bağlıdır. H_2O_2 ; proteinin hem grubundaki demir ile reaksiyona girerek reaktif demir formlarını oluşturmaktadır ve bu demir formları oldukça güçlü reaktiflerdir. Güçlü oksitleyici özelliklerinden dolayı hidrojen peroksitin derhal uzaklaştırılması gerekmektedir (Asada vd., 1974).

Metal iyonları varlığında; hidrojen peroksit ve süperoksit anyonunun fenton veya Haber– Weiss reaksiyonu ile oluşan hidroksil radikali ($\text{OH}^\cdot$); bir enzim sistemine sahip olmadığından hemen hemen tüm biyolojik sistemler ile reaksiyona girebilirler. Fazla miktarda üretilmeleri ise hücre ölümüne neden olmaktadır. Bu reaksiyonlar şöyledir (Haber ve Weiss, 1934; Smirnov, 1993):



Bitkilerin normal gelişim sürecinde de sentezlenen ROS'ların üretimi, abiyotik stres koşulları altında artmaktadır. Bu artış sonrasında, bitkinin antioksidan savunma sistemleri ile ROS arasındaki denge bozulmakta ve bitkiler oksidatif strese girmektedir. Strese giren bitkide ROS artışı; nükleik asit hasarına, enzim inhibisyonuna, protein oksidasyonu ve apoptoz gibi birçok zarara neden olabilmektedir (Smirnov, 1993; Sgherri vd., 1996). Bitkiler oksidatif stres altında yaşamlarına devam edebilmeleri için ROS'ları kontrol altında tutan antioksidanlara sahiptirler. Bunlar oksidasyona karşı mücadele yapan elemanlardır (Şekil 1.3.).



Şekil 1.3. Antioksidanın serbest radikali nötralize etmesi (Büyük vd., 2012)

Antioksidanlar; enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Hücrede bulundukları yerler ve görevleri de farklılık gösterebilmektedir.

1.4.1. Enzimatik Antioksidanlar

Enzimatik antioksidanlar; katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon peroksidaz (GPX) ve süperoksit dismutaz (SOD) olarak bilinmektedir. Strese karşı korunmada görevli bu antioksidanlardan biri olan CAT; hidrojen peroksite parçalanmasından sorumludur. Hücre için zararlı olan H_2O_2 'nin H_2O ve O_2 'ye parçalanmasını sağlar. Bu enzimin farklı bitki ve stres koşullarında değişik seviyelerde bitkiye koruma sağladığı belirlenmiştir (Polle vd., 1992; Azevedo vd., 1998).

Bir diğer antioksidan olan ve beş farklı izoformdan oluşan askorbat peroksidaz (APX); hidrojen peroksite karşı CAT'a göre daha etkilidir. Yapılan birçok çalışmada da stres koşulları altında bu enzim ailesinin etkinliğinin arttığı gözlenmiş ve bu da strese karşı savunma mekanizması olarak kabul görmektedir (Beauchamp ve Fridovich, 1971; Mobin ve Khan, 2007; Polidoros ve Scandalios 1999).

Merkezlerinde barındırdığı metal iyonlarına göre üç izoenzimi bulunan ve süperoksit anyonunu hidrojen peroksite dönüştüren SOD'lar bir diğer antioksidanlardandır. Bu

metal iyonları ise mangan içeren SOD, demir içeren SOD, bakır ve çinko içeren SOD'lar olarak bilinmektedir (Scandalios, 1993; Kukreja vd., 2005). Oksidatif strese maruz kalan bitkilerin canlılıklarını sürdürmesine katkı sağlamaktadırlar. Bu tür etkilere maruz kalan bitkilerde bu stres koşullarından etkilenmemeleri için SOD aktivitesinde artışlar meydana gelmektedir (Harinasut vd., 2003; Attia vd., 2009).

Çeşitli izozimlere sahip ve oksidatif strese karşı bitkileri korumada görevli glutatyon peroksidaz (GPX) bir diğer enzimatik antioksidanlardandır. Bu antioksidan H_2O_2 ve lipit peroksitlerini etkisizleştirir. Hücre lokalizasyonu olarak kloroplast, sitozol, mitokondri ve endoplazmik retikulumda bulunmaktadır (Fridovich, 1986; Dixit vd., 2001). Pekçok çalışmada stres koşulları altında koruyucu bir rol üstlendiği belirlenmiştir (Dixit vd., 2001; Leisinger vd., 2001). Hidrojen peroksitin uzaklaştırılması için başlıca koruyucu antioksidan yolak, glutatyon peroksidaz (GPX) yolağıdır (Yerer ve Aydoğan, 2000).

1.4.2. Enzimatik Olmayan Antioksidanlar

Kuraklık stresi uygulaması sonrası ilk biriken serbest aminoasit olan prolin; deneysel koşullarda bitkilerin su sıkıntısına girdiğini belirleyebilmek amacıyla ölçümü yapılan önemli bir parametredir. Bu organik maddenin temel görevi; membran yapısını ve protein yapılarını korumaktır. Ayrıca sinyal iletimi, mitokontri fonksiyonlarının düzenlenmesi ve hücre bölünmesinde de görev alan önemli bir bileşiktir (Öztürk, 2015).

ROS'a bağlı olarak oluşan hasarı önlemede rol alan, hücrede en çok bulunan ve en güçlü enzimatik olmayan antioksidan askorbik asit (Vitamin C)'dir (Foyer vd., 1995; Athar vd., 2008). Normal şartlar altında miktar olarak düşük iken; bitkinin oksidatif strese girmesiyle miktarı artmaktadır. Süperoksit anyonu, hidroksil ve hidrojen peroksit radikallerinin yok edilmesini sağlamaktadır. Yapılan birçok çalışmada; strese uğrayan bitkilerde askorbik asit miktarının artışı strese karşı savunma mekanizmasındandır (Aono vd., 1993; Hollander-Czytko vd., 2005). Karotenoidler ise bitki ve mikroorganizmalarda bulunan ve 600 farklı çeşide sahip olan pigmentlerdir.

Oksidatif stresle miktarlarının arttığı görülmüş ve bu da bitkinin savunma sistemiyle ilişkilendirilmiştir (Mittler ve Zilinskas, 1992; Collins, 2001).

ROS'ların temizlenmesini ve lipid peroksidasyonunu sağlayan tokoferoller; hemen hemen bitkinin tüm kısımlarında bulunur. Özellikle de kloroplastın biyolojik membranlarında yoğun olarak bulunmaktadır. Dört izomeri bulunan tokoferollerden α tokoferoller; yapılarında üç metil grubu içermelerinden dolayı en güçlü antioksidandır (Kamal-Eldin ve Appelqvist, 1996; Wu vd., 2007). Bu α tokoferol; γ -tokoferol'den sentezlenmektedir. Birçok yapılan çalışmalarda; stres uygulamaları altında bu antioksidan türünün artması ise bitkinin strese karşı savunma mekanizmasını göstermesindendir (Sieferman-Harms, 1987; Shao vd., 2007).

Bir diğer enzimatik olmayan antioksidanlardan olan glutatyon; hemen hemen hücrenin tüm kısımlarında bulunmaktadır (Jimenez vd., 1998; Rausch ve Wachter, 2005). Yapılan araştırmalara göre pek çok görevi bulunmaktadır. Hücre ölümü, patojenlere karşı direnç göstermesi, hücre farklılaşması, sinyal iletimi, ksenobiyotiklerin detoksifikasyonu ve enzimatik düzenleme gibi birçok olayda rol oynamaktadır (Khan ve Singh, 2008).

Bitkilerdeki ikincil metabolit gruplarından olan fenolik bileşikler de antioksidan fonksiyonuna sahiptir. Yapılan birtakım çalışmalarda; oksidatif stres uygulanan bitkilerde fenolik bileşik düzeylerinde artışlar görülmüştür ve bu da bitkinin savunması olarak kaydedilmiştir (Temple vd., 2005; Quan vd., 2008). Ayrıca fenoller, karbon atomu sayılarına göre fenolik asitler ve flavonoidler olarak farklı gruplara ayrılmaktadırlar. Bazı flavonoid sentezlerinde; bitki yaralandığında, besin eksikliği ve normal şartların dışındaki durumlarda artış görülmüştür (Peng vd., 2005; Quan vd., 2008). Bazı flavonoidler de bitkiyi ultraviyole ışınların etkisinden korumaktadır ve bunlar daha çok epidermal hücrelerin vakuollerinde bulunmaktadır (Beauchamp ve Fridovich, 1971; Noctor ve Foyer, 1998a).

1.5. Bitkilerin Kuraklık Stresine Gen Düzeyinde Yanıtı

Bitkilerin stres koşullarına verdiği cevap oldukça karmaşıktır ve pek çok moleküler mekanizmayı içermektedir (Wang vd., 2003). Bu mekanizmayı açıklamak stresle alakalı genlerin ifadesine bağlıdır. Bu spesifik genler; üç gruba ayrılmaktadır:

1. *Fosfolipazlar* (Chapman, 1998; Frank vd., 2000), *SOS kinaz*, *MAP kinaz*, *MYC* (Shinozaki ve Yamaguchi-Shinozaki, 1997; Munnik vd., 1999; Zhu 2001a), *CBF/DREB*, *HSF*, *ABF/ABAE* (Stockinger vd., 1997; Choi vd., 2000; Shinozaki ve Yamaguchi-Shinozaki, 2000) gibi transkripsiyonda görevli genler,
2. *Hsp* gen ailesi, *LEA* proteinleri (Çelik-Altunoğlu vd., 2016; Altunoglu vd., 2017; Vierling, 1991; Ingram ve Bartels, 1996; Bray vd., 2000, Thomashow 1998, Thomashow 1999), radikal uzaklaştırıcı ve *Osmoprotektanlar* gibi proteinleri koruyan genler,
3. İyon taşıyıcısı ve akuaporin gibi iyon alımı ve taşınımında rol alan proteinler (Maurel, 1997; Serrano vd., 1999; Tyerman vd., 1999; Zimmermann ve Sentenac, 1999; Blumwald, 2000).

Stress faktörlerinden olan abiyotik streslerin birçoğu, ozmotik bileşen içermekte ve hücre içerisinde dehidrasyona yol açarak iç dengeyi bozmaktadır. Bu dehidrasyona karşı bitkiler su iletimi ve iyon dengesini kontrol etmelidir. Ayrıca su iletiminde rol alan transmembran kanallardan akuaporin ve iyon taşıyıcı sistemlerin aktivasyonunu/inaktivasyonunu kontrol etmelidir (Zhu, 2000; Munns, 2002).

Strese karşı verilen yanıtlardan bir diğeri ise; düşük molekül ağırlığına sahip maddeler, ozmolitler, *Hsp* ve *LEA* proteinlerine dayanmaktadır. Bahsedilen bu ozmolitler; stres tarafından açığa çıkan serbest radikallerin temizlenmesinde rol alırlar. Ayrıca ozmoprotektan ve ozmotik ayarlayıcı olarak görev yaparlar. Suyu sitoplazmada hapsederek hücreyi korumaktadır (Smirnoff ve Cumbes, 1989).

Belirtilen bu genler geç ve erken devreye giren genler olarak gruplandırılabilir. Erken devreye giren genler; stresin algılandığı anda indüklenirler ve genellikle de kısa süreli ifade olurlar. Transkripsiyon faktör genlerinin çoğu; erken devreye giren gen grubunda yer alır ve bu genlerin indüklenmesi yeni protein sentezi gerektirmez. Diğer grupta yer alan genler ise; geç indüklenen genler grubunda yer alırlar ve ifadeleri genellikle sürekli (Mahajan ve Tuteja, 2005). *Hsp* genleri, *LEA* gen ailesi, antioksidantlar, ozmolitler ise geç indüklenen genler grubunda yer alırlar (Zhu, 2002; Mahajan ve Tuteja, 2005; Cramer vd., 2007).

Kuraklık stresine dayanıklı genotiplerin az sayıda bulunması ve bu genotiplere klasik ıslah çalışmalarıyla ulaşılmasının zorluğundan dolayı strese dayanıklı genotiplerin geliştirilmesi için moleküler çalışmalar önemlidir. Bunun için öncelikle gen, metabolit ve protein çalışmaları yapılırken; son dönemlerde ise transkriptom, proteom ve metabolom çalışılmaktadır. Kuraklık muamelesi yapılan bitkilerdeki çalışmalar incelendiğinde; gen analizi çalışmalarında özellikle mikrodizin çalışmalarının yer aldığı görülmektedir (Deyholos, 2010). Stres yollarında yer alan genlerin; strese karşı cevapları ve rolleri araştırılmaktadır (Cushman ve Bohnert, 2000). Bu kuraklık stresinin gen ifadesinde ve protein düzeyinde meydana getirdiği değişiklikler; denatüre olan proteinleri uzaklaştırmada rol alan *LEA* genleri, abiyotik stres koşullarında denatüre olan proteinlerin kümeleşmesini engelleyen ve kümeleşen proteinlerin de yeniden fonksiyonel yapılarını almalarına yardımcı olan *Hsp* gen ailesi, proteinazların ifade düzeylerindeki değişiklikler, fosfolipitlerin hidrolizi ve ROS'lardan sorumlu enzimler incelenerek belirlenebilmektedir (Zhu, 2002).

1.6. Çalışmanın Amacı

Oksidatif hasar olarak meydana gelen kuraklık stresi verimi etkileyen önemli bir parametredir. Bu nedenle mevcut suyun tarım alanlarında kullanımına dikkat edilmelidir. İlerleyen yıllarda olması muhtemel su kıtlığı nedeniyle insan nüfusunun gıda ihtiyaçlarını karşılaması zorlaşacağından; çalışmamızda farklı kromozom sayılarına sahip buğday türlerinin kuraklığa karşı dayanıklılıkları fizyolojik ve biyokimyasal analizler yardımı ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu sayede kısıtlı su koşullarında en dayanıklı tür belirlenmek istenmiştir. İleriki çalışmalara yol gösterici

olması için biyoteknolojik yöntemler ile kuraklığa dayanıklılık özellikleri kullanılarak yeni çeşitlerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu sebeple de dünyada artan nüfusun gıda ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için önem arz etmektedir.



2. KURAMSAL ÇERÇEVE

Kuraklık stresine en dayanıklı genotipin belirlenmesinde; kuru madde üretimi, güçlü fide gelişimi önemli seçim kriterlerindendir (Sinha, 1987).

Triticum aestivum cinsinden olan (Giza 160) ile *Triticum durum* çeşidi (Stork S) üzerine kuraklık stresinin etkisini incelemek için yapılan araştırmada bitki uzunluğunda azalmalar gözlenmiştir (Shalaby vd., 1990).

Kurağa dayanıklı bir tür olan C306 ile yeni çeşit Wt245 buğday türleri kuraklık stresine maruz bırakılmışlardır. Kontrol koşulları altında bitki uzunluğu, yaprak alanı, kuru madde miktarı iki buğday türünde de benzer olmuş, fakat stresli koşulda belirtilen bu özellikler Wt245’de daha yüksek olmuştur. Her iki türün de gelişimleri, stres koşullarından olumsuz etkilenmiştir (Jat vd., 1990).

Buğdayda kuraklık stresi morfolojik ve fizyolojik özelliklerle ilişkilidir ve bu stres faktörü kuru madde miktarını olumsuz etkilemektedir (Musick vd., 1990).

5 farklı *T. turgidum* buğday çeşidinin kuraklık stresine karşı tepkilerinin araştırıldığı çalışmada; toplam kuru madde, yaprak ağırlık oranı, yaprak alanı oranı ve sürgün /kök oranı kıyaslanmıştır. Bu strese karşı dayanıklı olan Omrabi-5 ve Boohai’nde kök gelişimleri güçlü ve düşük sürgün/kök oranı göstermişlerdir (Simane vd., 1993).

Sekiz ekmeklik buğday genotipinde, bitkilerin yaprak dokusunda hücre membran stabilitesi ve bitki su ilişkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada hücre membran stabilitesi ve bitki su ilişkisi arasında önemli ilişki saptanmıştır (Ashraf vd., 1996).

Etiyopya’da makarnalık buğday çeşitlerine uygulanan kuraklık stresi sonrası oransal büyüme hızı, verim ve verim komponentleri incelenmiştir. Kuraklığa dayanıklı olan türler, optimum koşullarda yüksek büyüme hızına, stresli durumda ise düşük büyüme hızına sahiptirler (Simane vd., 1998).

Kuraklık stresine dayanıklı çeşidin belirlenmesine yönelik tarama tekniklerinin tespiti ve kuraklık sonucu bu tekniklerin ürün azalma oranıyla ilişkilerini belirlemeyi amaçlayan çalışmada; transpirasyon alanı, stoma direnci, bitki örtüsü sıcaklığı ve yaprak su tutma kapasitesine bakılmıştır. Bitki örtüsü sıcaklığı ile çeşitlerin ürün azalma oranı bağlantılıdır. Transpirasyon alanı dışındaki belirtilen diğer parametreler kuraklık stresine dayanıklı çeşitlerin belirlenmesinde kullanılabilir (Golestani ve Assad, 1998).

Başka bir çalışmada, kuraklık stresi sapa kalkma ve çiçeklenme olarak iki farklı dönemde uygulanmış ve uygulanan bu strese karşı ekmeklik buğday çeşitlerinin yaprak su tutma kapasitesi ve nispi nem içerikleri saptanmaya çalışılmıştır. Çiçeklenme döneminde yaprak nispi nem içeriğinin, her iki dönemde uygulanan kuraklıkta ise yaprak su tutma kapasitesinin seçici kriter olarak kullanılabileceği görülmüştür (Dhanda ve Sethi, 1998).

Kuraklık stresi altında yapılan başka bir incelemede, buğday çeşitlerinde hidrojen peroksit ve malondialdehit miktarı artarken; C vitamini miktarı azalmıştır. Bu kuraklık stresi altında SOD, APX ve CAT enzim miktarları önemli miktarda artış göstermektedir. Araştırması yapılan bu buğday türlerinden dayanıklı tür olan C 306 çeşidi diğerlerine göre daha fazla APX, CAT ve C vitamini barındırırken; hidrojen peroksit ve malondialdehit içeriği daha düşüktür (Sairam vd., 1998).

Kurak ortamdaki toprakta hali hazırda bulunan su miktarı daha azdır ve bundan dolayı bitki tarafından su kullanımı oransal olarak daha fazla, ancak buharlaşmayla kaybedilen su daha azdır. Böylece buharlaşmayla kaybedilen su azalmakta ve toprak haznesinde bulunan su çoğunlukla da kuru madde üretimi için kullanılmaktadır (Çetin vd., 1999).

Su stresinin gaz alışverişine ve fotosentez oranına etkisini incelemek amacıyla Konchan, Sonalika, Kalyanosa ve C306 buğday çeşitleri araştırılmıştır. Bu çeşitlerden Konchan diğerlerine göre daha yüksek oranda fotosentez aktivitesi göstermiştir. Su stresi bitkilerin fotosentez hızını, stoma geçirgenliğini ve mezofil geçirgenliğini

azaltırken; hücreler arasında CO₂ seviyesinde artışa neden olmaktadır (Siddique vd., 1999).

Farklı genotiplere sahip PBW 175, WH 542 ve HD 2402 olan üç buğday çeşidinde kuraklık stresi uygulanması sonrası yapılan incelemelerde MDA miktarında artış görülürken; klorofil, membran yapısı ve karotenoid içerikleri azalmaktadır. APX, GR ve GPX antioksidan savunma enzimlerinin ise miktarı artmaktadır. Antioksidan enzimleri en yüksek değere sahip çeşidin, kuraklığa en dayanıklı türde olduğu, bunun yanında en düşük MDA ve en yüksek düzeyde membran yapısına, klorofil ve karotenoid içeriklerine sahip olduğu gözlenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki; dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde antioksidan enzim aktiviteleri önemlidir (Sairam ve Saxena, 2000).

Kuraklık stresinin değişik dönemlerde etkilerini incelemek amacıyla yapılan çalışmada; tane doldurma dönemi başlarında kuru maddede, tane sayısında ve hasat indeksinde azalışlar görülmektedir. Sapa kalkma döneminde ise; bitki boyunda ve kardeş sayısında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir (Gupta vd., 2001).

Kuraklık ve sıcaklığın buğday ve sorgumda su ilişkileri üzerine kombine etkilerinin araştırıldığı çalışmada; yaprak turgor potansiyeli, yaprak osmotik potansiyeli ve yaprak nispi nem içeriği azalmıştır. Hassas türlerde ise bunlar çok daha fazla görülmüştür (Machado ve Paulsen, 2001).

Abiyotik streslere yanıt olarak dehidrin benzeri proteinlerin birikimine dayalı bir çalışmada; çavdar ve buğday üzerinde kuraklık, soğuk ve dondurma gibi stres etmenlerinden sonra mitokondrisinde dehidrin benzeri proteinin (dlp) 63 kD biriktiği saptanmıştır. Mısır bitkisinde ise bu proteinlerin birikimi, sadece soğuk uygulaması sonrasında bulunmuştur. Dolayısıyla da buğday ve çavdar gibi türler, mısır gibi kriyosensitif türlerden daha fazla ısıya dayanıklı dehidrinler biriktirmektedir. Bitkilerin stres reaksiyonlarına ve adaptasyonlarına karışmayan dehidrinler; matriksdeki veya membrandaki proteinleri daha stabil hale getirmeye yardımcı olmaktadır (Borovskii vd., 2002).

Ekmeklik buğday çeşitlerinden olan Duma, R748, R830, R831 ve R833'e uygulanan kontrollü kuraklık şartları altında tepkileri incelenmiştir. Uygulanan bu kuraklık stresi bitki boyunda, kardeş ve fertil kardeş sayısında önemli azalmaya sebep olmuştur (Kimurto vd., 2003).

Buğday çeşitlerinde kuraklığa dayanıklılığı belirlemek amacıyla 30 ekmeklik buğday üzerine yapılan araştırmada; kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, kök-sürgün uzunluğu oranı, tohum canlılık indeksi, çimlenme yüzdesi ve membran stabilitesi incelenmiştir. Kuraklık altında kök sürgün uzunluğu oranının arttığı görülmüştür (Dhanda vd., 2004).

Triticum ve *Aegilops* cinsi buğday fidelerinde kuraklık stresi altında fizyolojik ve moleküler analizlerin yapıldığı bir çalışmada; beş dehidrin geninin ifade seviyesindeki değişikliklerin; RT-PZR ile analizi yapılmıştır. Bu analiz edilen dehidrin genlerini kodlayan beş cDNA tespit edilmiştir. Bu genler kontrol bitkilerinde değil; sadece strese maruz bırakılan bitkilerde ifadenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki; bu genlerin ifadesi ile doku su içeriği arasında bir ilişki bulunmaktadır. Bu da buğdayda bu proteinlerin su tutma özelliğine sahip olduklarını göstermektedir (Rampino vd., 2006).

Kontrol ve kuraklık stresi uygulanan 11 buğday çeşidinde ağırlık, boğumlararası uzunluk ve özgül ağırlığın kurak koşullarda azaldığını bildirmişlerdir (Ehdaie vd., 2006a).

Bitkilerde abiyotik stres tepkilerinde düzenleyici rol oynayan DBF'ler; *Triticum aestivum* L'de *TaAIDF* olarak adlandırılmıştır. *TaAIDF* promotörü stres koşulları altında buğdayın *GUS* raportör geninin ifadesini yönlendirerek; kuraklık, tuzluluk, düşük sıcaklık ve ABA gibi streslere yanıt gösterdiği teyit edilmiştir. *TaAIDFa*'nin aşırı ifadesi, normal büyüme koşulları altında *CRT / DRE* içeren genleri aktive ederek *TaAIDFa*'nın çoklu abiyotik stres sinyali transdüksiyon yollarında rol oynayabilecek *CRT / DRE* eleman bağlayıcı faktörü kodladığını göstermektedir (Xu vd., 2008).

Glutasyon S-transferaz ve glutasyon peroksidaz (GPX) aktivitesi, *Triticum aestivum* cv cinsi buğdayda, Emes buğdayında, kuraklığa toleranslı cv. Plainsman buğday türünde ve kuraklığa hassas cv. GKE ve Cappelle Desprez buğdaylarında kontrol ve kuraklık koşulları altında spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmanın sonucuna göre; kuraklığa dayanıklı Plainsman çeşidinde yüksek GPX aktivitesi gözlenmiştir. Aynı zamanda, *TaGSTU1B* ve *TaGSTF6* genleri, RT-PZR ile araştırılmıştır ve zamanla artan ifade seviyeleri göstermiştir. Araştırması yapılan buğday türlerinde bu iki genin ifadesi kuraklık stresi tarafından indüklenmiş ancak kuraklığa toleranslı cv. Plainsman'da çok yüksek transkript miktarı tespit edilmiştir (Gallé vd., 2009).

25 ekmeklik buğday genotipi ve 5 farklı su stres muamelesi sonrası, bitki boyları önemli derecede azalmıştır (Mirbahar vd., 2009).

Sapa kalkma döneminde meydana gelen su stresinin buğdayda etkisinin araştırıldığı çalışmada; strese maruz kalan bitkiler kontrol bitkilerine göre daha düşük transpirasyon miktarı ve dolayısıyla kuru madde birikimi daha azdır. Stres uygulanmasıyla oransal büyüme miktarı ve yaprak alanı oranında azalış görülürken, su kullanımı etkinliği ise artmaktadır (Tatar, 2009).

Ekmeklik buğday türlerinden olan CS ve makarnalık buğday çeşidi Creso olan iki buğday türü, kuraklık stresine uğradıktan sonra transkripsiyonel olarak incelemeye alınmışlardır. Creso ve CS türlerinde farklı transkriptom analizleri saptanmıştır. Bu kuraklık muamelesi 3 056 probun ifadesini değiştirmiştir. Bu iki buğday türünde kuraklık stresine tepkide bir takım benzer olan genlerin yanı sıra farklı genomik yapısıyla ilişkilendirilebilen çeşitli kuraklık tepki özellikleri ortaya çıkmıştır. Kuraklıkla ilişkili bazı genler makarnalık buğday türlerinden biri olan Creso'da daha az ifade olurken; bu ifade seviyelerindeki farklılıklarla karakterize edilen buğday türlerindeki genom farklılıklarının bitkilerin strese karşı adaptasyonunu etkileyeceği düşünülmektedir. ABA, prolin, glisin-betain ve sorbitol yollarında yer alan genler, kuraklık stresi tarafından kontrol edilmiştir (Aprile vd., 2009).

Kuraklığa dirençli ve hassas genotipler arasında toplam 5 892 farklı şekilde düzenlenen transkript tespit edilmiştir. Kuraklığa dirençli genler için 221 transkripte odaklanılmıştır (Krugman vd., 2010).

Kuraklık muamelesi sonrası askorbat peroksidazın (APX) zayıf antioksidan enzim tepkisi nedeniyle artan lipid peroksidasyonu takibinde aşırı H₂O₂ birikimi meydana gelmiştir. Buğday kök dokusundaki antioksidan savunma enzimlerinin artması ve kısıtlanan reaktif oksijen türleri nedeniyle oksidatif strese karşı toleransı artmıştır (Selote ve Chopra, 2010).

Yapılan çalışmada kuraklık stresi altında buğday yapraklarının proteolitik aktivitesi ve *Sistein Proteaz*'ın ifade seviyeleri incelenmiştir. Kuraklığa dayanıklı Katya çeşidinde en az ifade edilirken; en yüksek ifade seviyesine Pobeda'da saptanmıştır. Bu çalışmada; *Sistein Proteaz*'ın gen ifadesi kuraklığa dayanıklı çeşitte bastırılmıştır. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki; kuraklık stresi altında bazı *Sistein Proteaz* genlerinin ifadesi ve proteolitik aktivitesi azalmakta bu da kışlık buğday çeşitlerinin kuraklığa direncinin göstergesi olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir (Stoilova vd., 2010).

Buğdayda (*Triticum aestivum*) *MYB* transkripsiyon faktörü geninin ifade seviyeleri tuz ya da kuraklık stresi altında incelenmiştir. Yapılan RT-PZR sonuçlarına göre; dört *MYB* geninin ifadesi artarken, üç *MYB* geninin ifadesinin uzun vadeli tuz stresi altında arttığı tespit edilmiştir. Tek bir *MYB* geninin ise; hem kısa hem de uzun vadeli tuz stresinde ifadesi artmıştır. Bu *MYB* TF'lerinden birisi olan *TaMYBsdu1* hem tuz hem de kuraklık streslerine adaptasyonda önemli bir düzenleyicidir (Rahaie vd., 2010).

Kuraklığa dayanıklı olan R genotipinin içerdiği ABA, kontrol grubunun içerdiği ABA'dan daha yüksektir. Bu stres faktörü, kuraklığa tepki olarak artmaktadır (Krugman vd., 2011).

Makarnalık buğdaylar üzerine kuraklığa dayanıklı türlerin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada; klorofil içeriğine bakılmıştır. Sulu koşullarda yüksek verimli genotiplerin klorofil içeriğinin de yüksek olduğu saptanmıştır (Telebi, 2011).

Kuraklığa karşı farklı toleranslara sahip olan üç buğday genotipi Sadovo, Katya ve Prelom'dan kuraklığa en dayanıklı tür olan Katya, diğer türlere kıyasla daha yüksek solunum oranına sahiptir. Sonuç olarak kuraklığa karşı bitkinin toleransını anlayabilmek amacıyla fizyolojik mekanizmaları tartışılabilir (Vassileva vd., 2011).

DREB/CBF faktörlerinin ifadesinin düzenlenmesi ile buğday ve arpanın strese karşı toleransını artırmaya yönelik yapılan bir çalışmada; transkripsiyon faktörlerinin çoklu stres aktivitesini kontrol ettiği gösterilmiştir. Buğday tohumundan izole edilen *TaDREB2* ve *TaDREB3* transkripsiyon faktörleri kullanılarak transgenik buğday ve arpa bitkileri üretilmiştir. Transgenik olanlar daha yavaş büyüme, geç çiçeklenme ve daha düşük tohum verimi göstermişlerdir. Bununla birlikte, hem *TaDREB2* hem de *TaDREB3* transgenik bitkileri, kontrol bitkilerine göre şiddetli kuraklık koşullarında daha iyi hayatta kalma mücadelesi göstermektedirler. Aynı zamanda donma stresine karşı da belirgin bir iyileşme göstermektedirler. *TaDREB2* ve *TaDREB3* 'ün artan ifadesi; diğer 10 *CBF / DREB* ve strese duyarlı *LEA / COR / DHH* genlerinin artışına yol açmaktadır (Morran vd., 2011).

NAC proteinleri bitkiye spesifik transkripsiyon faktörlerindendir ve RT-PZR kullanılarak ekmeklik buğdayda *TaNAC69*'un ifade profilleri analiz edilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki; *TaNAC69*'un ifade seviyesinin biyotik ve abiyotik stres koşulları altında arttığı yönündedir. Ayrıca PEG ile muamele edilen bitkinin köklerinde daha fazla uzama görülmüştür. *TaNAC69*'un stresle alakalı genlerin düzenlenmesinde ve buğdayın kuraklık stresine adaptasyonunda yer aldığını ortaya koymaktadır (Xue vd., 2011).

Kuraklık stresıyla indüklenebilen bir zar protein için bir gen klonlanmış ve yabani emmer buğdayının kök dokusundan karakterize edilmiştir. Bu protein *TMPIT*'ye (TNF- α ile indüklenebilir transmembran protein) ait bir üyedir, bu nedenle

TdicTMPIT1 olarak etiketlenmiştir. Real time PZR sonucuna göre; *TdicTMPIT1* geni, kuraklığa toleranslı yabani emmer buğdayında kuraklık stresinde düzenleyici rol almaktadır. Ancak hassas türlerde aynı durumdan söz edilemez. *TdicTMPIT1*'in, yabani emmer buğdayındaki kuraklık stres cevabı ile ilişkili bir zar proteini olduğu sonucuna varılmıştır ve bu nedenle modern buğday genotiplerinin geliştirilmesi için yararlı olabilecektir (Lucas vd., 2011a).

Triticum dicoccoides cinsi buğdayda bulunan *TdicDRF1* geni klonlanmıştır ve RT-PCR ile karakterize edilmiştir. Kuraklık stresıyla muamele edilen kök dokusunda bu genin ifadesi artarken; yaprak dokusunda ise azalmıştır (Lucas vd., 2011).

Triticum aestivum L. genotipleri arasında su eksikliğine maruz kalmaları sonucu antioksidan enzimler ve MDA incelenmiştir. Xinong9-1-1-13, Xinong-1, Xinong3-2, Xinong4-2, Xinong9337-1, YB0738, Xiaobingcao7, Jinmai47, Yumai49, Xiaoyan22 olan 10 çeşit buğday genotipiyle çalışılmış ve POD, SOD, CAT ve MDA içeriklerine bakılmıştır. Kuraklığa dayanıklı türlerde POD, SOD, CAT aktivitelerinin daha yüksek ve MDA'nın düşük olduğu saptanarak; farklı buğday genotiplerindeki antioksidan enzimlerinin ve MDA içeriklerinin farklı olduğu belirlenmiştir (HongBo vd., 2005).

Buğday (*Triticum aestivum* L.) cinsinde kuraklık, tuz ve soğuk stres ile ilgili *MYB3R* geni tanımlanmıştır. Buğdaydan *MYB3R* geni klonlanmış ve *MYB* domaininde korunan üç tekrara dayanarak *TaMYB3R1* olarak belirlenmiştir. PEG ile muamelenin altıncı saatinde *TaMYB3R1*'in ifadesi artmış ve sonrasında kademeli olarak düşük seviyelere gerilemiştir (Cai vd., 2011).

Triticum turgidum ssp. durum buğdayının atası olan *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* üzerine uygulanan kuraklık stres çalışmada; kuraklık uygulanan kök ve yaprak dokularında 438 miRNA, kontrol grubunda 205 miRNA belirlenmiş ve miRNA'ların hedef transkriptleri tahmin edilmiştir. miRNA'lar bitkilerin streslere cevap vermesiyle ilişkili olan gen ifade düzenleyici sınıfındandır. Bu sayede şok kuraklık stres koşulları altında miRNA'ların rolünü daha da önemli hale getirmektedir (Kantar vd., 2011).

Bitkiye özgü transkripsiyon faktörlerinin en geniş ailelerinden biri olan *NAC* proteinleri; gelişim, savunma ve abiyotik stres tepkileriyle ilişkilidir. *T. aestivum* ve *T. turgidum*' dan izole edilen *TaNAC69-1* ve *TtNAM-B2* genlerinin tuz, kuraklık, soğuk ve sıcak stres uygulamaları sonrası ifade profillerine etkilerine bakılmıştır. *TaNAC69-1* geninin ifadesinin; tuz, kuraklık, soğuk ve sıcak stres uygulamalarını takiben önemli derecede arttığı, *TtNAM-B2* geninin ise; sıcaklık stresi dışındaki diğer stres uygulamalarıyla ifadesinin önemli derecede arttığı belirlenmiştir (Baloglu, 2011).

Çalışılan buğday çeşitlerinin tümünde kuraklık stresi biyokütle ve inorganik çözeltilerin (Ca, K, Mg) içeriğini azaltırken; organik çözeltilerin (çözünebilir şekerler ve prolin) içeriğini artırmaktadır. Salisilik asit (SA), bitkilerde büyüme ve stres tepkilerini kontrol ederek kuraklığa dayanıklılık sağlamaktadır. Kuraklık altında salisilik asit biyokütlenin, inorganik çözeltilerin ve prolin hariç diğer organik çözeltilerin içeriğini artırmıştır (Loutfy vd., 2012).

Farklı kuraklık toleransına sahip buğday bitkilerinin kuraklığa karşı metabolit seviyesinin incelenmesi çalışmasında; GS-MS yaklaşımı kullanılarak içeriğinde bulunan bileşikler tanımlanmıştır. Amino asit seviyeleri, en önemlisi prolin, triptofan ve dallanmış zincir amino asitler lösin, izolösin ve valin kuraklık stresi altında tüm çeşitlerde artmıştır. Kuraklık stresi altında Excalibur ve RAC875 benzer yanıt göstermektedir (Bowne vd., 2012).

Kuraklık ve ozmotik strese yanıtta önemli bir rol alan *Atg8* geni; ilk kez yabani emmer buğdayından klonlanmış ve *TdAtg8* olarak adlandırılmıştır. Abiyotik stres koşulları altında otofaji üzerindeki rolü araştırılan *TdAtg8*'in ifadesi incelendiğinde; kök dokusundaki ifade seviyesinin yaprak dokusuna göre daha fazla olduğu görülmüştür. Daha fazla analiz değerlerine ulaşılabilmesi için *Tdatg8* proteini mayada eksprese edilmiş ve Western blotlama yöntemi kullanılmıştır. *Atg8* geni susturulan bitkiler ile kontrolleri kıyaslandığında ifade seviyelerinde değişiklik olduğu görülmüştür ve kontrol bitkilerine kıyasla ifade seviyesi azalmıştır. Bu gen kuraklık stresine karşı önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla *Atg8* geni, ozmotik ve kuraklık stresine yanıtta pozitif bir düzenleyicidir (Kuzuoglu-Ozturk vd., 2012).

Triticum aestivum cinsi buğdayda ısı ve diğer büyük abiyotik streslere cevabı ve *Isı Şoku* genlerinin düzenlenmesinde rol oynayan *Isı Şok Faktörü* ailesi araştırılmıştır. Yapılan biyoinformatik ve filogenetik analizler sonucu A, B ve C sınıflarına ayrılmış 56 *TaHsf* üyesi tanımlanmıştır. Kuraklık stresi boyunca B1, C1 ve C2 üyeleri gibi birçok *TaHsfA* üyesinin ifadesi artmıştır (Xue vd., 2013).

Kuraklığa tolerant Ofanto cinsi buğday ve hassas tür olan Cappelli üzerine yapılan çalışmalarda; kuraklıkla muamele sonrasında tolerant olan türde kuraklıkla alakalı birçok gen aktive olurken; hassas olan türde ise birkaç gende aktivasyon gözlenmiştir (Aprile vd., 2013).

Bitkilerde hastalık savunması ile ilişkili olduğu bilinen *HIR* genlerinden *TaHIR1* ve *TaHIR3* saptanmış ve bunların ifadeleri mantarla enfekte edildikten sonra ve düşük sıcaklık, kuraklık ve yüksek tuzluluk stresleriyle artmıştır (Duan vd., 2013).

Başka bir çalışmada kuraklığa dirençli buğdaylarda *TaSnRK2.8* geni analiz edilmiştir. Buğdayda stres direncini arttırmak için kullanılabilen *TaSnRK2.8-A-C* işlevsel bir marker geliştirilmiştir (Zhang vd., 2013).

İlk kez buğday genomundan izole edilen *TaBTF3* geni çeşitli abiyotik stres koşullarına maruz bırakılmıştır. *TaBTF3* geni susturulan bitkiler daha düşük hayatta kalma oranı göstermiştir. *TaBTF3* geninin susturulması donma ve kuraklık streslerine karşı toleransı azaltmaktadır (Kang vd., 2013).

Kuraklık stresine karşı farklı *Rht-B1* allelleriye sahip iki buğday türünün iyon sızınımı parametrelerindeki değişimleri incelenmiştir. Kusurlu *DELLA* proteinlerini ifade eden *Rht* genleri, hücre duvarındaki yapısından dolayı kuraklık stresine tepki gösterebilir, aynı zamanda ROS detoksifikasyonuna da katkıda bulunarak hücresel zarları dolaylı olarak sabit tutmaktadır (Kocheva vd., 2014).

Buğday (*Triticum aestivum*) bitki köklerinin su tutma stresi altında moleküler ve fizyolojik yanıtlarında patogenezele ilişkili protein *TaBWPR-1.2*'nin etkisi

araştırılmıştır. *TaBWPR-1.2* genine karşılık gelen iki cDNA klonlanmıştır ve bu cDNA'ların 173 ve 172 aminoasitlik proteinleri kodladığı tahmin edilmiştir. Yapılan çalışmada; köklerin su tutma sorunu iyileştirildikten sonra *TaBWPR-1.2* gen ifadesi tüm köklerde artmıştır. *TaBWPR-1.2* gen ifadesinin ve protein seviyelerinin ağırlıklı olarak kök bölgesinde olduğu saptanmıştır. Ayrıca köklerdeki *TaBWPR-1.2* gen ifadesi; 1- aminosiklopropan-1-karboksilik asit (ACC), hidrojen peroksit (H₂O₂), jasmonik asit (JA) ve nitrik oksit (NO) sinyal molekülleri tarafından artmaktadır. Bununla birlikte absisik asit (ABA), salisilik asit (SA) ve etanol ile yapılan muameleler ifade seviyesini değiştirmemiştir. (Haque vd., 2014).

Yapılan bir çalışmada; yaprak dokularından alınan elektrolit sızma ölçümlerine göre membran bütünlüğü, hassas türlerde toleranslı türlere göre daha hızlı bozulmaktadır (Jager vd., 2014).

Transkripsiyon faktörlerinden WRKY süper ailesi, buğday (*Triticum aestivum* L.) gibi bitkilerde biyotik ve abiyotik stress tepkilerinde rol oynamaktadır. Yapılan çalışmada; *TaWRKY16*, *TaWRKY24*, *TaWRKY59*, *TaWRKY61* ve *TaWRKY82* genlerinin kuraklık stresi üzerine ilk kez ifadeleri keşfedilmiştir. Kuraklığa karşı WRKY ailesinin artışı toleranslı buğday çeşitlerinin moleküler ıslahına katkıda bulunacaktır (Okay vd., 2014).

Çinko parmak içeren glisin açısından zengin RNA bağlayıcı proteinlerin (RZs) fonksiyonel rolleri, Arabidopsis (*Arabidopsis thaliana*) ve çeltik (*Oryza sativa*) gibi çeşitli bitki türlerinde karakterize edilmesine rağmen, buğdayda bilinmemektedir. Burada, *TaRZ1*, *TaRZ2* ve *TaRZ3* olarak adlandırılan üç buğday RZ aile üyesinin işlevsel rolleri, çeşitli abiyotik stres koşulları altında araştırılmıştır. Dehidrasyon koşulları altında; *TaRZ2*- veya *TaRZ3*'yi ifade eden transgenik Arabidopsis tohumlarının çimlenmesi engellenmiştir (Xu vd., 2014).

Ekmeklik buğday çeşitlerinden olan Hanxuan 10 ve Ningchun 47'nin savunma mekanizması ve kuraklık stresine verdiği yanıtı belirlemek için yapılan ilk fosfoproteom analizi çalışmasında; kuraklık stresi altında 191 ve 251 eşsiz fosfopeptid,

31'de ortak SCPL fosfoproteinleri tanımlanmıştır. Bazı SCPL fosfoproteinleri, kuraklık stresindeki sinyal kaskatında rol almaktadır ve bu sayede kuraklığa maruz kalan bitkilerin fosforilasyon durumu belirlenmiştir (Zhang vd., 2014).

Ekmeklik buğdayın A, B ve D genom ataları olan *Triticum urartu*, *Aegilops speltoides* ve *Aegilops tauschii* türlerinin kuraklık stresine cevapta *Dreb2*'nin ifade profili ve izolasyonuna bakılmıştır. Bu protein ailesi; çeşitli abiyotik streslere tepki veren ve dolayısıyla bitkilerde stres dayanıklılığı sağlayan abiyotik stresle ilişkili genleri indükleyen, bitkiye özel transkripsiyon faktörleridir. Kuraklık stresi altında *Dreb2*'nin ifadesi artış göstermiştir (Tavakol vd., 2014).

Yapılan bir çalışmada farklı buğday türlerinde abiyotik streslere karşı transkripsiyon faktörlerinin ifadeleri incelenmiştir. *bZIP*, *MBF1*, *WRKY*, *MYB* ve *NAC* transkripsiyon faktörü (*TF*) genleri, bitkilerde büyüme, gelişme, fizyolojik süreçler ve biyotik / abiyotik stres tepkimelerinde rol oynayan en büyük transkripsiyonel düzenleyicilerdir. *Triticum aestivum* cv. (Yüreğir-89), *Triticum turgidum* cv. (Kızıltan-91), ve *Triticum monococcum* (Siyez) türlerinde tuzluluk ve kuraklık stresi altında *TaWLIP19*, *TaMBF1*, *TaWRKY10*, *TaMYB33* ve *TaNAC69* genlerinin ifadelerine bakılmıştır. Kızıltan-91'de seçilen beş genin hepsi indüklenmiş, *TaMBF1* geni Yüreğir-89'da, *TaWLIP19* geni ise Siyez'de ifadesi azalan genlerdir (Baloglu vd., 2014).

Triticum aestivum L. cinsi buğdayda *Fosfolipaz C* geninin stres şartları altında ifadesi incelenmiştir. Bu *Fosfolipaz C* geni, gelişme ya da çevresel stres ile bağlantılı birçok temel bitki sürecinde işlev görür. Kuraklık stresi altında; *TaPLC1*'in ifade yolları incelenmiştir. Altı günlük yaş buğday fideleri tuz ve kuraklık streslerine maruz bırakılmış ve kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında; *TaPLC1* transkript seviyesi 16 kat artmıştır. Sonuç olarak; *TaPLC1* hem fide büyümesinde hem de tuzluluk ve kuraklık gibi abiyotik streslere cevabı düzenleyen işlevlerde rol almaktadır (Zhang vd., 2014).

Modern ve yabani tip emmer buğdaylarından 66 tane miRNA belirlenmiş, modern makarnalık buğdaydan 46 ve yabani genotiplerden tanımlanan 38 miRNA daha önce

belirlenmemiştir. Kuraklığa dayanıklı genotip *TR39477*den miR1435, miR5024 ve miR7714 tespit edilmiştir ve bunlar toleranslı çeşitlerin geliştirilmesi için gelecekteki araştırmalar için aday olabilir (Akpınar vd., 2015).

Kuraklığa dayanıklı yabani buğdayın (*Triticum boeoticum*) proteomik düzey tepkilerini belirlemek için, fizyolojik ve karşılaştırmalı proteomik analizler yapılmıştır. Bunun için; kontrol bitkisinin kökleri ile yaprakları ve stres uygulanan bitkinin kök ve yaprakları kullanılmıştır. Kuraklık stresi uygulaması PEG-6000 aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırmalı proteomik analizde, yapraklarda ve köklerde sırasıyla 98 ve 85 farklı şekilde değişen protein lekeleri (*DEP*'ler) tespit edilmiştir. Yapılan analizlerde; iki farklı dokuda kuraklığa karşı spesifik yanıtlar vermiş ve bunun sebebi olarak da sinyal algılama ve iletim ile ilişkili proteinlerin köklerde büyük ölçüde düzenlenmesi olarak görülmektedir. PPP yolu köklerde yükselmiş ve enerji metabolizmasında değişiklik meydana gelmesiyle yeni bir homeostaz oluşturulmuştur. Protein metabolizmasının, köklerde azalırken, yapraklarda arttığı görülmüştür. Bulgulara göre; kuraklık altındaki buğday bitkilerinin hem yaprakları hem de köklerinde, serbest prolin miktarının önemli ölçüde arttığı ve bu artışın kuraklık süresiyle birlikte daha fazla olduğu görülmüştür. Yapılan MDA analiz sonuçları ise; 24 saat kuraklıkla muamele edilen kök ve yaprak dokularının her ikisinde de önemli ölçüde değişmediğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, 48 saatlik kuraklık muamelesinden sonra MDA seviyesi, yapraklarda ve köklerde sırasıyla %47,06 ve %23,33 oranında artmıştır (Liu vd., 2015).

Yapılan başka bir çalışmada buğday fidelerinin kök, yaprak ve ara bölüm protein seviyesinde farklı fizyolojik fonksiyonlar olduğu saptanmıştır. Kuraklığa dirençli olan HX-10 ve hassas olan CS çeşitlerinde protein analizleri gerçekleştirilmiş ve kuraklık stresine yanıtta ifade olan proteinler dokuların her birinde belirgin değişiklikler göstermiştir. Strese karşı savunmayla alakalı proteinlerin sayısı, HX-10'da CS'den daha fazla artmıştır. Kuraklığa tolerans ile alakalı altı *Hsp*'nin ifadesi, kurak koşulları altında artmıştır. Bu proteinler kompleks bir protein-protein etkileşim ağı içermektedir (Hao vd., 2015).

Bitkiler kuraklık ve diğer abiyotik streslerle mücadele için oldukça karmaşık bir stres tepki sistemi geliştirmişlerdir. Bunun için de genellikle transkripsiyon faktörlerini (TF) kullanmışlardır. Kuraklığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi için *TF* genleri önemli rol oynamaktadır (Gahlaut vd., 2016).

Aegilops tauschii ve *Triticum dicoccoide* cinsi iki ekmeklik buğday türünde kuraklık stresi uygulaması sonrası süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) incelenmiştir. Stres uygulaması yapılan koşullarda GR aktivitesinde %45'lik bir yükselme gözlenmiştir. *Aegilops tauschii* buğdayında kurak şartlar altında en az üç enzim türünde artış görülmüştür. *T. dicoccoide* ise; normal şartlarda stresli durumlarındakinden daha az miktarlarda antioksidan savunma mekanizmalarını bulundurmaktadır (Suneja vd., 2017).

Farklı düzeylerde uygulanan polietilen glikol (PEG) kullanılarak oluşturulan kuraklık stresine maruz bırakılan iki Çin buğday çeşidi kullanılarak; dirençli olan Jinmai47'de kuraklığa duyarlı çeşitler Shiluan02-1 ile karşılaştırıldığında daha yüksek seviyelerde süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) aktiviteleri bulunmuştur (Dong vd., 2017).

Çinko aracılığıyla kuraklık stresinin azaltılmasına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada; gübreleme işlemine çinko uygulaması yapılarak buğdayın fizyolojik cevapları değerlendirilmiştir. Çalışmada antioksidan içeriği, antioksidan biyosentezi ile ilgili genlerin transkripsiyon seviyeleri analiz edilmiştir. Zn uygulamasıyla yapraklarda lipid peroksidasyon seviyeleri ve H₂O₂ içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Bu sayede; buğday bitkisinin kuraklık stresinden etkilenmesini hafifletmede rol oynamaktadır. Yaprak dokusundaki antioksidan içeriği artmakla birlikte; iki antioksidan enzim geni, dört askorbat-glutatyon siklus geni ve iki flavonoid biyosentez yolağı geninin ifadelerinde artışlar olmuştur. Sonuç olarak; çinko uygulamasıyla birlikte bitki kuraklığa tepki olarak transkripsiyonel düzeyde çok sayıda antioksidan savunma sistemini düzenleyebilmektedir (Ma vd., 2017).

Kuraklık stresine cevapta He-Ne lazeriyle önceden muamele edilen buğday tohumlarının fizyolojik ve transkriptom incelemesiyle ilgili yapılan bir çalışmada; lazerin stres faktörlerine karşı bitkinin toleransını artırmada olumlu katkıları olduğu bulunmuştur. Bununla ilgili çalışmalar oldukça sınırlıyken; önceden He-Ne lazerle muamele edilen buğday fidelerinin moleküler rollerini belirlemek için transkriptom dizilimi yapılmıştır. 98 822 transkript tanımlanmıştır ve bunların arasından sadece 820 tanesinin ifadesinde değişiklik olduğu belirlenmiştir. Böylelikle ilgili genlerin değişen ifadelerinden dolayı fotosentezin fizyolojik süreçleri, antioksidan ve ozmolitlerin birikimi düzenlenmiştir (Qiu vd., 2017).

Makarnalık buğdayda (*Triticum turgidum* L. ssp. *durum*) NAC transkripsiyon faktörü çalışmasında; bitkiye özgü en bilinen transkripsiyon faktörlerinden olan NAC'lar bitki gelişme sürecinde, biyotik ve abiyotik strese karşı önemli rol oynamaktadır. RNA-seq analizi yapılarak strese duyarlı *TtNAC* genleri ortaya çıkarılmıştır. Böylelikle stres toleransı ile ilişkili aday genlerin tanımlanması ve seçilmesi için faydalı olmaktadır (Saidi vd., 2017).

Kuraklığa dayanıklı tür olan Kundan ile kuraklığa karşı hassas olan Lokl buğday türleri üzerine yapılan bir çalışmada; salisilik asit (SA) ile muamele sonrası kuraklık stresinin olumsuz etkilerinin azaltıldığı görülmüştür. Salisilik asidin antioksidan savunma enzimleri ve osmolitleri artırarak kuraklık stresine karşı savunma tepkimesini göstermektedir. Böylelikle kuraklık stresi altında eksojen olarak uygulanan SA'nın, buğday bitkileri üzerinde büyüme teşvik edici ve stres önleyici etkiler gösterdiği saptanmıştır (Sharma vd., 2017).

Kışlık buğdaya uygulanan kuraklık stresi döneminde strigolakton ve salisilik asidin fizyolojik ve antioksidan tepkilerinin araştırıldığı çalışmada; son zamanlarda strigolaktonların kuraklık ve tuz stresi üzerine olumlu düzenleyici etkisi ortaya çıkmıştır. Salisilik asitin ise; patojen enfeksiyonu, UV ışınlaması, tuzluluk ve kuraklık gibi streslere karşı rol oynadığı görülmüştür. Burada da iki tür kışlık buğdayın GR24 ve salisilik asitten nasıl etkilendikleri araştırılmıştır. Strigolaktonlar ve salisilik asit ile muamele gören bitkiler; kuraklık stresine daha yüksek tolerans göstermiştir. Salisilik

asit ile muamele gören buğday türlerinde MDA içeriğinde azalış görülmektedir (Sedaghat vd., 2017).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyaller

3.1.1. Kimyasal Madde ve Kitler

Asetik Asit (Merck, Almanya)

Ninhidrin (Sigma-Aldrich, ABD)

Sülfosalisilik Asit (Sigma, ABD)

Sülfirik Asit (Sigma, ABD)

Fosforik Asit (Sigma, ABD)

Etanol (Kimetsan, Türkiye)

Amonyak (Sigma, ABD)

L- Prolin (Sigma, ABD)

Dinitrofenilhidrazin (Sigma, ABD)

Thioüre (Sigma, ABD)

PVP (Sigma, ABD)

EDTA (Sigma, ABD)

Coommassie Brilliant Blue G-250

Bovin Serum Albumin (BSA) (Sigma, ABD)

Hidrojen peroksit (Sigma, ABD)

Askorbat (Sigma, ABD)

SOD tayin kit (SOD determination kit 19160, Fluka, St. Louis, MO).

GPX tayin kit (Cayman Chemical, Ann Arbor, MI, USA, no 703102).

Aseton (Sigma, ABD)

Mannitol (Sigma, ABD)

Trikloro asetik Asit (TCA)

Tiobarbiturik Asit (TBA) (Sigma, ABD)

L- Askorbik Asit (Sigma, ABD)

Titanyum Dioksit (Sigma, ABD)

Potasyum Sülfat (Sigma, ABD)

Toluen (Sigma, ABD)

3.1.2. Bitki Materyalleri

Bu çalışmada materyal olarak Kızıltan-91 (*Triticum turgidum* durum), Yüreğir-89 (*Triticum aestivum* cv.) ve Siyez (*Triticum monococcum*) buğday çeşitleri kullanılmıştır. *Triticum aestivum* cv. Yüreğir-89'a (ekmeklik buğday) ait tohumlar Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden (Adana), *Triticum turgidum* durum cv. Kızıltan-91'e (makarnalık buğday) ait tohumlar Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden (Ankara) ve Siyez'e (*Triticum monococcum*) ait tohumlar İhsangazi Belediye Başkanlığı'ndan (Kastamonu) temin edilmiştir. Tohumların çimlendirilmesi işlemleri ile bitkilerin gerekli sürede büyümeleri ve stres uygulamaları Kastamonu Üniversitesi İklimlendirme Ünitesi Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.2. Yöntemler

3.2.1. Bitkinin Büyütülmesi

Farklı ploid seviyelerindeki Kızıltan, Siyez ve Yüreğir buğday çeşitleri 30 gün boyunca, uygun koşullar altında $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$, %50 nem ve 16 saat karanlıkta, 8 saat aydınlıkta büyütülmeye bırakılmıştır.

3.2.2. Kuraklık Stresi Uygulamaları

Buğday bitkilerinde kuraklık stresi oluşturulabilmesi için 25 gün sulama yapılmamıştır. Kontrol grubundaki buğdayların ise düzenli olarak sulaması gerçekleştirilmiştir. Kontrol bitkileri ve strese tabii tutulmuş bitkiler bitki büyütme kabininde aynı büyüme koşullarında yetiştirilmiştir. Kök dokusu tarafından; topraktan suyun alınmasının zorlaştığı noktada yani buğday örneklerinin turgor basıncını yitirme noktasına geldiği zamanda kök ve yaprak dokularından örnekler alınmıştır. Toplanan örnekler, sonraki analizlerde kullanılmak üzere -80°C ' de muhafaza edilmiştir.

3.2.3. Fizyolojik Analizler

25 günlük stres uygulama süreci sonrası; hem kontrol grubunda hem de stres uygulanan bitkilerde kök ve yapraklarda taze ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Taze

ağırlıkları ölçülen kök ve yaprak örnekleri 65°C’ de 36 saat etüvde bekletilerek kuru ağırlık belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Kontrol ve stres uygulaması yapılan bitki örneklerinin kök ve yaprak uzunlukları alınmıştır. Bitki büyümesi üzerinde kuraklık stresinin etkisini gözlemlemek amacıyla tüm örneklerin görüntüleri kaydedilmiştir.

3.2.4. Membran Geçirgenliğinin Ölçümü

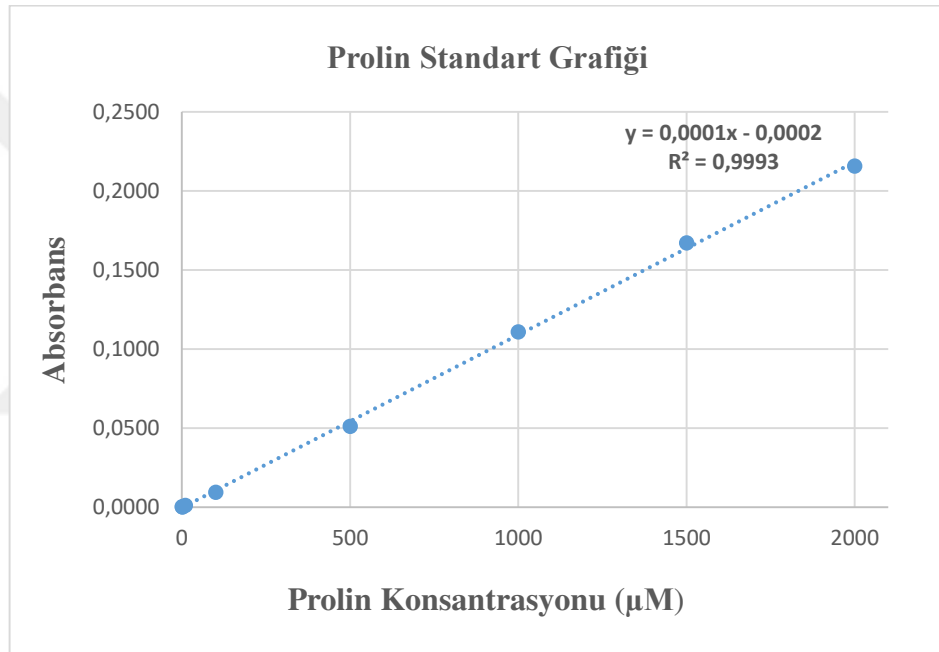
Kök ve yaprak doku örneklerinin iletkenliklerini ölçmek için; bu iki doku birbirinden ayrıştırılmıştır. Ayrıştırılan bu örnekler falconlara alınarak üzerlerine 0,4 M Mannitol solüsyonundan 5 ml eklenmiştir. Örnekler 3 saat boyunca karıştırılarak inkübe edilmiştir. Kontrol grubu örneklerinin inkübasyon sonrası iletkenlikleri ölçüm cihazıyla ilk ölçüm olarak gerçekleştirilmiştir. Bu ölçülen değer C₁ değeri olarak kaydedilmiştir. Daha sonra örnekler 10 dk, 100°C ‘lik kaynar suda bekletilmiştir ve buz yardımıyla oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. Bu sayede membrandaki tüm hasar iletkenlik ölçüm cihazıyla tekrardan ölçülmüştür ve bu değer C₂ olarak kaydedilmiştir. Stres grubundaki örnekler de aynı muameleler yapılmıştır ve bunlara ait değerler de sırasıyla T₁ ve T₂ olarak kaydedilmiştir (Nanjo vd.,1999). Aynı hesaplama stres grubundaki örnekler içinde yapılmıştır. İletkenlik yüzdesi elektrolit sızma hesaplaması aşağıdaki denklem kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$(C_1/C_2) * 100 \quad (3.1)$$

3.2.5. Prolin İçeriğinin Belirlenmesi

Kök ve yaprak örnekleri sıvı azotta ezilmiştir ve 100-300 mg arasında değişen doku örnekleri üzerine %3’lük sülfosalisilik asitten 1 ml eklenmiştir. 4°C ’de 14 000 rpm’de 5dk santrifüjlenmiştir. Yeni tüplere sırasıyla 0,2 ml asid-ninhidrin çözeltisi (asit ninhidrin çözeltisi; 1,25 gr ninhidrin, 30 ml glasiyel asetik asit ve 20 ml 6M fosforik asitte karıştırılarak ve hafif ısıtılarak hazırlanmıştır), 0,2 ml %96 asetik asit, 0,1 ml %3’lük sülfosalisilik asit ve 0,1 ml süpernatant ilave edilmiştir. Tüpler vortekslenmiş ve 96°C’de 1 saat sıcak blokta inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası 1 ml toluen eklenmiştir ve vortekslenmiştir. 4°C’ de 14 000 rpm’de 5 dk santrifüjlenmiştir. Üstteki pembe renkli faz alınmış ve 520 nm’de absorbansı belirlenmiştir. (Bates vd., 1977). Prolin standartı hazırlamak için; 1M 1ml’lik ana stok hazırlanmıştır. Bu ana stoktan

farklı molaritelere sahip (0.1-2000 μM) aralığında değişen ara stoklar hazırlanmıştır. Sırasıyla; 0,2 ml asid-ninhidrin çözeltisi, 0,2 ml %96 asetik asit, 0,1 ml %3'lük sülfosalisilik asit ve 4°C' de 14 000 rpm'de 5 dk santrifüjlenen farklı molarite değerlerine sahip olan prolinlerden 0,1 ml eklenmiştir. 96°C' de 1 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından 1 ml toluen eklenmiş ve vorteks yapılmıştır. 4°C' de 14 000 rpm'de 5 dk santrifüjlenmiştir ve santrifüj sonrası üst faz alınarak 520 nm'de absorbans belirlenmiştir. Kör olarak da toluen kullanılmıştır. Hazırlanan bu standart grafik ile değerlendirme yapılmıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Prolin standart grafiği

Prolinin hesaplaması aşığıdaki denklem kullanılarak yapılmıştır.

$$(C * L \text{ toluen}) / (\text{örnek gr} / 5) \quad (3.2)$$

$$C = OD_{520} / \text{prolin standart grafik slope} \quad (3.2a)$$

3.2.6. Lipit Peroksidasyon (MDA) İğeriğinin Belirlenmesi

Kök ve yaprak örnekleri sıvı azotla muamele edilmiştir ve üzerine 1 ml %5 TCA ilave edilerek homojenize hale getirilmiştir. Oda sıcaklığında; 12 000 rpm'de 15 dk santrifüjlenmiştir. 1:1 oranında üst faza %0,5 TBA eklenerek karıştırılmıştır. 96°C' de

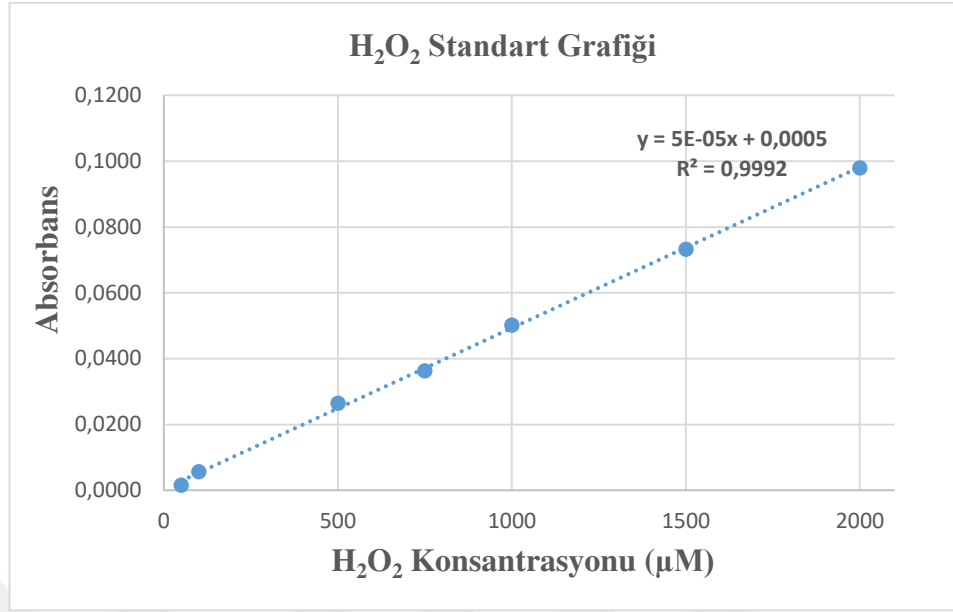
25 dk inkübasyonun ardından; oda sıcaklığına gelinceye kadar buzda bekletilmiştir. 10 000 rpm 'de 5 dk oda sıcaklığında santrüfjü yapılarak süpernatant kısım alınmıştır ve 532 nm'de absorbansı okunmuştur. Spesifik olmayan ölçüm olarak da 600 nm'deki değerler kaydedilmiştir (Ohkawa vd., 1979). Kör olarak da %0,5 TBA kullanılmıştır (0,05 gr TBA %20'lik TCA ile 10 ml'ye tamamlanarak taze hazırlanıp kullanılmıştır). MDA içeriğini hesaplamak için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Heath ve Packer, 1968; Sairam ve Saxena, 2000).

$$\text{MDA (nmol/ml}^{-1}\text{)} = [(A_{532} - A_{600}) / 155000] * 1000000 \quad (3.3)$$

3.2.7. Hidrojen Peroksit İçeriğinin Belirlenmesi

Sıvı azot ile ezilen 0,05 gr'lık kök ve yaprak dokuları üzerine 1 ml soğuk aseton eklenerek homojenize edilmiştir. Bu homojenat whatman no. 10 filtre kâğıdıyla süzölmüştür. Ekstrakt üzerine 0,4 ml titanyum çözeltisi (1 g titanyum dioksit ve 10 g potasyum sülfatın 150 ml konsantre sülfürik asit ile sıcak tabla üzerinde 2 saat kaynatılmasıyla hazırlanan karışım soğutularak 1,5 litreye tamamlanmıştır. Bu karışım titanyum çözeltisi olarak kullanılmıştır) ve 0,5 ml konsantre amonyak çözeltisi ilave edilmiştir. 10 000 g'de 5 dk santrifüj yapılarak süpernatant kısım dökölmüştür. Çökelti üzerine 1 ml 1 M H₂SO₄ ilave edilerek çözünme sağlanmıştır. 10 000 g'de 5 dk tekrar santrifüj yapılarak çözünmemiş materyal uzaklaştırılmıştır ve 415 nm'de absorbans belirlenmiştir (Mukherjee ve Choudhuri, 1983).

Hidrojen peroksit standartı hazırlamak için; ana stoktan farklı konsantrasyon değerlerine sahip 10-2000 µM aralığında değışen ara stoklar hazırlanmıştır. Whatman no. 10 filtre kağıdından süzülen farklı molarite değerlerine sahip olan hidrojen peroksitlerin üzerine; 0,4 ml titanyum çözeltisi ve 0,5 ml konsantre amonyak çözeltisi ilave edilmiştir. 10 000 g'de 5 dk santrifüj yapılarak süpernatant kısım dökölmüştür. Çökelti üzerine 1 ml 1 M H₂SO₄ ilave edilerek çözünme sağlanmıştır. 10 000 g'de 5 dk tekrar santrifüj yapılarak çözünmemiş materyal uzaklaştırılmıştır ve 415 nm'de absorbans belirlenmiştir. Kör olarak da 1 M H₂SO₄ kullanılmıştır. Hazırlanan bu standart grafik ile değerlendirme yapılmıştır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Hidrojen peroksit standart grafiği

Hidrojen peroksit hesaplaması aşağıdaki denklem kullanılarak yapılmıştır.

$$(C * L \text{ sülfirik asit}) / (\text{örnek gr}) \quad (3.4)$$

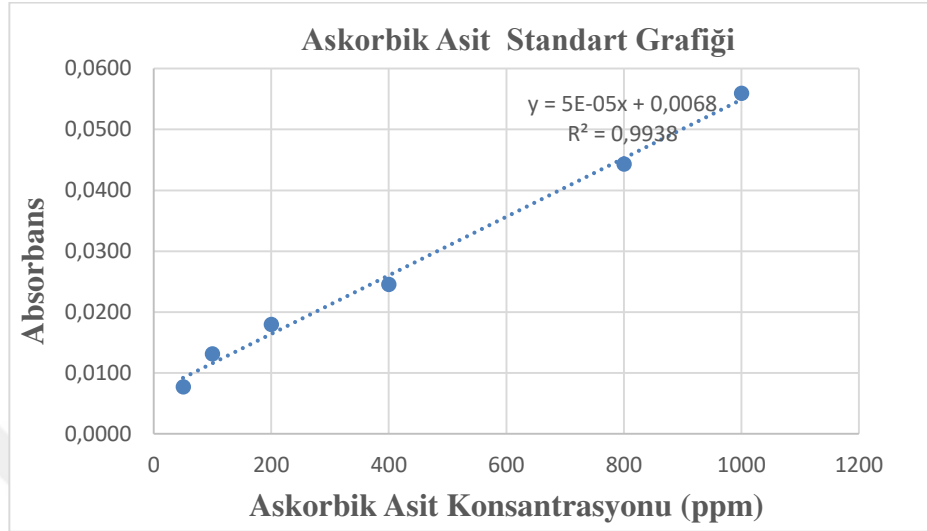
$$C = OD_{415} / H_2O_2 \text{ standart grafik slope} \quad (3.4a)$$

3.2.8. Vitamin C (Askorbik Asit) Miktar Tayini

Sıvı azot ile ezilen 0,25 g'lık kök ve doku örnekleri üzerine %6'lık TCA'dan 10 ml eklenmiştir. Ekstraktın 4 ml'lik kısmına; %2'lik dinitrofenilhidrazinden 2 ml ilave edilerek karıştırılmıştır. Üzerine %10'luk thioüreden 1 damla eklenerek karışım 15 dk su banyosunda kaynatılmıştır ve ardından oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiştir. Üzerine 0°C'de 5 ml %80 (v/v)'lik H₂SO₄ eklenerek 530 nm'de absorbans değerleri kaydedilmiştir (Mukherjee ve Choudhuri, 1983).

Vitamin C (Askorbik asit) standartı hazırlamak için; ana stoktan farklı konsantrasyon değerlerine sahip 50-1000 ppm aralığında değişen ara stoklar hazırlanmıştır. Farklı molarite değerlerine sahip olan askorbik asit ekstraktının 4 ml'lik kısmı; 2 ml %2'lik dinitrofenilhidrazin ile karıştırılarak üzerine %10'luk thioüreden 1 damla eklenmiştir. Karışım 15 dk su banyosunda kaynatılarak oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiştir. Üzerine 0°C'de 5 ml %80 (v/v)'lik H₂SO₄ eklenerek 530 nm'de

absorbans değerleri kaydedilmiştir. K r olarak da %80 (v/v)'lik H₂SO₄ kullanılmıştır. Hazırlanan bu standart grafik ile değerlendirme yapılmıştır (şekil 3.3.).



şekil 3.3. Askorbik asit standart grafiği

Askorbik asit hesaplaması aşağıdaki denklem kullanılarak yapılmıştır.

$$(C * L \text{ toplam}) / (\text{örnek gr}) \quad (3.5)$$

$$C = OD_{530} / \text{Askorbik asit standart grafik slope} \quad (3.5a)$$

3.2.9. Protein Miktar Tayini

Sıvı azot yardımıyla ezilen 0,1-0,3 gr arasında değişen kök ve yaprak örnekleri üzerine 50 mM potasyum fosfat (%2 PVP ve 1 mM EDTA içeren pH: 7.8 değerine sahip) tamponundan 1 ml ilave edilmiştir (Bradford, 1976). 4 C' de 13 000 g'de 20 dk santrifüj yapılmıştır. Protein miktar tayini ve enzim aktivitelerinin belirlenmesi için kök ve yaprak dokularının üst fazlarından; 5, 10, 20 ve 50  l'lik örnekler alınarak üzeri 100  l'ye tamamlanmıştır. Ardından 1 ml Bradford solüsyonu eklenerek vortekslenmiştir. Karanlık ortamda ve oda sıcaklığında 10 dk bekletilerek 595 nm'de absorbans değerleri kaydedilmiştir. Herbir örnekle dublike olarak çalışılmıştır. Kök ve yaprak dokularının protein konsantrasyonları Bradford metodu kullanılarak belirlenmiştir (Bradford, 1976). Bunun için 5X'lik Bradford solüsyonu hazırlanmıştır (500 mg Coomassie Brilliant Blue G-250; 250 ml %95'lik etanolde çözülerek.  zerine 500 ml %85'lik w/v'lik fosforik asit ilave edilmiştir. Son olarak distile su ile

1 litreye tamamlanmıştır). Kullanmadan önce filtrelenmesine ve 1X'e seyreltilmesine dikkat edilmiştir. Protein miktar tayini yapılacak örneklerin hazırlanması işlemi Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. *Kök ve yaprak örneklerinin hazırlanışı*

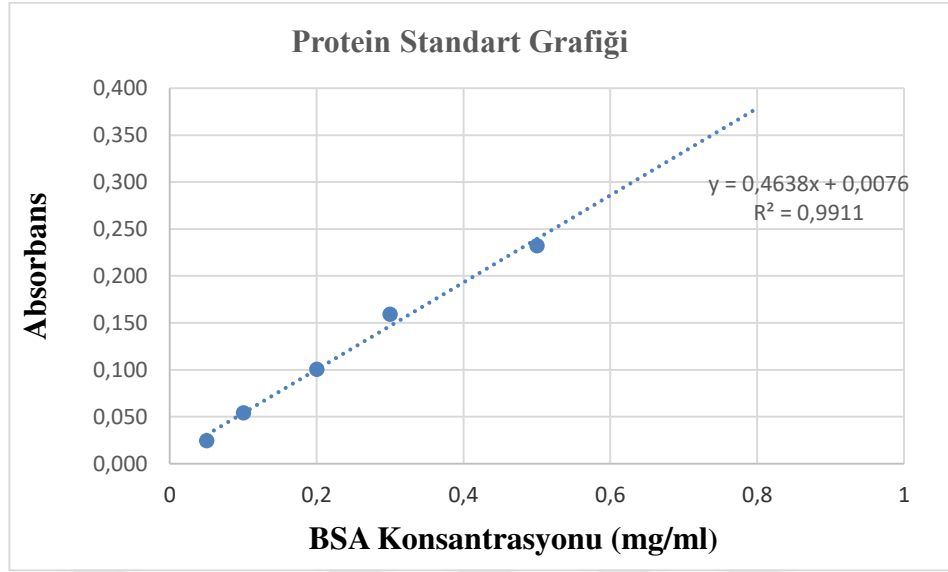
	dH ₂ O (µl)	Örnek (µl)	Bradford solüsyonu (ml)
Kök	50	50	1
	80	20	1
	90	10	1
Yaprak	80	20	1
	90	10	1
	95	5	1

Protein standartı için; ana stok olarak 1 mg/ml 'lik BSA taze olarak hazırlanmıştır. Farklı konsantrasyon değerlerine sahip 0,05-0,8 mg/ml aralığında değişen ara stoklar Tablo 3.2'de gösterilmektedir.

Tablo 3.2. *BSA standartının hazırlanışı*

	dH ₂ O (µl)	BSA (µl)	Bradford solüsyonu (ml)
1-1	100	0	1
2-2	95	5	1
3-3	90	10	1
4-4	80	20	1
5-5	70	30	1
6-6	50	50	1
7-7	20	80	1

Herbir örnek uygun şekilde seyreltilerek dublike olarak çalışılmıştır. Vorteks işleminin ardından oda sıcaklığında 10 dk bekletilerek 595 nm'de absorbanı değerleri kaydedilmiştir. Kör olarak 100 µl distile su ve 1 ml Bradford kullanılmıştır. Hazırlanan bu standart grafik ile değerlendirme yapılmıştır (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Protein standart grafiği

Protein miktar hesaplaması aşağıdaki denklem kullanılarak yapılmıştır.

$$C = (OD_{595} / \text{BSA standart grafik slope}) / (\text{Örnek hacmi}) \quad (3.6)$$

3.2.10. APX Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Sıvı azot yardımıyla ezilen 0,1-0,3 gr arasında değişen kök ve yaprak örnekleri üzerine 50 mM potasyum fosfat (%2 PVP ve 1 mM EDTA içeren pH: 7.8) tamponundan 1 ml ilave edilmiştir (Bradford, 1976). 4°C’ de 13000 g’de 20 dk santrifüj edilerek kök ve yaprak dokularının üst fazlarından; 5, 10, 20 ve 50 µl’lik örnekler alınarak 100 µl’ye tamamlanmıştır. Üzerine 1 ml Bradford solüsyonu eklenerek vortekslenmiştir. Karanlık ortamda ve oda sıcaklığında 10 dk bekletilmiştir ve 595 nm’de absorbans değerleri kaydedilmiştir. 50 mM (pH 6.6) potasyum fosfat tampondan 800 µl, 2,5 mM askorbattan 100 µl ve Bradford metoduyla belirlenen proteinden 100 µg eklenmiştir (Wang vd., 1991). Bradford metoduyla 100 µg’lık protein miktar hesaplaması aşağıdaki denklem kullanılarak yapılmıştır.

$$C = (OD_{595} / \text{BSA standart grafik slope}) / (\text{Örnek hacmi}) \quad (3.7)$$

$$\text{Protein (100 } \mu\text{g)} = (100 / C) \quad (3.7a)$$

100 mM'lık hidrojen peroksitten 100 µl cihaz içerisindeyken eklenmiştir. Substrat eklenir eklenmez reaksiyon başlamıştır ve hemen 290 nm'de 120 sn boyunca hidrojen peroksitin azalışı 2 sn aralıklarla kaydedilmiştir. Kör olarak; 50 mM (ph 6.6) potasyum fosfat tampondan 800 µl, 2,5 mM askorbattan 100 µl ve 100 mM hidrojen peroksitten 100 µl kullanılmıştır. (Askorbatın tükenme katsayısı $\epsilon = 0,0028 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)'dir. Spesifik aktivite hesaplaması aşağıdaki denklem kullanılarak yapılmıştır.

$$U/\text{mg} = ((\Delta A/\text{min})/(\epsilon \cdot 1) \times V_t \times 1000000)) / (100 \mu\text{g protein}) \quad (3.7b)$$

$\Delta A/\text{min}$: Dk'daki absorbans değişimi

ϵ : Askorbatın tükenme katsayısı ($0.0028 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)

V_t : Toplam hacim (L)

3.2.11. CAT Enziminin Belirlenmesi

Sıvı azot yardımıyla ezilen 0,1-0,3 gr arasında değişen kök ve yaprak örnekleri üzerine 50 mM potasyum fosfat (%2 PVP ve 1 mM EDTA içeren ph: 7.8) tamponundan 1 ml ilave edilmiştir (Bradford, 1976). 4°C' de 13 000 g 20 dk santrifüj edilerek kök ve yaprak dokularının üst fazlarından; 5, 10, 20 ve 50 µl'lik örnekler alınarak 100 µl'ye tamamlanmıştır. Üzerine 1 ml Bradford solüsyonu eklenerek vortekslenmiştir. Karanlık ortamda ve oda sıcaklığında 10 dk bekletilmiştir ve 595 nm'de absorbans değerleri kaydedilmiştir. 50 mM (ph 7) potasyum fosfat tamponundan 900 µl ve Bradford metoduyla belirlenen proteinden 100 µg eklenmiştir (Chance vd., 1995). Bradford metoduyla 100 µg'lık protein miktar hesaplaması aşağıdaki denklem kullanılarak yapılmıştır.

$$C = (\text{OD}_{595} / \text{BSA standart grafik slope}) / (\text{Örnek hacmi}) \quad (3.8)$$

$$\text{Protein (100 } \mu\text{g}) = (100/C) \quad (3.8a)$$

100 mM'lık hidrojen peroksitten 100 µl cihaz içerisindeyken eklenmiştir Substrat eklenir eklenmez reaksiyon başlamıştır ve hemen 240 nm'de 120 sn boyunca hidrojen peroksitin azalışı 2 sn aralıklarla kaydedilmiştir. Kör olarak; 50 mM (ph 7) potasyum fosfat tamponundan 900 µl ve 100 mM hidrojen peroksitten 100 µl kullanılmıştır. (H_2O_2 tükenme katsayısı $\epsilon = 0,0394 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)'dir. Spesifik aktivite hesaplaması aşağıdaki denklem kullanılarak yapılmıştır.

$$U/mg = ((\Delta A/min)/(\varepsilon * 1) \times V_t \times 1000000)) / (100 \mu g \text{ protein}) \quad (3.8b)$$

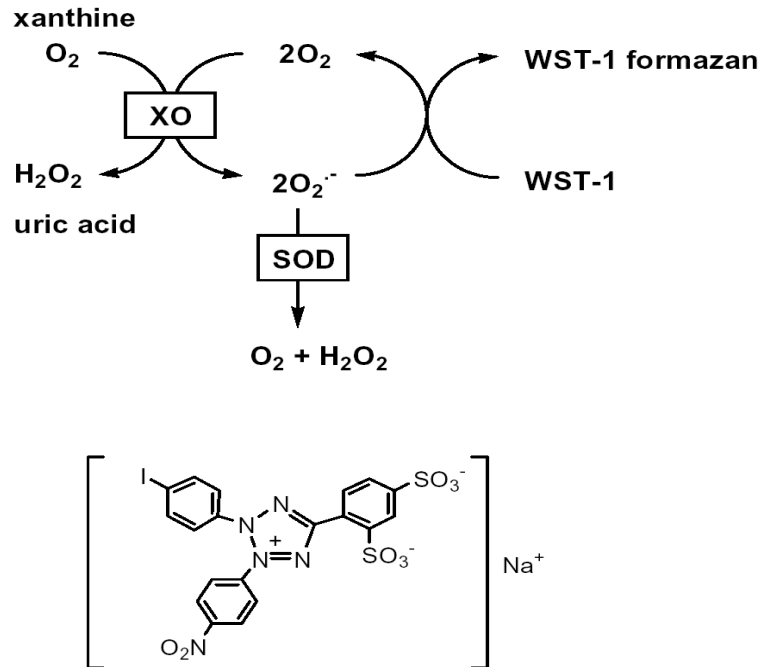
$\Delta A/min$: Dk'daki absorbans değışimi

ε : H_2O_2 'nin tükenme katsayısı ($0.0394 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)

V_t : Toplam hacim (L)

3.2.12. SOD Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

SOD enzim aktivitesini belirlemek için direkt ve dolaylı bir takım yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler arasında; kolaylığı ve kullanımından dolayı nitroblue tetrazolium (NBT) dolaylı yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat formazan boyanın suda zayıf çözünürlüğü ve indirgenmiş ksantin oksidaz ile etkileşimi gibi NBT yönteminde bazı dezavantajlar vardır. SOD Test Kiti; suda yüksek derecede çözünür tetrazolyum tuzu kullanarak SOD tayinine izin vermektedir. Yani kit kullanımıyla suda çözünme problemi olan formazan boya sıkıntısı giderilmiş olur. O_2 'nin azalma oranı ksantin oksidaz (XO) aktivitesi ile doğrusal olarak ilgilidir ve SOD tarafından inhibe edilmektedir (URL-2, 2017). (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. SOD tayin kitinin prensibi

Sıvı azot yardımıyla ezilen 0,1-0,3 gr arasında değişen kök ve yaprak örnekleri üzerine 50 mM potasyum fosfat (%2 PVP ve 1 mM EDTA içeren ph: 7.8) tamponundan 1 ml ilave edilmiştir (Bradford, 1976). 4°C’ de 13 000 g’de 20 dk santrifüj edilerek kök ve yaprak dokularının üst fazlarından 20 µl örnek alınmıştır. Örneklerin üzerine SOD tayin kiti içerisinde bulunan (SOD determination kit 19160, Fluka, St. Louis, MO) WST çalışma solüsyonundan 200 µl eklenerek karıştırılmıştır (19 ml Tampon solüsyonu ile 1 ml WST solüsyonu seyreltilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir). Son olarak 20 µl enzim çalışma solüsyonu hızlı bir şekilde eklenmiştir (5 sn santrifüjlemenin ardından; 2,5 ml’lik dilüsyon tamponu ile 15 µl enzim solüsyonu seyreltilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir). Blank 1’i hazırlamak için; 20 µl ddH₂O, WST çalışma solüsyonundan 200 µl ve son olarak da 20 µl enzim çalışma solüsyonu hızlı bir şekilde eklenerek hazırlanmıştır. 20 µl’lik her bir örnek üzerine 200 µl WST çalışma solüsyonu ve 20 µl dilüsyon tamponu eklenerek Blank 2 hazırlanmıştır. Blank 3’ü hazırlamak için de; 20 µl ddH₂O, 200 µl WST çalışma solüsyonu ve 20 µl dilüsyon tamponu eklenmiştir. 37°C’ de 20 dk inkübasyona bırakılmıştır ve 450 nm’de absorban değerleri kaydedilmiştir. SOD aktivite hesaplaması (% inhibisyon oranı) aşağıdaki denklem kullanılarak yapılmıştır.

$$\% \text{ inhibisyon} = \frac{((A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank3}}) - (A_{\text{örnek}} - A_{\text{blank2}}))}{(A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank3}})} * 100 \quad (3.9)$$

3.2.13. GPX Enziminin Belirlenmesi

GPX tayin kiti ile GPX aktivitesi; glutatyon redüktazlı (GR) bir çift reaksiyon ile dolaylı olarak ölçülmektedir. Oksitlenmiş glutatyon (GSSG); GPX tarafından hidrojen peroksitin indirgenmesi üzerine, GR ve NADPH tarafından indirgenmiş durumuna geri dönüştürülür. NADPH ‘ın NADP⁺ ‘ya oksidasyonu 340 nm’deki azalışla ölçülmektedir. 340 nm’deki azalış örnekteki GPX aktivitesiyle doğru orantılıdır (URL-3, 2017).

Sıvı azot yardımıyla ezilen 0,1-0,3 gr arasında değişen kök ve yaprak örnekleri üzerine 50 mM potasyum fosfat (%2 PVP ve 1 mM EDTA içeren ph: 7.8) tamponundan 1 ml ilave edilmiştir (Bradford, 1976). 4°C’ de 13 000 g 20 dk santrifüj edilerek kök ve

yaprak dokularının üst fazlarından 20 µl örnek alınmıştır. Örneklerin üzerine GPX tayin kiti içerisinde bulunan (Cayman Chemical, Ann Arbor, MI, USA, no 703102). Tahlil solüsyonundan 100 µl eklenerek karıştırılmıştır (9 ml HPCL sınıfı su ile 1 ml Tahlil tampon solüsyonu seyreltilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir). Üzerine 50 µl Co-substrat karışımı ilave edilmiştir (NADPH, glutatyon ve glutatyon redüktaz liyofilizelerini içeren bu vial 6 ml HPLC sınıfı su ile seyreltilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir). Son olarak 20 µl Cumene hidroperoksit hızlı bir şekilde eklenmiştir. Pozitif kontrolü hazırlamak için; 100 µl Tahlil tamponundan, 50 µl Co-substrat karışımından ve 20 µl'de GPX kontrolden kullanılmıştır (10 µl GPX kontrol ile 490 µl seyreltilmiş numune tampon solüsyonu ile seyreltilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir. Numune tamponu ise; 9 ml HPCL sınıfı su ile 1 ml numune tampon solüsyonu seyreltilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir). Son olarak 20 µl Cumene hidroperoksit hızlı bir şekilde eklenmiştir. Negatif kontrolü hazırlamak için; 120 µl tahlil tamponundan, 50 µl Co-substrat karışımı ve son olarak 20 µl Cumene hidroperoksit hızlı bir şekilde ilave edilmiştir. Dikkatli bir şekilde karıştırılarak 340 nm absorbands değerleri kaydedilmiştir. (NADPH tükenme katsayısı $\epsilon = 0,00373 \mu\text{M}^{-1}$)'dir. GPX aktivite hesaplaması (nmol/min)/ml aşağıdaki denklem kullanılarak yapılmıştır.

$$\text{GPX Aktivitesi} = \frac{(\Delta A_{340}/\text{min.})}{0,00373 \mu\text{M}^{-1}} \times \frac{0,19\text{ml}}{0,02\text{ml}} \times DF = \text{nmol/min)/ml} \quad (3.10)$$

$$\Delta A_{340}/\text{min} = \frac{\Delta A_{340}(\text{Süre 2}) - \Delta A_{340}(\text{Süre 1})}{\text{Süre 2 (min.)} - \text{Süre 1 (min.)}} \quad (3.10a)$$

3.2.14. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analiz, MINITAB 13 programı (MINITAB Inc., ABD) kullanılarak yapılmıştır. Tarama işleminden elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile irdelenmiştir. İstatistiksel fark '*' P değeri <0,1, '**' P değeri <0,05; '***' P değeri <0,01 şeklinde gösterilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Kuraklık Stresinin Buğday Çeşitleri Üzerine Etkileri

Bitki suya ihtiyaç duyduğunda ve bunu da kökleri tarafından sağlayamadığı zaman strese girer ve bitki su kayıplarını azaltarak veya su alımını artırarak kurtulmaya çalışır (Bray, 1997). Bitkide gözlemlenen ilk etki de turgor basıncını kaybetmesidir (Barlow vd., 1980). Kaybedilen turgor basıncı sonrası yapraklar plazmolize uğrayarak canlılığını yitirmektedir (Günay, 2005).





Şekil 4.1. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin morfolojik görüntüleri

Bitkide gözlemlenen ilk etkilerden bir diğeri ise vejetatif büyümenin azalmasıdır. Kuraklık stresine uğrayan bitki kök uzunluğunu artırır. Kök uzunluğu ve kök taze ağırlığında en fazla Yüreğir-89, en az Kızıltan-91 iken; yaprak uzunluğu ve yaprak taze ağırlığında en fazla Kızıltan-91'in olduğu görülmüştür. Kuraklık stresine maruz bırakılan bitkinin toprakta hali hazırda bulunan suyu kullanması daha fazla olduğundan bunu kuru madde üretimi için yapacaktır. Kök kuru ağırlığı en fazla Kızıltan-91, en az Siyez; yaprakta ise en fazla azalış Siyez'dedir.

Bitkinin kuraklık stresine uğramasıyla ROS'ların artması ve membran yapısının zarara uğramasıyla MDA, membran geçirgenliği ve H_2O_2 içerikleri tüm buğday türlerinin kök ve yaprak dokularında artmıştır. Malondialdehit ve membran geçirgenliği kök dokusunda en fazla Yüreğir-89 çeşit buğdayda iken; yaprak MDA birikimi en fazla Siyez'de, yaprak membran geçirgenliği ise en fazla Yüreğir-89 buğdayında olduğu görülmektedir. Kök ve yaprak H_2O_2 birikimi ise, en fazla Siyez buğdayındadır.

Bitkinin kuraklık stresine uğramasıyla bu stresten daha az etkilenebilmeleri için enzimatik olmayan antioksidanlardan olan askorbik asit ve sentezlenen organik maddelerden biri olan prolin, tüm buğday türlerinin kök ve yaprak dokularında

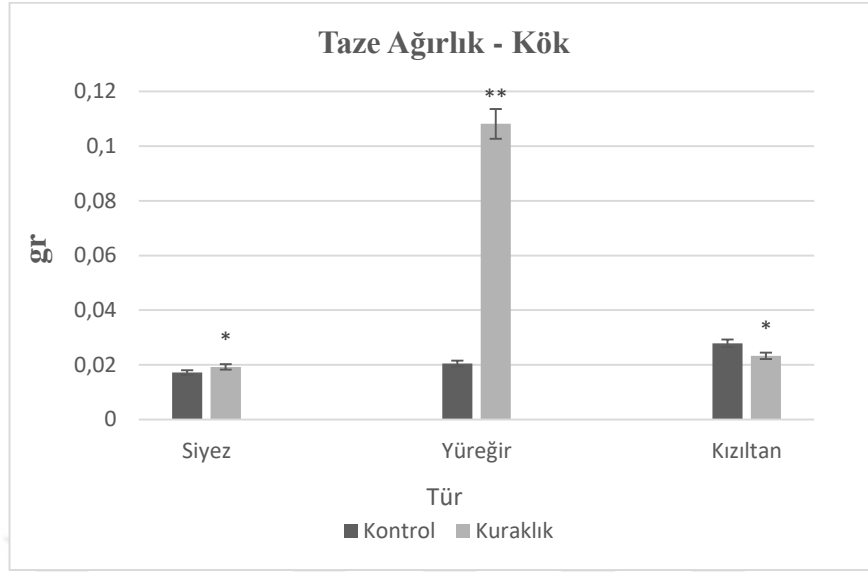
artmıştır. Kök ve yaprakta askorbik asit ve prolinin en fazla Yüreğir-89'da, en az ise Siyez'de olduğu görülmüştür.

4.1.1. Kuraklık Stresinin Fizyolojik Etkileri

Kuraklık stresinde bitkide gözlenen ilk etkilerden biri, vejetatif büyümenin azalmasıdır. Su arayışına giren bitki kök gelişimine daha fazla yönelmektedir. Stres uygulamasıyla tüm türlerin kök uzunlukları artmıştır. Kök uzunluğu en fazla olan buğday çeşidi Yüreğir-89 iken; en az kök uzunluğuna sahip olan buğdayın Kızıltan-91 olduğu görülmektedir. Enerjisini çoğunlukla kök uzunluğunu artırmaya harcayan Yüreğir-89 ve Siyez buğdaylarında yaprak uzunluklarının azaldığı görülmüştür. Yaprak uzunluğuna en fazla Kızıltan-91 buğday çeşidinin sahip olduğu belirlenmiştir. Su arayışına giren türlerin kök uzunluklarını artırmalarıyla taze ağırlıkları da değişmektedir. Taze ağırlık miktarına kökte en fazla Yüreğir-89; en az Kızıltan-91; yaprakta ise en fazla Kızıltan-91'in olduğu görülmektedir. Kuraklık stresine maruz bırakılan bitkinin oransal olarak topraktaki hali hazırda bulunan su miktarını kullanması daha fazladır. Bunu da kuru madde üretimi için yapan buğday türlerinin tümünün kök ve yaprak dokularında miktarı azalmıştır. Kuru ağırlık miktarına kökte en fazla Kızıltan-91, en az Siyez sahipken; yaprak dokusunda ise en fazla azalışın Siyez'de olduğu görülmektedir.

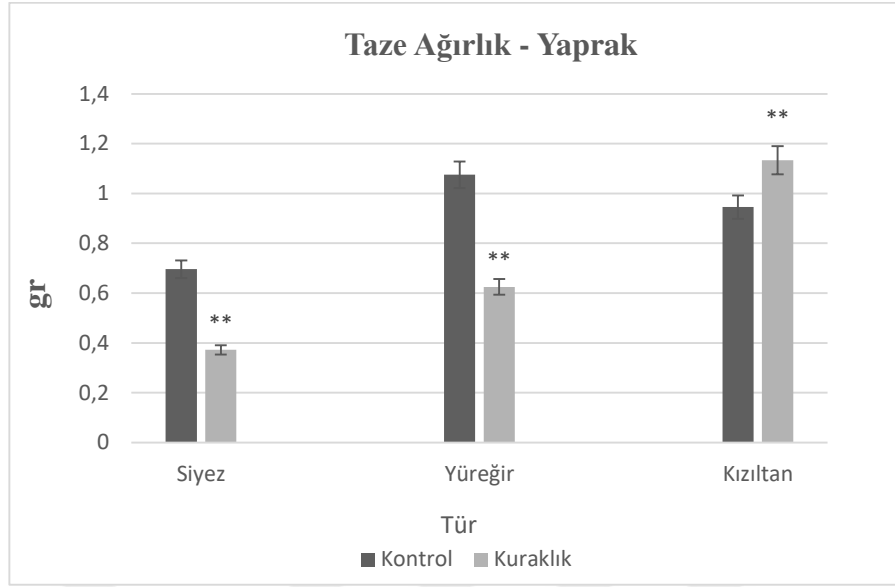
4.1.1.1. Kuraklık stresinin taze ağırlık üzerine etkileri

Kuraklık stresine uğrayan bitki su arayışına girerek kök gelişimine daha fazla yönelmektedir (Öztürk, 2015; Mahajan ve Tuteja, 2005). Kök uzunluğu fazla olan türün dolayısıyla ağırlığı da fazla olacaktır.



Şekil 4.2 . Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök taze ağırlığı

Şekil 4.2.'de taze ağırlık ölçümüne yönelik yapılan çalışmada; kuraklıkla birlikte su arayışına giren türlerin kök uzunluklarını artırmaya yönelik sonuçlar da göz önüne alındığında kök uzunluğunu en fazla artıran Yüreğir-89'un taze ağırlığı da en fazladır. Kök uzunluğunu en az artıran buğday çeşidi olan Kızıltan-91'in taze ağırlığının da azalması, bu durumla paralellik göstermektedir.



Şekil 4.3. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak taze ağırlığı

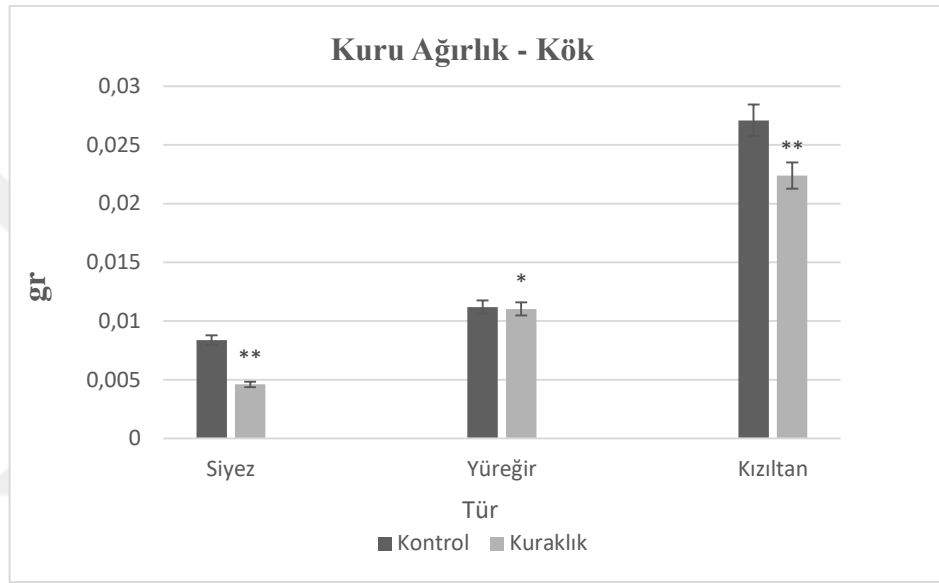
Şekil 4.3.'de yaprak dokusundaki taze ağırlık ölçüm sonuçlarına bakıldığında, Yüreğir-89 ve Siyez buğdaylarında azalma görülürken; Kızıltan-91'in tıpkı yaprak uzamasında arttığı gibi yaprak taze ağırlığı da artmıştır.

Kuraklık stresinden yaprak büyümesi, kök büyümesinden daha fazla etkilenmektedir (Sağlam, 2004). Stres muamelesinden etkilenen yaprak dokusu; büyüme hızını azaltarak daha çok kök dokusunu uzatmaya yönelmektedir (Öztürk, 2015; Mahajan ve Tuteja, 2005). Kök uzamasında daha fazla gelişim gösterenin kök taze ağırlığı da daha fazla olacaktır.

Çalışmanın sonucunda; stresle birlikte taze kök ağırlığında artış yaşayanların; yaprak taze ağırlıklarının azaldığı, yaprak taze ağırlığında artış görülenlerin de kök taze ağırlıklarında azalma yaşadığı görülmektedir. Bu sonuç; kuraklığa uğrayan bitkinin kök gelişimine daha fazla yöneldiği dolayısıyla da kök taze ağırlığının daha fazla olması ile ilgili çalışmalarla uyumludur (Kuzuoglu-Ozturk vd., 2012; Öztürk, 2015; Mahajan ve Tuteja, 2005).

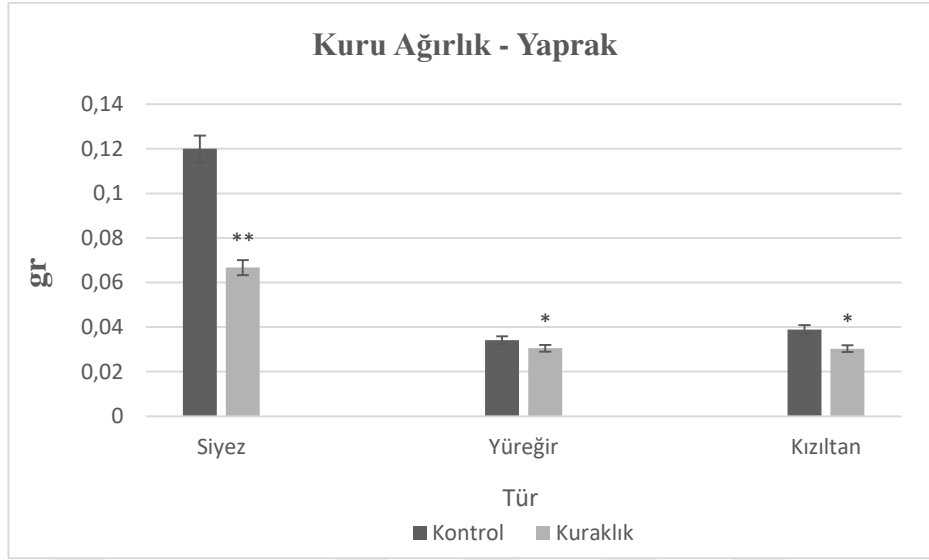
4.1.1.2. Kuraklık stresinin kuru ağırlık üzerine etkileri

Kurak ortamdaki toprakta hali hazırda bulunan su miktarı daha azdır. Bundan dolayı bitki tarafından su kullanımı oransal olarak daha fazla, ancak buharlaşmayla kaybedilen su daha azdır. Böylece buharlaşmayla kaybedilen su azalmakta ve toprak haznesinde bulunan su çoğunlukla da kuru madde üretimi için kullanılmaktadır (Çetin vd., 1999).



Şekil 4.4. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök kuru ağırlığı

Şekil 4.4.'de Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının kök dokusundaki kuru ağırlık ölçümlerinde; stres uygulaması kuru madde miktarını olumsuz etkilemiştir. Tüm buğday türlerinde kuru madde ağırlığı azalmıştır. En fazla kök kuru ağırlığına sahip olan buğday çeşidi Kızıltan-91 iken; en az değere sahip olan ise Siyez'dir.



Şekil 4.5. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak kuru ağırlığı

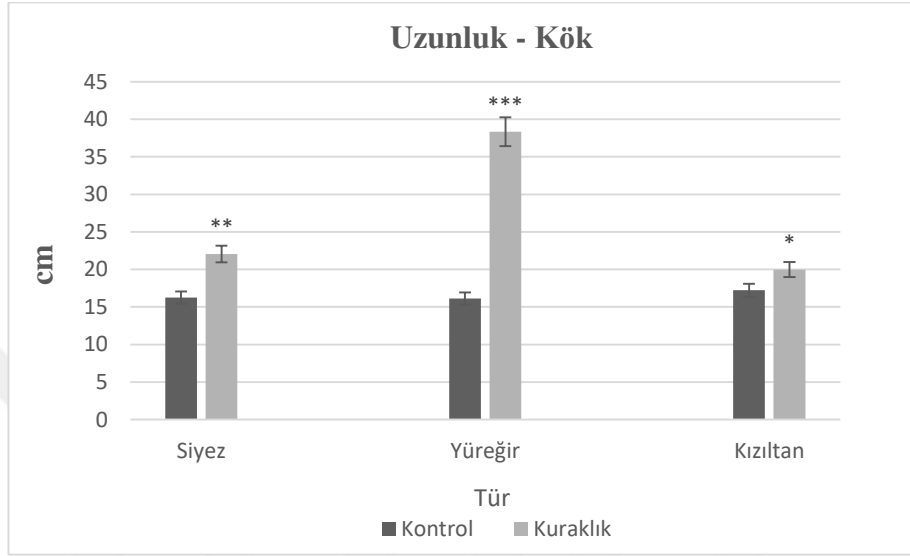
Şekil 4.5.'de yaprak dokusundaki kuru ağırlık ölçümlerinde de tıpkı kök dokusundaki gibi stres muamelesi kuru ağırlığı olumsuz etkilemiştir. Tüm türlerde kuru ağırlık miktarı azalmıştır. Yaprak kuru ağırlığı ölçümünde en fazla azalışın Siyez'de olduğu görülmektedir.

Kuraklık stresinin değişik dönemlerde etkilerini incelemek amacıyla yapılan çalışmada; tane doldurma dönemi başlarında kuru madde miktarı azalmıştır (Gupta vd., 2001). Buğdayda kuraklık stresi morfolojik ve fizyolojik özelliklerle ilişkilidir ve bu stres faktörü kuru madde miktarını olumsuz etkilemektedir (Musick vd., 1990).

Çalışmanın sonucunda; stres uygulamasının her iki dokuda da kuru madde miktarını olumsuz etkilediği görülmüştür. En fazla kök kuru ağırlığına sahip olan çeşidin Kızıltan-91 olduğu; yaprak kuru ağırlığında ise Siyez olduğu saptanmıştır. Bu sonuç; stres uygulanmasıyla oransal büyüme miktarında azalış yaşanırken; su kullanımı etkinliğinin arttığı yönündeki çalışmalarla tutarlıdır (Tatar, 2009).

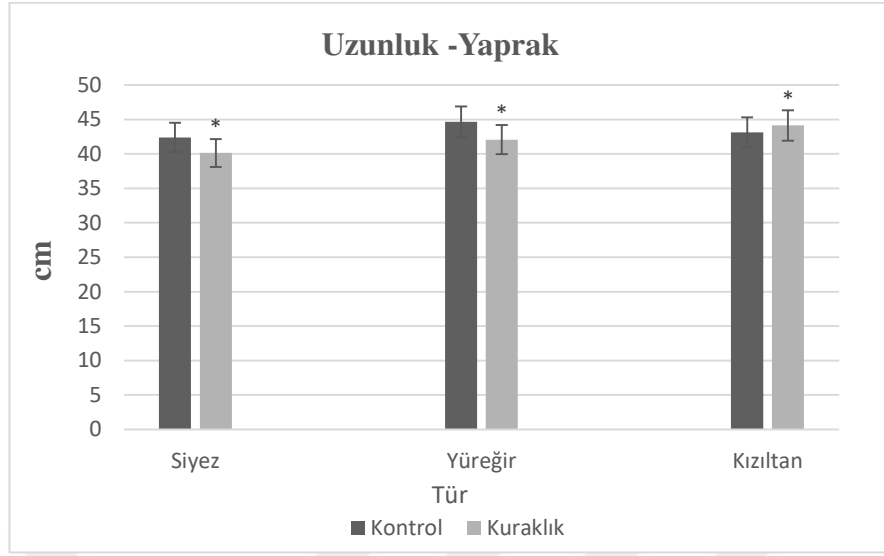
4.1.1.3. Kuraklık stresinin kök ve yaprak uzunlukları üzerine etkileri

Kuraklık stresinin bitkide ilk gözlenen etkilerinden birisi de vejetatif büyümenin azalmasıdır. (Sağlam, 2004).



Şekil 4.6. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök uzunluğu

Şekil 4.6.'da Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının kök dokusunda yapılan uzunluk belirlemesinde; kuraklıkla birlikte su arayışına giren kök uzunlukları artmıştır. Kök uzunluğunu en fazla artıran Yüreğir-89 olmuştur. En az kök uzunluğu değerine sahip olan ise Kızıltan-91 buğdayının olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak uzunluğu

Şekil 4.7.'de yaprak dokusunun uzunluk belirlenmesine yönelik çalışmada ise; kök uzunluğunda belirgin artışlar gösteren Yüreğir-89 ve Siyez'de yaprak uzunluklarının azaldığı görülmüştür. Kızıltan-91 buğdayında ise yaprak uzunluğu artmıştır.

Yapılan bir çalışmada; domates ve kavun bitkisine kuraklık stresi verildiği durumda gözle görülür şekilde ana yaprak boyutunda kısılma görülmüştür (Gallardo vd., 2004). Buğday çeşitlerinde kuraklığa dayanıklılığı belirlemek amacıyla yapılan araştırmada; kuraklık altında kök sürgün uzunluğu oranının arttığı görülmüştür (Dhanda vd., 2004).

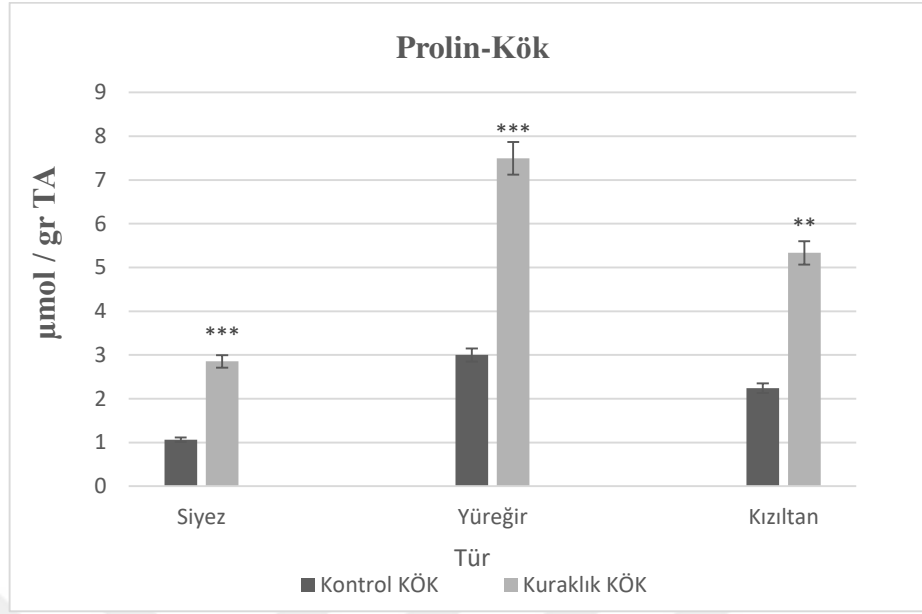
Bu çalışmayla; stresle beraber kök uzunluğu tüm türlerde artmıştır ve enerjisinin çoğunu kök uzunluğunu artırmaya harcarken, yaprak uzunluğu için daha az enerji harcadığı görülmüştür. Bu sonuç kuraklığa uğrayan bitkinin kök gelişimine daha fazla yöneldiğiyle ilgili çalışmalarla uyumludur (Kuzuoglu-Ozturk vd., 2012; Öztürk, 2015; Mahajan ve Tuteja, 2005).

4.1.2. Kuraklık Stresinin Biyokimyasal Etkileri

Stres uygulamasıyla membran fosfolipitlerindeki çoklu doymamış lipitlerin yapısı bozulmaktadır ve bunun sonucu gerçekleşen lipit peroksidasyonu; tüm buğday türlerinin kök ve yaprak dokusunda artmıştır. MDA miktarına kökte en fazla Yüreğir-89; yaprakta Siyez buğdayının sahip olduğu görülmüştür. Membran yapısının kuraklık stresi sonucu zarara uğramasıyla; sitoplazmadan apoplastik sıvıya sızan iyonların miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan membran geçirgenliği ölçümünde, tüm türlerin kök ve yaprak dokularında miktarı artmıştır. Membran geçirgenliğine kök ve yaprakta en fazla Yüreğir-89'un sahip olduğu görülmüştür. Strese uğrayan bitkide ROS'ların üretimi artmaktadır. Bu radikallerden olan H_2O_2 'nin buğday türlerinin hepsindeki kök ve yaprak dokularında miktarı artmıştır. Kökte en fazla Siyez, en az ise Kızıltan-91; yaprakta ise en fazla H_2O_2 miktarına Siyez buğdayının sahip olduğu görülmüştür. Bitkinin strese karşı savunma mekanizmalarından enzimatik olmayan antioksidanlardan olan askorbik asitin; tüm türlerin kök ve yaprak dokusunda miktarı artmıştır. Askorbik asit miktarına kök ve yaprakta en fazla Yüreğir-89, en az değere ise Siyez buğdayının sahip olduğu görülmektedir. Değişen su miktarından bitkinin en az zarar görmesi için sentezlenen organik maddelerden biri olan prolin; stomalara olumlu katkı yaparak bitkiye dayanıklılık sağlamaktadır. Tüm türlerin kök ve yaprak dokusunda miktarı artmıştır. Prolin miktarına kök ve yaprakta en fazla Yüreğir-89, en az değere ise Siyez buğdayının sahip olduğu görülmektedir.

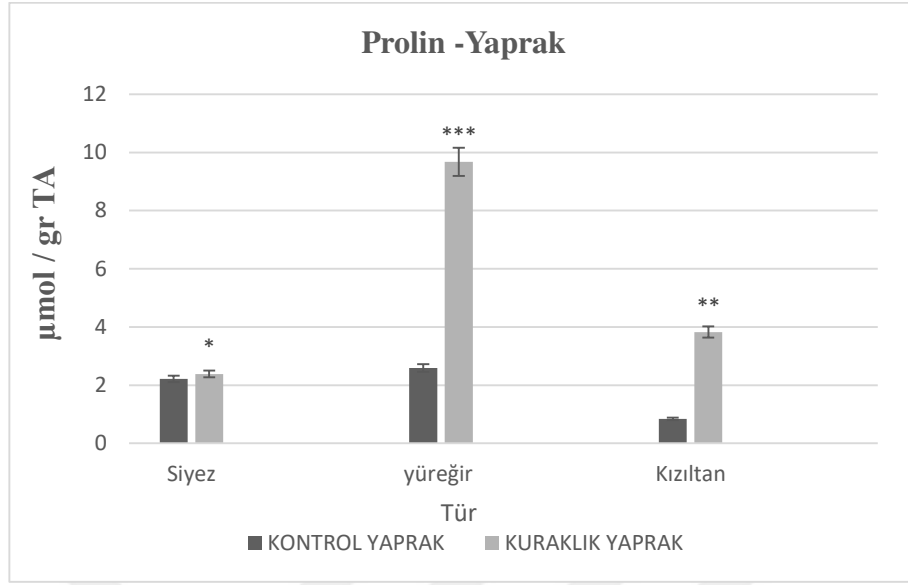
4.1.2.1. Prolin içeriği

Kuraklık stresi sonrası değişen su potansiyeli miktarından bitkinin en az zarar görmesi için görev yapan ozmolitler bir takım organik maddeler sentezlemektedirler. Prolin'de bu sentezlenen organik maddelerden olup (Hoekstra vd., 2001; Ramanjulu ve Bartels 2002), Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarında miktar analizleri yapılmıştır.



Şekil 4.8. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki prolin miktarı

Şekil 4.8.'de Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının kök dokusunda yapılan prolin belirlemesinde; kuraklıkla birlikte prolin miktarında artış görülmüştür. En fazla prolin değerine sahip çeşidin Yüreğir-89 olduğu ve bunu Kızıltan-91 buğdayı takip etmektedir. Prolin miktarında en az değere ise Siyez buğdayının sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki prolin miktarı

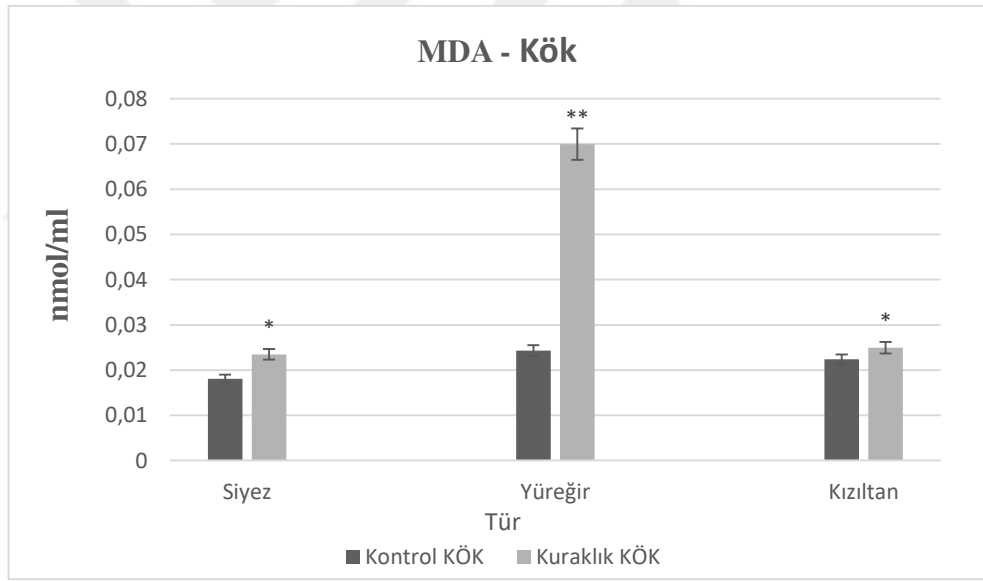
Şekil 4.9.'da kök dokusunda belirlendiği gibi; yaprak dokusunda da stres uygulamasıyla birlikte prolin miktarında artış yaşanmıştır. En fazla değere Yüreğir-89 sahipken; en az prolin değerine ise Siyez buğdayının sahip olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmalarda stresle birlikte prolin miktarının arttığı ve bu organik maddenin strese karşı bitkinin toleransını da artıracığı bildirilmiştir (Stefl vd., 1978). Osmolitler tarafından sentezlenen prolin, su basıncını ayarladığı için stomalara olumlu katkı sağlar. Bu da stresli durumda bitkiye dayanıklılık sağlamaktadır (Öztürk, 2015).

Sonuç olarak Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının hem kök dokusunda hem de yaprak dokusunda en fazla prolin değerine sahip çeşidin Yüreğir-89 ve en az olanın ise Siyez olduğu, stresle birlikte prolin miktarlarında da artış görülmüştür. Bu sonuç prolinin stres şartlarında miktarının arttığı ve koruyucu bir rol üstlendiğini belirten çalışmalarla paralellik göstermektedir (Stefl vd., 1978; Cherki vd., 2002).

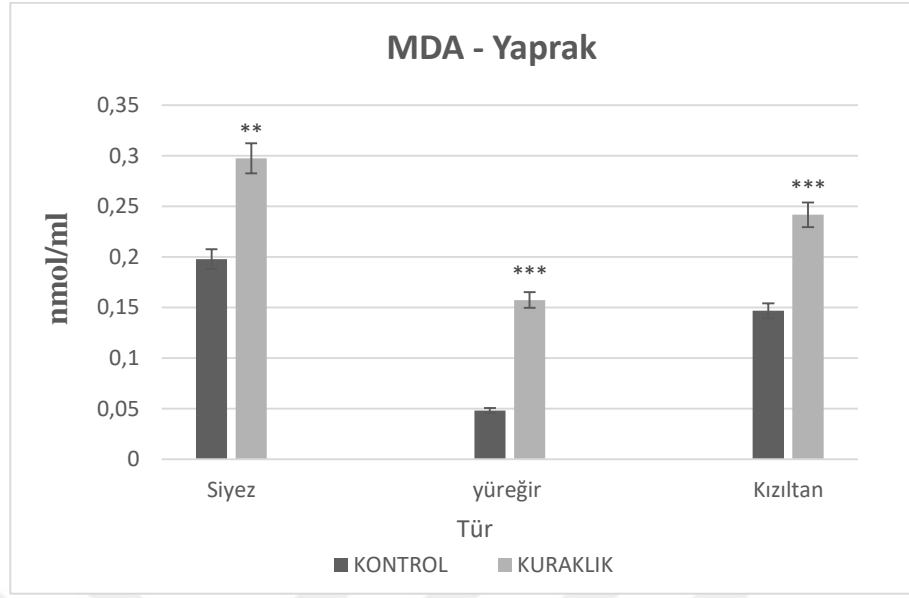
4.1.2.2. MDA

Kuraklık stresine maruz bırakılan bitkilerin yapraklarında su miktarı azalması ile stomalar kapanmaktadır ve bunun sonucu olarak da yaprak sıcaklığı artar. Dolayısıyla da stres uygulamasıyla açığa çıkan serbest oksijen radikalleri tarafından membran fosfolipitlerinde iki ya da daha fazla karbon- karbon çift bağları içeren çoklu doymamış lipidlerin bozulmalarına neden olarak membran lipid yapısını değiştiren kimyasal bir olay olarak lipid peroksidasyonu tanımlanmaktadır (Bowler vd., 1992; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005; Dormandy, 1983; Halliwell ve Chirico, 1993; Hruszkewycz, 1992). Gerçekleşen bu lipid peroksidasyonu ile oluşan membran hasarı geri dönüşümsüzdür ve en önemli ürünü malondialdehittir (Akkuş, 1995; Moslen, 1994).



Şekil 4.10. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki MDA miktarı

Şekil 4.10.'da Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının kök dokusunda yapılan malondialdehit belirlemesinde; kuraklıkla birlikte tüm buğday çeşitlerinde malondialdehit miktarı artmıştır. En fazla malondialdehit miktarını artıran Yüreğir-89 olmuştur.



Şekil 4.11. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki MDA miktarı

Şekil 4.11.'de yaprak dokusunda yapılan malondialdehit belirlemede ise; tıpkı kök dokusunda olduğu gibi tüm türlerde kuraklıkla birlikte malondialdehit miktarı artmıştır. En yüksek değere Siyez'in sahip olduğu görülürken, en fazla artışın ise Yüreğir-89'da olduğu belirlenmiştir.

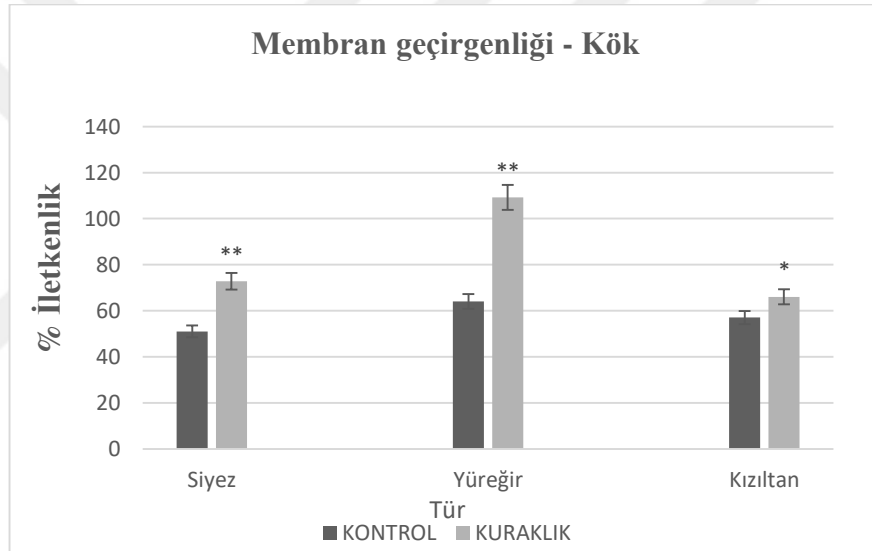
Yapılan çalışmalarda; hücre membran stabilitesi ve bitki-su ilişkisi arasında önemli bir ilişki saptanmıştır (Ashraf vd., 1996). Kuraklık stresi uygulanması sonrasında MDA miktarında artış görülmüştür. Kuraklığa en dayanıklı türde en düşük MDA içeriği ve en yüksek membran yapısına sahip olduğu gözlenmiştir (Sairam ve Saxena, 2000; HongBo vd., 2005).

Bu çalışmayla; stresle beraber tüm buğday türlerinin hem kök dokusunda hem de yaprak dokusunda artışlar yaşanmıştır. Kök dokusunda en fazla malondialdehit içeriğine sahip olan buğdayın Yüreğir-89; yaprak dokusunda ise Siyez olduğu görülmektedir. Sonuç olarak; membran yapısı hücrenin sulu ortamdaki durumu olup, kuraklık stresi uygulaması sonrası ROS'ların membran lipidlerini zarara uğratarak geri

dönüşümsüz bir hasara neden olduğu doğrultusundaki çalışmalarla da desteklenmektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

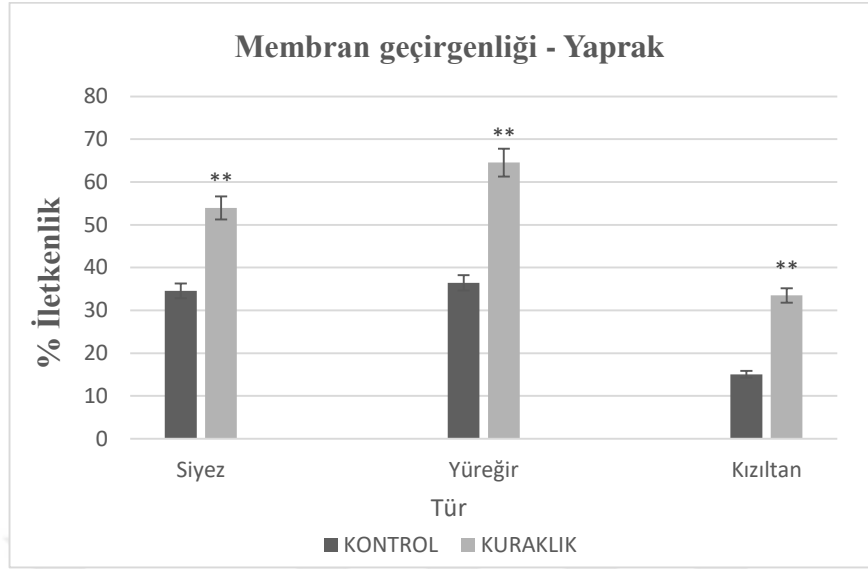
4.1.2.3. Membran geçirgenliği

Kuraklık stresine uğrayan bitkilerin; yapraklarındaki su miktarının azalmasıyla kapanan stomalarından dolayı yaprak sıcaklığı artar. Böylelikle membran yapısı zarar görerek hücreler ölmektedir. Membran yapısındaki bu bozukluk nedeniyle sitoplazmadan apoplastik sıvıya sızan iyonların miktarının belirlenmesi amacıyla iyon sızma testi uygulanmaktadır (Eugenia vd., 2003).



Şekil 4.12. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki membran geçirgenliği

Şekil 4.12.'de Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının kök dokusunda yapılan iyon sızma miktarını belirlemeye yönelik yapılan çalışmada; kuraklıkla birlikte tüm buğdaylarda artış olmaktadır. En fazla iyon sızması yaşayan buğday çeşidi Yüreğir-89 olmuştur.



Şekil 4.13. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki membran geçirgenliği

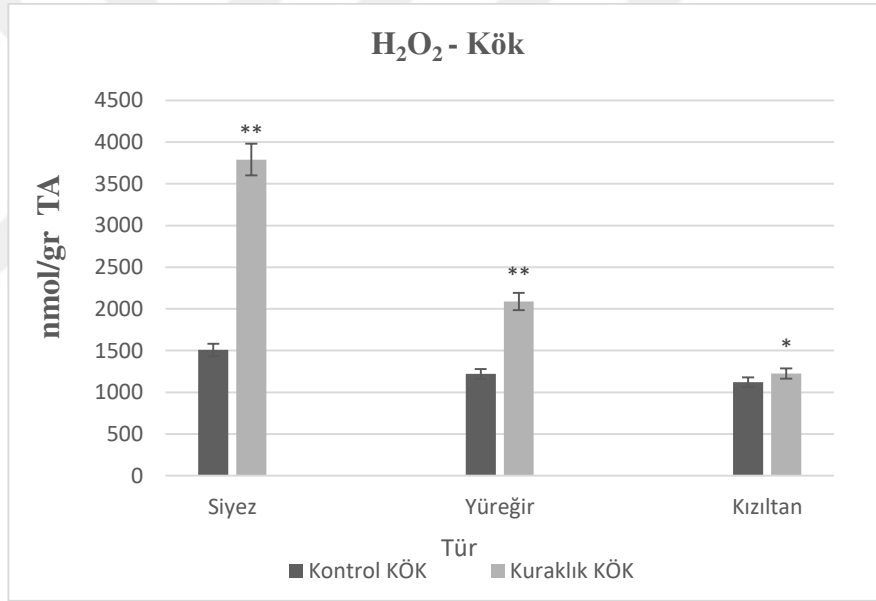
Şekil 4.13.'de kök dokusunda iyon sızma miktarını belirlemeye yönelik çalışmanın verdiği sonuca benzer şekilde yaprak dokusunda da kuraklık stresi uygulamasıyla tüm türlerin iyon sızmaları artmıştır. Yaprak dokusunda en fazla iyon sızması yaşayan tür, kök dokusunda olduğu gibi Yüreğir-89'dur.

Yapılan bir çalışmada; yaprak dokusundan alınan iyon sızma ölçümlerine göre membran bütünlüğü, hassas türlerde toleraslı türlere göre daha hızlı bozulmaktadır (Jager vd., 2014).

Bu çalışmayla; stresle beraber tüm buğday türlerinin hem kök dokusunda hem de yaprak dokusunda artışlar yaşanmıştır. Her iki dokuda da en fazla iyon sızmasına sahip olan buğday çeşidi Yüreğir-89'dur. Sonuç olarak; kuraklık stresi membran yapısına zarar vererek iyon sızmasına neden olmaktadır. Membran bütünlüğünün hassas türlerde daha hızlı bozulduğu yönündeki çalışmalarla örtüşmektedir (Jager vd., 2014).

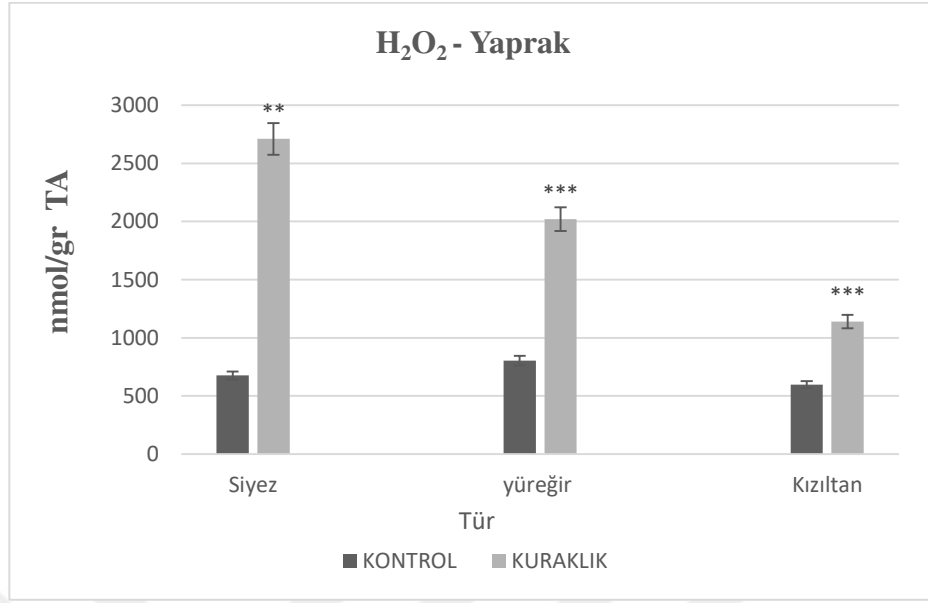
4.1.2.4. H_2O_2

Moleküler hasar yeteneği zayıf ve reaktivitesi çok düşük olan hidrojen peroksit; süperoksit radikalinin dismutasyonu ile oluşmaktadır. Oluşan bu dismutasyon ya kendiliğinden; ya da SOD enzimi tarafından gerçekleşmektedir. Aslında hidrojen peroksit serbest bir radikal olmamakla birlikte; prooksidan'dır (Navarro ve Boveris, 2004). Geçiş metalleri ile reaksiyona girerek en zararlı ve en reaktif hidroksil radikalinin oluşumu için kolaylıkla yıkılmaktadır (Cheeseman ve Slater, 1993; Deby ve Pincemail 1988). Ayrıca hidrojen peroksit, süperoksit radikalinden farklı olarak yağda çözündüğünden; oluştuğu yerden uzakta ve Fe^{+2} içeren hücre membranlarına zarar verebilir (Özcan vd., 2015).



Şekil 4.14. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki H_2O_2 miktarı

Şekil 4.14.'de Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının kök dokusunda yapılan hidrojen peroksit belirlemede; kuraklıkla birlikte hidrojen peroksit miktarında artış görülmüştür. En fazla hidrojen peroksit değerine sahip buğday çeşidi Siyez iken, bunu Yüreğir-89 buğdayı takip etmektedir. En az hidrojen peroksit değerine sahip olan buğday çeşidinin ise Kızıltan-91 olduğu görülmektedir.



Şekil 4.15. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki H_2O_2 miktarı

Şekil 4.15.'de yaprak dokusunda yapılan hidrojen peroksit belirlemesinde ise; tıpkı kök dokusunda olduğu gibi tüm türlerde kuraklıkla birlikte hidrojen peroksit miktarı artmıştır. En yüksek değere Siyez buğdayının sahip olduğu görülürken, en fazla artışın da yine aynı buğday çeşidinde olduğu görülmektedir.

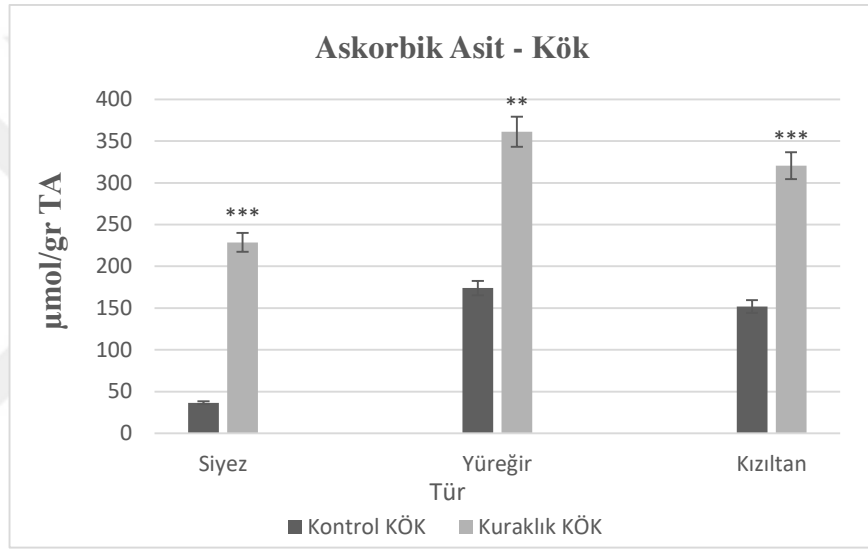
Yapılan bir çalışmada; kuraklıkla muamele sonrasında artan lipid peroksidasyonu takibinde hidrojen peroksit birikimi meydana gelmiştir. Antioksidan savunma enzimlerinin artması ve azalan reaktif oksijen radikallerinden dolayı kuraklık stresine karşı bitkinin toleransı artmıştır (Selote ve Chopra, 2010). Yapılan bir başka çalışmada da; çinko uygulamasıyla birlikte lipid peroksidasyonunun ve hidrojen peroksit içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Böylelikle bitkinin kuraklık stresinden daha az etkilenmesine yardımcı olmuştur (Ma vd., 2017).

Bu çalışmayla; kuraklık stresine maruz bırakılan tüm buğday türlerinin hem kök hem de yaprak dokusundaki hidrojen peroksit birikiminde artışlar yaşanmıştır. Her iki dokuda da en fazla hidrojen peroksit miktarının Siyez'de olduğu görülmektedir. Bu sonuç hidrojen peroksitin stres şartlarında miktarının arttığı, bu artışın tolerant ve

hassas türleri belirlemede önemli bir kriter olduğu çalışmalarıyla da desteklenmektedir (Sairam vd., 1998).

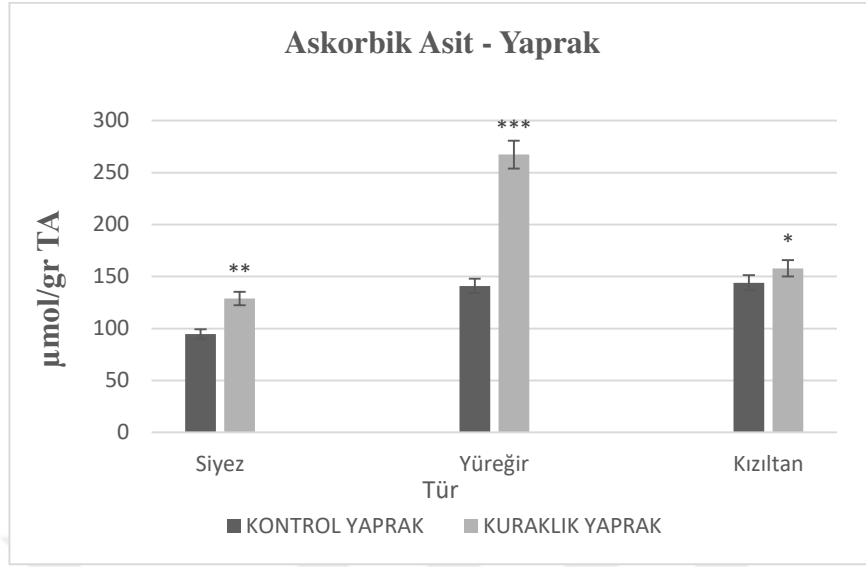
4.1.2.5. Askorbik asit miktarı

Stres uygulaması sonrası açığa çıkan serbest oksijen türlerinin neden olduğu hasarı önlemede rol oynayan ve enzimatik olmayan antioksidanlardan en çok bulunan askorbik asitin (vitamin C) (Foyer vd., 1995; Athar vd., 2008). Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğday çeşitlerinde analizleri yapılmıştır.



Şekil 4.16. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki askorbik asit miktarı

Şekil 4.16.'da Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının kök dokusunda yapılan askorbik asit belirlemede; kuraklıkla birlikte askorbik asit miktarında artış görülmüştür. En fazla değere sahip Yüreğir-89 iken, bunu Kızıltan-91 buğdayı takip etmektedir. En az değere ise Siyez buğdayının sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.17. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki askorbik asit miktarı

Şekil 4.17.'de yaprak dokusunda yapılan analiz sonucunda stres uygulamasıyla birlikte tüm türlerde askorbik asit miktarı artmıştır. En fazla değere Yüreğir-89 sahipken; en az değere ise Siyez buğdayının sahip olduğu görülmektedir.

Askorbik asit normal şartlar altında miktar olarak düşük iken; bitkinin oksidatif strese girmesiyle miktarı artmaktadır. Birçok yapılan çalışmada; strese uğrayan bitkilerde askorbik asit miktarının artışı strese karşı savunma mekanizmasındandır (Aono vd., 1993).

Yapılan askorbik asit analizi çalışması sonucunda; Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının hem kök dokusunda hem de yaprak dokusunda en fazla askorbik asit değerine sahip buğday çeşidinin Yüreğir-89, en az olanın ise Siyez olduğu ve stresle birlikte askorbik asit miktarında artış görülmüştür. Bu sonuç, askorbik asidin stres şartlarında miktarının arttığı ve bu artışın ise strese karşı savunmasından kaynaklandığı yönündeki çalışmalarla örtüşmektedir (Hollander-Czytko vd., 2005).

4.2. Kuraklık Stresinin Antioksidan Enzim Sistemleri Üzerine Etkileri

Bitkiler maruz kaldıkları strese karşı bir takım savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir. Hücre için zararlı olan H_2O_2 'nin H_2O ve O_2 'ye parçalanmasını sağlayan CAT enzimi; kökte sadece Yüreğir-89'da artmıştır. Yaprak dokusunda tüm buğday çeşitlerinde artmakla birlikte; en fazla Kızıltan-91 buğdayındadır. Zararlı olan bu H_2O_2 'nin parçalanmasını sağlayan bir diğer enzim de APX'dir. Siyez kök dokusu hariç, diğer doku ve tüm türlerde APX enzim aktivitesinin azaldığı görülmektedir. Oksidatif strese karşı bitkiler ilk savunmalarını SOD enzimiyle gerçekleştirirler.

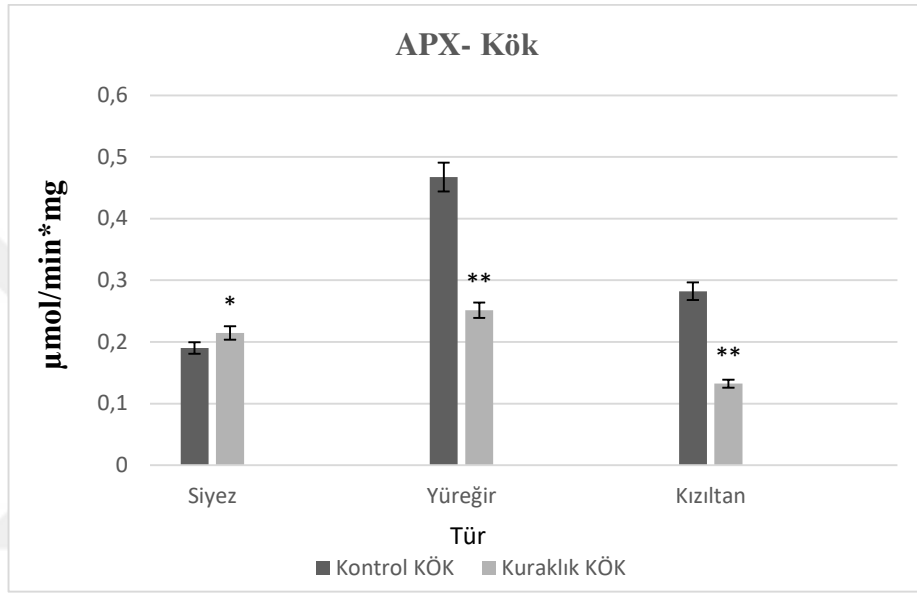
SOD enzim aktivitesi tüm buğday çeşitlerinin kök dokusunda artmaktadır. Kök dokusunda en fazla SOD miktarı Kızıltan-91'de, yaprakta ise en fazla Yüreğir-89 buğday çeşidindedir. Yaprak dokusunda en az enzim aktivitesi gösteren buğday ise Siyez'dir.

H_2O_2 'nin uzaklaştırılmasında başlıca koruyucu antioksidan yolak olan GPX; kök ve yaprak dokusunda sadece Siyez'de azalırken, yaprakta en fazla Yüreğir-89 buğday çeşidindedir.

Yapılan analizler sonucu Kızıltan-91 ve Yüreğir-89 kuraklığa dirençli; Siyez kuraklığa duyarlı buğday çeşidi olarak belirlenmiştir. Kızıltan-91'in kuraklığa dayanıklı tür olmasında; kökte SOD enzimi, yaprakta CAT enziminden kaynaklanmış olabileceği öngörülmüştür. Yüreğir-89'un ise; kökte CAT ile GPX enzimleri, yaprakta SOD ve GPX antioksidan savunma enzimlerinden olabileceği düşünülmektedir. Bu 3 buğday çeşidi arasından en hassas olanı Siyez olarak belirlenmiştir. Baloglu ve arkadaşlarının yaptığı tuzluluk ve kuraklık stresi altındaki gen ifadesi çalışmalarında da benzer sonuçlar bulunmuştur (Baloglu vd., 2014).

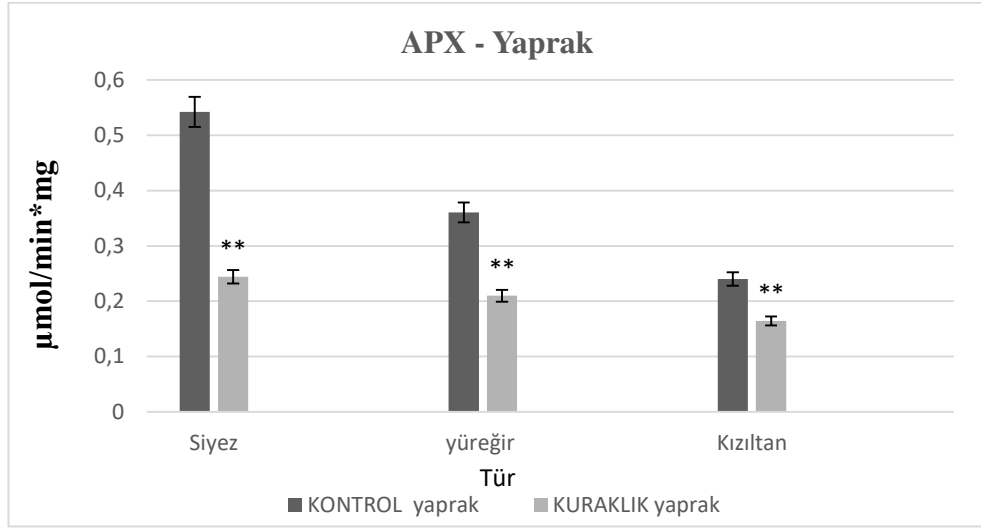
4.2.1. APX Aktivitesi

Hücre için zararlı olan H_2O_2 seviyesini düzenleyen enzimlerden birisi APX'dir (De Azevedo Neto vd., 2006). Bu enzim; askorbat-glutasyon döngüsünde elektron vericisi olarak askorbatı kullanmaktadır ve H_2O_2 'nin yok edilmesinde oldukça önemlidir (Noctor ve Foyer, 1998).



Şekil 4.18. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki APX aktivitesi

Şekil 4.18.'de Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının kök dokusunda yapılan APX antioksidan enzim aktivitesi belirlemesinde; kuraklıkla birlikte Siyez hariç diğer buğday çeşitlerinde APX aktivitesi azalmıştır.



Şekil 4.19. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki APX aktivitesi

Şekil 4.19.'da Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının yaprak dokusunda yapılan APX enzim aktivitesi belirlenmesinde; stresle birlikte tüm buğday çeşitlerinde APX enziminin aktivitesi azalmıştır.

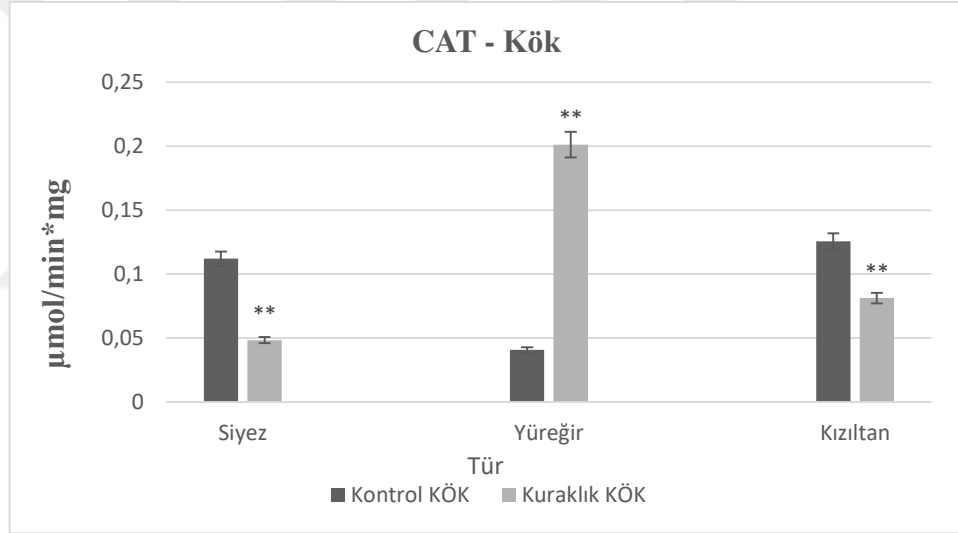
Yapılan çalışmalarda stresle birlikte APX enziminin arttığı gözlenmiş ve dayanıklı olan türlerin hassas olanlara göre daha fazla APX, CAT ve diğer antioksidan enzimlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Sairam vd., 1998). Kuraklık muamelesi sonrası askorbat peroksidazın (APX) zayıf antioksidan enzim tepkisi nedeniyle artan lipid peroksidasyonu takibinde, aşırı H_2O_2 birikimi meydana gelmiştir (Selote ve Chopra, 2010). Kuraklık stresi uygulaması sonrası yapılan incelemede APX, GR ve GPX antioksidan savunma enzimlerinin miktarı artmaktadır (Sairam ve Saxena, 2000). Yapılan bir başka çalışmada; uygulanan soğukluk stresi sonrası CAT enzim aktivitesindeki azalış, APX aktivitesinin artmasıyla telafi edilmiştir (Erkal vd., 2015).

Bu çalışmayla; kuraklık stresine maruz bırakılan buğday çeşitlerinden Siyez kök dokusu hariç diğer doku ve buğday çeşitlerinde APX enzim aktivitesinin azaldığı görülmektedir. Sonuç olarak kuraklık muamelesi sonrası askorbat peroksidazın (APX) zayıf antioksidan enzim tepkisi gösterdiği görülmektedir (Selote ve Chopra, 2010). Bu

sonuç, uygulanan kuraklık stresi sonrası APX enzim aktivitesindeki azalışın, CAT enzim aktivitesindeki artmayla telafi edilebileceğini öngörebilir.

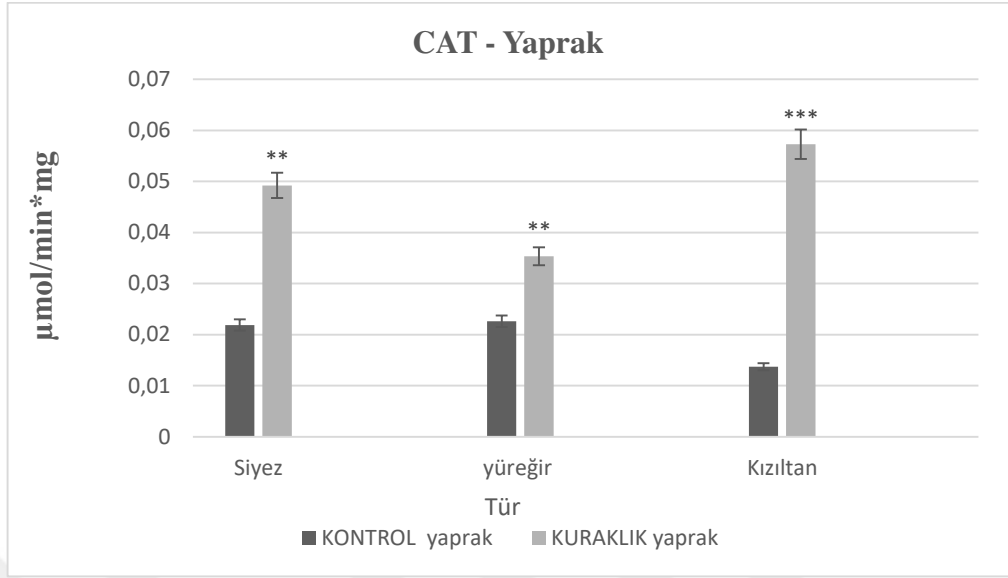
4.2.2. CAT Aktivitesi

Hücre için zararlı olan H_2O_2 ; aynı zamanda hidroksil radikalının oluşumunu artırmaktadır. Bu nedenle H_2O_2 uzaklaştırılmalıdır. Bunu da strese karşı korunmada görevli antioksidanlardan biri olan CAT gerçekleştirmektedir (Kara, 2007; Schaeffer ve Stainer, 1978). Bu enzim; hücre için zararlı olan H_2O_2 'nin H_2O ve O_2 'ye parçalanmasını sağlar. Bu enzimin farklı bitki ve stres koşullarında değişik seviyelerde bitkiye koruma sağladığı belirlenmiştir (Polle vd., 1992; Azevedo vd., 1998).



Şekil 4.20. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki CAT aktivitesi

Şekil 4.20.'de Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının kök dokusunda yapılan CAT antioksidan enzim aktivitesi belirlenmesinde; kuraklıkla birlikte sadece Yüreğir-89 çeşidi buğdayında artış yaşanmıştır. Diğer buğday türlerinde ise; stres uygulamasıyla birlikte CAT enziminin aktivitesinde azalma görülmektedir.



Şekil 4.21. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki CAT aktivitesi

Şekil 4.21.'de yaprak dokusunda yapılan CAT enzim aktivitesi belirlemesinde; stresle birlikte tüm türlerde CAT enziminin aktivitesi artmıştır. En fazla CAT aktivitesine sahip olan buğday çeşidinin Kızıltan-91 olduğu görülmektedir.

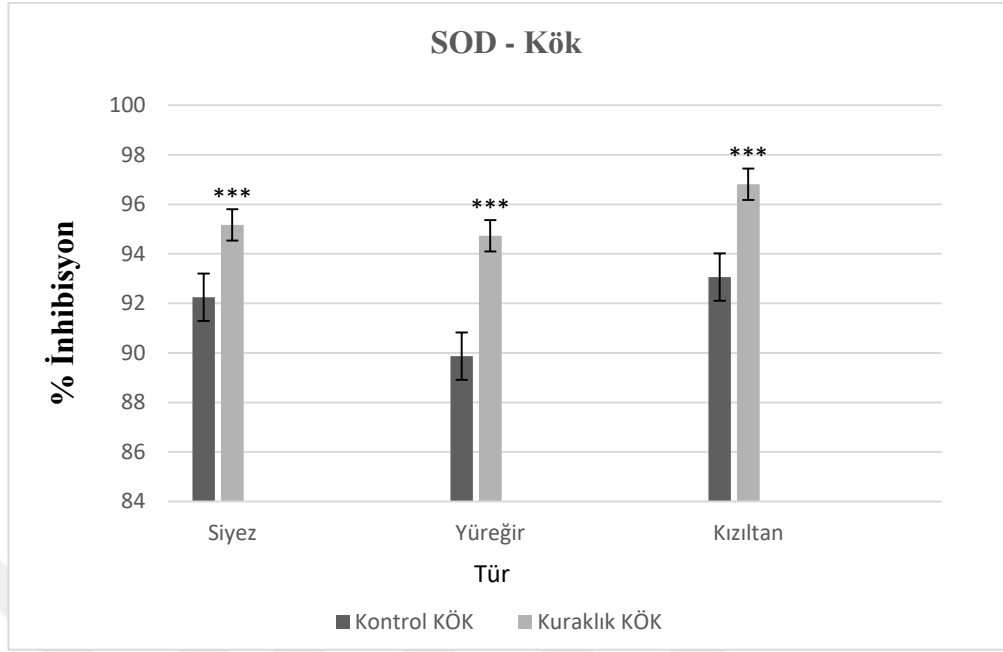
Yapılan çalışmalarda, stresle birlikte CAT enzimi artarken, dayanıklı buğday çeşidi olan C 306 buğdayı hassas olanlara göre daha fazla APX, CAT ve diğer antioksidan enzimlerine sahiptir (Sairam vd., 1998). Kuraklığa dayanıklı türlerde POD, SOD, CAT aktivitelerinin daha yüksek ve farklı buğday genotiplerindeki antioksidan enzimlerinin de farklı olduğu saptanmıştır (HongBo vd., 2005). Normal şartlarda stresli durumlarındakinden daha az miktarlarda antioksidan savunma mekanizmaları bulunmaktadır (Suneja vd., 2017).

Elde edilen bulgulara göre; kök dokusunda stresle birlikte aktivite artışı yaşayan Yüreğir-89 iken; yaprak dokusunda stresle birlikte CAT miktarı tüm buğday çeşitlerinde artmıştır. Bu sonuç, stresle birlikte CAT enziminin arttığı ve dayanıklı olan türlerin diğerlerine göre daha fazla CAT'a sahip olduğunu, farklı buğday

genotiplerindeki antioksidan enzimlerinin de farklı olduğunun saptandığı çalışmalarla da örtüşmektedir (HongBo vd., 2005).

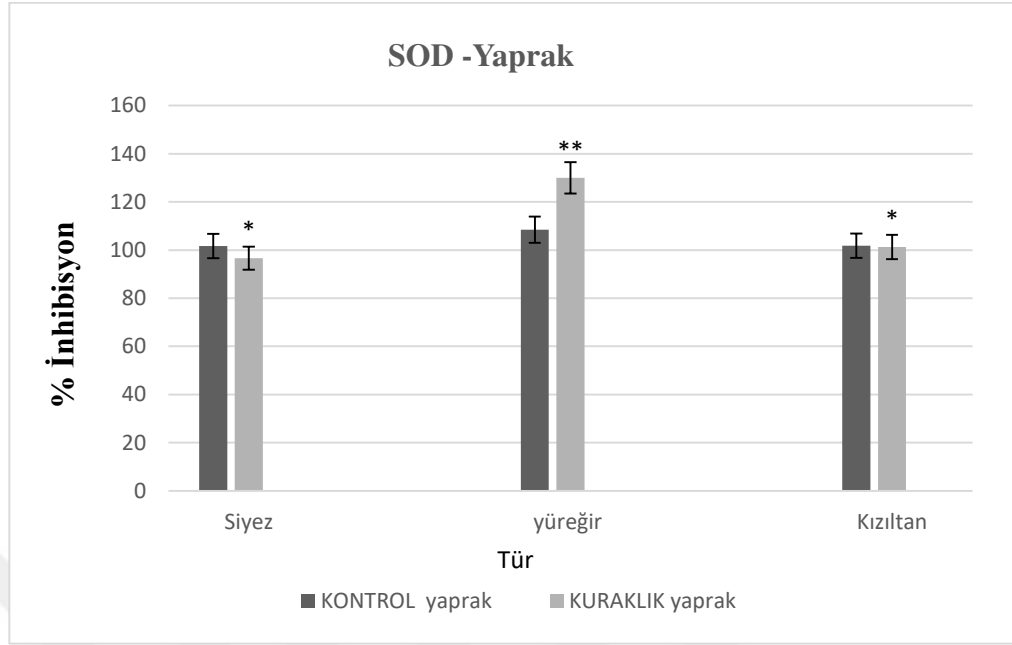
4.2.3. SOD Aktivitesi

Oksidatif strese maruz kalan bitkilerde açığa çıkan serbest oksijen radikallerine karşı bitkilerin bu stres koşullarından etkilenmemeleri için ilk savunmalarını bu enzimlerle sağlarlar (Kehrer, 1993; Southorn, 1988). Antioksidan enzimlerden en önemlisi olan bu enzimin görevi; canlıları stres sonucu ortaya çıkan radikallere karşı korumaktır (Freeman, 1982; Barber, 1995). Bu tür etkilere maruz kalan bitkilerde, bu stres koşullarından etkilenmemeleri için SOD aktivitesinde artışlar meydana gelmektedir (Harinasut vd., 2003; Attia vd., 2009). Bu enzim süperoksit radikalini hidrojen peroksite dönüştürmektedir (Harbinson ve Hedley, 1993). H_2O_2 ; proteinin hem grubundaki demir ile reaksiyona girerek reaktif demir formlarını oluşturmaktadır ve bu demir formları oldukça güçlü reaktiflerdir. Güçlü oksitleyici özelliklerinden dolayı hidrojen peroksitin derhal uzaklaştırılması gerekmektedir (Asada vd., 1974).



Şekil 4.22. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki SOD aktivitesi

Şekil 4.22.'de Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının kök dokusunda yapılan SOD antioksidan enzim aktivitesi belirlemesinde; kuraklıkla birlikte tüm buğday çeşitlerinde SOD aktivitesinin arttığı görülmüştür.



Şekil 4.23. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki SOD aktivitesi

Şekil 4.23.'de yaprak dokusunda yapılan SOD enzim aktivitesi belirlenmesinde; stresle birlikte aktivite azalması yaşayan buğdayın Siyez olduğu görülmektedir. Diğer buğday çeşitlerinde ise herhangi bir azalış yaşanmamıştır.

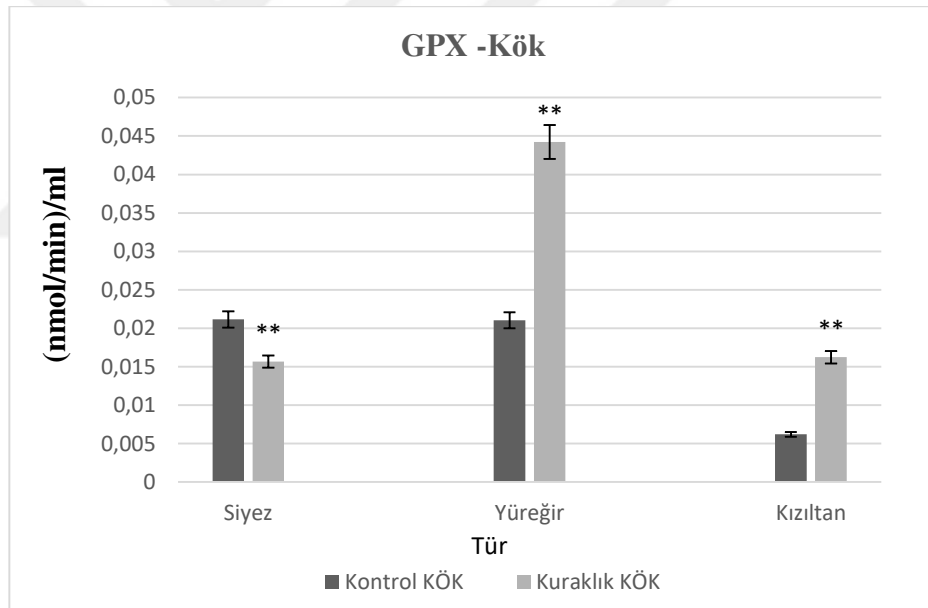
Birçok yapılan çalışmada; kuraklık stresi altında yapılan incelemede buğday çeşitlerinde SOD, APX ve CAT enzim miktarları önemli miktarda artış göstermektedir. Araştırması yapılan dayanıklı buğday çeşidi olan C 306 buğdayı hassas olanlara göre daha fazla miktarda antioksidan enzimlerine sahiptir (Sairam vd., 1998). Yapılan bir başka çalışmada da; Xinong9-1-1-13, Xinong-1, Xinong3-2, Xinong4-2, Xinong9337-1, YB0738, Xiaobingcao7, Jinmai47, Yumai49, Xiaoyan22 olan 10 çeşit buğday genotipinden kuraklığa dayanıklı türlerde POD, SOD, CAT aktivitelerinin daha yüksek ve MDA'nın düşük olduğu saptanmıştır (HongBo vd., 2005).

Bu çalışmayla; kuraklık stresine maruz bırakılan buğday türlerinin kök dokularının tümünde stres uygulamasıyla birlikte SOD enzim aktivitesi artmıştır. Yaprak dokusunda ise; stresle birlikte aktivite azalması yaşayan tek buğday çeşidinin Siyez

olduğu görülmektedir. Bu sonuç stres şartlarında SOD enzim miktarının arttığı ve bu artışın tolerant ve hassas türleri belirlemede önemli bir kriter olduğu yönündeki çalışmalarla da desteklenmektedir (Dong vd., 2017).

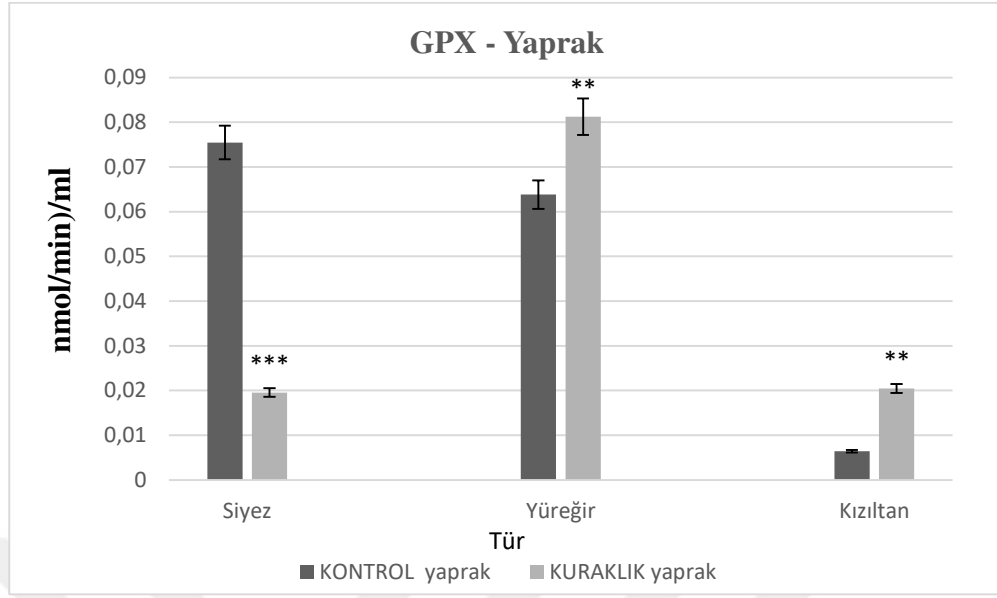
4.2.4. GPX Aktivitesi

Hidrojen peroksitin uzaklaştırılması için başlıca koruyucu antioksidan yolak, glutatyon peroksidaz (GPX) yolağıdır (Yerer ve Aydoğan, 2000). Bu antioksidan, H_2O_2 ve lipit peroksitlerini etkisizleştirir. Pekçok çalışmada stres koşulları altında koruyucu bir rol üstlendiği belirlenmiştir (Dixit vd., 2001; Leisinger vd., 2001). Bu antioksidandaki azalma; hidrojen peroksitin artmasına ve hücre hasarına neden olmaktadır (Ursini vd., 1982; Koppenol, 1990).



Şekil 4.24. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin kök dokusundaki GPX aktivitesi

Şekil 4.24.'de Siyez, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğdaylarının kök dokusunda yapılan GPX antioksidan enzim aktivitesi belirlemesinde; kuraklıkla birlikte Yüreğir-89 ve Kızıltan-91 buğday çeşitlerinin GPX aktivitesinde artış yaşanmıştır. En fazla GPX aktivitesine sahip olan buğdayın Yüreğir-89 olduğu görülmektedir. Siyez buğdayında ise glutatyon peroksidaz enzim aktivitesinde azalma görülmektedir.



Şekil 4.25. Kontrol ve kuraklık muamelesi yapılan buğday türlerinin yaprak dokusundaki GPX aktivitesi

Şekil 4.25.'de yaprak dokusunda yapılan GPX enzim aktivitesi belirlenmesinde; stresle birlikte Siyez buğdayı hariç diğer buğday çeşitlerinde; GPX enzimi aktivitesi artmaktadır. En fazla GPX aktivitesine sahip olan buğdayın Yüreğir-89 olduğu görülmektedir.

Kuraklık stresi uygulaması yapılan bir çalışmada; stres uygulamasına maruz bırakılan PBW 175, WH 542 ve HD 2402 olan üç buğday çeşidinde APX, GR ve GPX antioksidan savunma enzimlerinin miktarı artmıştır. En fazla antioksidan enzim değerine sahip olan çeşidin kuraklığa en dayanıklı türde olduğu gözlenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki; dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde antioksidan enzim aktiviteleri önemlidir (Sairam ve Saxena, 2000).

Bir diğer çalışmada da; *Aegilops tauschii* ve *Triticum dicoccoide* cinsi iki ekmeklik buğday türünde kuraklık stresi uygulaması sonrası süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) incelenmiştir. Stres uygulaması yapılan koşullarda, GR aktivitesinde %45'lik bir yükselme gözlenmiştir.

Normal şartlarda stresli durumdakinden daha az miktarlarda antioksidan savunma mekanizmaları bulundurmaktadır (Suneja vd., 2017).

Bu çalışmayla; kuraklık stresine maruz bırakılan buğday türlerinden hem kök hem de yaprak dokusunda; GPX enzim aktivitesi artan buğday çeşitleri, Yüreğir-89 ve Kızıltan-91'dir. Stresle birlikte GPX aktivitesinde azalma görülen tek buğday çeşidi Siyez'dir. Bu sonuç, stres şartlarında GPX enzim miktarının arttığı ve dayanıklı türlerde yüksek GPX aktivitesi gözlemlendiği yönündeki çalışmalarla da benzerdir (Gallé vd., 2009)



5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Kuraklık muamelesi yaşayan bitkide gözlemlenen ilk etki turgor basıncı kaybıdır. Yitirilen turgor sonrası yaprak dokusu canlılığını yitirmektedir (Günay, 2005). Araştırması yapılan Kızıltan-91 (*Triticum turgidum* durum), Yüreğir-89 (*Triticum aestivum* cv.) ve Siyez (*Triticum monococcum*) buğday çeşitlerinin morfolojik görüntülerinden de bu durum anlaşılmaktadır. Stres uygulamasıyla tüm türlerin kök uzunlukları artmıştır. Enerjisini çoğunlukla kök uzunluğunu artırmaya harcayan Yüreğir-89 ve Siyez buğday çeşitlerinde yaprak uzunluklarının azaldığı görülmektedir. Bu sonuç kuraklığa uğrayan bitkinin kök gelişimine daha fazla yöneldiğiyle ilgili çalışmalarla uyumludur (Dhanda vd., 2004). Kök taze ağırlığı en fazla Yüreğir-89 iken; en az Kızıltan-91, yaprak uzunluğu ve yaprak taze ağırlığında ise en fazla Kızıltan-91'in sahip olduğu görülmektedir. Kuraklığa uğrayan bitkinin kök taze ağırlığı artarken; yaprak taze ağırlığının azaldığı, yaprak taze ağırlığında artış yaşayanların da kök taze ağırlıklarında azalma yaşadığı görülmektedir. Bu sonuç; kuraklığa uğrayan bitkinin kök taze ağırlığının daha fazla olması ile ilgili çalışmalarla uyumludur (Mahajan ve Tuteja, 2005). Kuraklık stresiyle muamele edilen bitki varolan suyunu kuru madde üretimi için yapacaktır. Kuru madde ağırlığına; kök dokusunda en fazla sahip olan çeşidin Kızıltan-91, yaprakta ise Siyez olduğu saptanmıştır. Çalışmanın sonucunda; kuraklık stresi uygulanmasının kuru madde ağırlığı miktarını olumsuz etkilediği görülmektedir. Bu sonuç; stres uygulanmasıyla kuru madde miktarının olumsuz etkilendiği yönündeki çalışmalarla örtüşmektedir (Musick vd., 1990).

Kuraklık stresine uğrayan bitkide serbest oksijen türleri artmakta ve membran yapısı zarara uğramaktadır. Membran fosfolipitlerindeki çoklu doymamış lipitlerin yapısının bozulmasıyla gerçekleşen lipit peroksidasyonu miktarı; tüm türlerin kök ve yaprak dokularında artmıştır. MDA miktarına kökte en fazla Yüreğir-89; yaprakta Siyez çeşidinin sahip olduğu görülmektedir. Sonuç olarak; kuraklık stresi uygulaması sonrası MDA miktarında artış olduğu yönündeki çalışmalarla da desteklenmektedir (Liu vd., 2015).

Kuraklık muamelesi sonrası membran yapısının zarara uğramasıyla; sitoplazmadan apoplastik sıvıya sızan iyonların miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan membran geçirgenliği ölçümünde, tüm türlerin kök ve yaprak dokularında miktarı artmıştır. Membran geçirgenliğine kök ve yaprakta en fazla Yüreğir-89'un sahip olduğu görülmektedir. Çalışmanın sonucunda kuraklıkla birlikte tüm buğday çeşitlerinin hem kök dokusunda hem de yaprak dokusunda artışlar yaşanmıştır. Her iki dokuda da en fazla iyon sızmasına sahip olan buğday çeşidinin Yüreğir-89 olduğu belirlenmiştir. Stres uygulamasıyla birlikte membran yapısının bozulduğu yönündeki çalışmalarla da benzer sonuçlar göstermektedir (Sairam ve Saxena, 2000; Jager vd., 2014).

Bitkinin strese uğramasıyla açığa çıkan serbest radikallerden biri olan H_2O_2 miktarı, tüm buğday türlerinin kök ve yaprak dokusunda artmıştır. Kökte en fazla Siyez, en az ise Kızıltan-91'e ait olduğu; yaprakta ise en fazla H_2O_2 miktarına Siyez buğday çeşidinin sahip olduğu görülmektedir. Kök ve yaprak dokularındaki H_2O_2 miktarı en fazla Siyez buğdayında olduğu görülmektedir. Yapılan analizin sonucu göstermiştir ki; kuraklıkla birlikte tüm buğdayların kök ve yaprak dokusunda artış yaşanmaktadır. Bu da kuraklık stresi uygulaması sonrası hidrojen peroksit miktarında artış olduğu yönündeki verilerle de desteklenmektedir (Selote ve Chopra, 2010; Ma vd., 2017).

Kuraklık stresinden bitkinin daha az etkilenebilmesi için enzimatik olmayan antioksidanlardan olan askorbik asit ve değişen su miktarından bitkinin en az zarar görmesi için sentezlenen organik maddelerden biri olan prolin, tüm buğday türlerinin kök ve yaprak dokularında artmaktadır. Askorbik asit ve prolinin kök ve yaprakta en fazla Yüreğir-89'da, en az ise Siyez'de olduğu görülmektedir. Stres koşullarında hem askorbik asidin hem de prolin içeriğinin artması; stres uygulanmasıyla birlikte miktarının arttığı yönündeki çalışmalarla uyumluluk sağladığı görülmektedir. (Stefl vd., 1978, Hollander-Czytko vd., 2005).

Bitkiler maruz kaldıkları strese karşı bir takım savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir. Hücre için zararlı olan H_2O_2 'nin H_2O ve O_2 'ye parçalanmasını sağlayan CAT enzimi; kökte sadece Yüreğir-89'da artmaktadır. Yaprak dokusunda tüm buğday çeşitlerinde artmakla birlikte; en fazla Kızıltan-91 buğdayındadır. Bu sonuç strese dayanıklı çeşit olan C 206 buğdayının diğerlerine nazaran daha fazla CAT

enzimine sahip olduğu yönündeki çalışmalarla benzer sonuçlar göstermektedir (Sairam vd., 1998).

Zararlı olan bu H_2O_2 'nin parçalanmasını sağlayan bir diğerk enzim de APX'dir. Siyezink kök dokusu hariç, diğerk doku ve buğday çeşitlerinde APX enzim aktivitesinin azaldığı saptanmıştır. Sonuç olarak kuraklık muamelesi sonrası askorbat peroksidazın (APX) zayıf antioksidan enzim tepkisi gösterdiği görölmektedir (Selote ve Chopra, 2010). Bu sonuç, uygulanan kuraklık stresi sonrası APX enzim aktivitesindeki azalış, CAT enzim aktivitesindeki artmayla telafi edilebileceğini öngörebilir.

Oksidatif strese karşı bitkiler ilk savunmalarını SOD enzimiyle gerçekleştirirler. Kuraklık stresine maruz bırakılan buğday türlerinin kök dokularının tümünde artmakla birlikte; yaprak dokusunda stresle birlikte aktivite azalması yaşayan tek buğday çeşidinin Siyez olduğu görölmektedir. Stres koşullarında; SOD antioksidan enziminin arttığı, bu artışın dayanıklı ve hassas türleri belirlemede önemli rol oynadığını bildiren çalışmalarla da desteklenmektedir (HongBo vd., 2005).

H_2O_2 'nin uzaklaştırılmasında başlıca koruyucu antioksidan yolak olan GPX; kök ve yaprak dokusunda sadece Siyez'de azalırken, GPX aktivitesi yaprakta en fazla Yüreğir-89 buğday çeşidindedir. Bu sonuç, PBW 175, WH 542 ve HD 2402 çeşit buğdayları üzerine uygulanan stres şartlarında GPX enzim miktarının arttığı ve dayanıklı türlerde yüksek GPX aktivitesi gözleendiği yönündeki çalışmalarla da benzerdir (Sairam ve Saxena, 2000).

Bu tez çalışmasında farklı genomlara sahip buğday türlerinin kuraklık stresi uygulanması sonrası uzunluk ölçümleri, taze ağırlık ve kuru ağırlık ölçümleri gerçekleştirilerek fizyolojik analizleri yapılmıştır. Bunun yanında kontrol ve stres uygulanan buğday türlerine prolin, lipid peroksidasyonu, membran geçirgenliği, hidrojen peroksit ve askorbik asit analizleri yapılarak biyokimyasal olarak da incelenmiştir. Farklı genomlara sahip buğday türlerinin kuraklık stresi altındaki ilişkileri analiz edilmiştir ve bu strese karşı sergilediği antioksidan savunma mekanizması da analiz edilmiştir. Kızıltan-91 ve Yüreğir-89 kuraklığa dirençli; Siyez kuraklığa duyarlı buğday çeşidi olarak belirlenmiştir. Kızıltan-91'in kuraklığa

dayanıklı çeşit olmasında; kökte SOD enzimi, yaprakta CAT enziminden kaynaklanmış olabileceği öngörülmektedir. Yüreğir-89'un ise; kökte CAT ile GPX enzimleri, yaprakta SOD ve GPX antioksidan savunma enzimlerinden olabileceği düşünülmektedir. Bu 3 buğday çeşidi arasından en hassas olanı Siyez olarak belirlenmiştir. *Triticum aestivum* cv. (Yuregir-89), *Triticum turgidum* cv. (Kızıltan-91) ve *Triticum monococcum* (Siyez) türlerinde; tuzluluk ve kuraklık stresi altındaki gen ifade seviyelerini belirlemeye yönelik çalışmada; en hassas tür olarak *Triticum monococcum* (Siyez)'un olduğu yönündeki çalışmayla da benzer sonuçlar sergilemektedir (Baloglu vd., 2014).

Çalışmanın sonucunda, farklı kromozom sayılarına sahip buğday türlerinin karakterizasyonu yapılmış olup, elde edilen verilerle kuraklık stresi altındaki buğday türlerinin kuraklığa karşı dayanıklılıkları belirlenmiştir. Ayrıca moleküler ıslah çalışmaları için yapılan fizyolojik, biyokimyasal ve antioksidan enzim analizleri kuraklığa toleranslı ve duyarlı uygun türlerin belirlenmesi için kullanılabilir. Bu çalışma ile kuraklık stresinde analizleri gerçekleştirilen buğday türlerinin gelecekte yapılabilecek strese karşı hayatta kalabilme şansı yüksek bitkinin belirlenmesinde önünün açılabilceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akan, H., Korkut, M.M., Balos, M.M. (2008). Arat Dağı ve Çevresinde (Birecik, Şanlıurfa) Etnobotanik Bir Araştırma. Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20 (1): 67-81.
- Akar, T., Bağcı S.A., Köksel H., Eser V. (2016). Ülkemizde ve Dünyada Buğdayla İlgili Gerçek Dışı İddialarTürktob, 17, 4-7.
- Akkuş, İ. (1995). Serbest Radikaller ve Fizyopatolojik Etkileri, Mimoza Yayınları, Konya.;68s.
- Akpınar, B.A., Kantar, M., Budak, H. (2015). Root precursors of microRNAs in wild emmer and modern wheats show major differences in response to drought stress. *Funct Integr Genomics*, 15(5):587-98. doi: 10.1007/s10142-015-0453-0.
- Altunoglu, Y. C., Baloglu, M. C., Baloglu, P., Yer, E. N., & Kara, S. (2017). Genome-wide identification and comparative expression analysis of LEA genes in watermelon and melon genomes. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 23(1):5-21
- Anjum, S.A., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M.F., Man, C., Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African J. Agri. Res.* 6(9), 2026-2032.
- Aono, M., Kubo, A., Saji, H., Tanaka, K., Kondo, N. (1993). Enhanced tolerance to photooxidative stress of transgenic *Nicotiana tabacum* with high chloroplastic glutathione reductase activity. - *Plant Cell Physiol.* 34: 129-135.
- Aprile, A., Havlickova, L., Panna, R., Marè, C., Borrelli, G.M., Marone, D., Perrotta, C., Rampino, P., Bellis, L.D., Curn, V., Mastrangelo, A.M., Rizza, F., Cattivelli, L. (2013). Different stress responsive strategies to drought and heat in two durum wheat cultivars with contrasting water use efficiency. *BMC Genomics*, 14:821 doi: 10.1186/1471-2164-14-821.
- Aprile, A., Mastrangelo, A.M., De Leonardis, A.M., Galiba, G., Roncaglia, E., Ferrari, F., De Bellis, L., Turchi, L., Giuliano, G., Cattivelli, L. (2009). Transcriptional profiling in response to terminal drought stress reveals differential responses along the wheat genome. *BMC Genomics*, 10:279. doi: 10.1186/1471-2164-10-279.

- Asada, K., Kiso, K., Yoshikawa, K. (1974). Univalent reduction of molecular oxygen by spinach chloroplasts on illumination. *J Biol Chem*, 249 (7): 2175–81.
- Ashraf, M. (1994). Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(1): 17-42.
- Ashraf, M., & Arfan, M. (2005). Gas exchange characteristics and water relations in two cultivars of *Hibiscus esculentus* under waterlogging. *Biologia Plantarum*, 49 (3): 459-462.
- Ashraf, M., McNeilly, T., & Bradshaw, A.D. (1996). The potential for evaluation of salt (NaCl) tolerance of seven grass species. *New Phytologist*, 103: 299-309.
- Atalık, A. (2007). Tarımın Tarihsel Süreci ile Gıda Güvenliği İlişkisi. *Şeker Dünyası*, 28, 48- 51.
- Atar, B. (2017). Gıdamız Buğdayın, Geçmişten Geleceğe Yolculuğu. *Süleyman Demirel Üniversitesi-Yalvaç Akademik Dergisi*. 2 (1) : 1-12.
- Atay, A.T. (2006). Türk Tohum Islahının Tarihçesi. *Tarım ve Mühendislik Dergisi*, 78-79, 45-52.
- Athar, H.R., Khan, A., Ashraf, M. (2008). Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. *Environmental and Experimental Botany*, 63 (1-3), 224-231
- Attia, H., Karray, N., Lachal, M. (2009). Light interacts with salt stress in regulating superoxide dismutase gene expression in *Arabidopsis*. *Plant Science*, 177(3), 161-167
- Azevedo, R.A., Alas, R.M., Smith, R.J., Lea, P.A. (1998). Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in leaves and roots of wild-type and catalase-deficient mutant of barley. *Physiol Plant*, 104: 280-92.
- Babaoğlu, M., Öztürk, İ. (1996). Wheat Researches in the Thrace Region of Turkey. *AWN* 42, 202-203. <http://www.wheat.pw.usda.gov/ggpage/awn/42/awn42d4.html>.
- Baloglu, M.C. (2011). Expression analysis of nac type transcription factors on wheat seedlings under abiotic stress conditions. *Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi- Fen Bilimleri Enstitüsü*. Ankara.
- Baloglu, M.C., Inal, B., Kavas, M., Unver, T. (2014). Diverse expression pattern of wheat transcription factors against abiotic stresses in wheat species. *Gene* (2014) 550(1):117-22. doi: 10.1016/j.gene.2014.08.025.

- Barber, D.A., Horris, S.R. (1995). Oxygen free radicals and antioxidants: a review. *Am. Pharm*, 34(9):26-35.
- Barlow, E.W.R., Lee, J.W., Munns, R., & Smart, M.G. (1980). Water relations of developing wheat grains. *Australian Journal of Plant Physiology*, 7: 519–525.
- Bartels, D., and Sunkar, R. (2005). Drought and Salt Tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24(1); 23–58.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D. (1977). “Rapid determination of free proline for water stress studies”. *Plant Soil*, vol. 39, pp. 205-207.
- Beauchamp, C., Fridovich, I. (1971). Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Anal Biochem*, 44: 276-87.
- Belkhodja, R., Morales, F., Abadia, A., & Gomez-Aparisi, J. (1994). Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiology*, 104: 667- 673.
- Bhargava, S., & Sawant, K. (2013). Drought stress adaptation: metabolic adjustment and regulation of gene expression. *Plant Breeding*, 132: 21-32.
- Bilgiç, H., Hakki, E.E., Pandey, A., Khan, M.K., Akkaya, M.S. (2016). Ancient DNA from 8400 year-old Çatalhöyük wheat: implications for the origin of Neolithic agriculture. *PloS one*, 11(3), e0151974.
- Blum, A. (1985). Breeding crop varieties for stress environment. *CRC Crit. Rev. Plant Sci*. 2(3):199–238.
- Blumwald, E. (2000). Sodium transport and salt tolerance in plants. *Current Opinion in Cell Biology*, 12(4), 431–434.
- Bonet, M. A. and Valles, J. (2007). Ethnobotany of Montseny biosphere reserve (Catalonia, Iberian Peninsula): Plants used in veterinary medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 110: 130–147.
- Borovskii, G.B., Stupnikova, I.V., Antipina, A.I., Vladimirova, S.V., Voinikov, V.K. (2002). Accumulation of dehydrin-like proteins in the mitochondria of cereals in response to cold, freezing, drought and ABA treatment. *BMC Plant Biol*, 2:5 doi: 10.1186/1471-2229-2-5
- Boscaiu, M., Lull, C., Lidon, A., Bautista, I., Donat, P., Mayoral, O., et al. (2008). Plant responses to abiotic stress in their natural habitats. *Bulletin UASVM, Horticulture*, 65 (1): 53-8.

- Bota, J., Medrano, H., and Flexas, J. (2004). Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? *New Phytologist*, 162(3); 671–681.
- Bouslama, M. and Schapaugh, W.T. (1984). Stress Tolerance in Soybean. Part 1 Evaluation of Three Screening Techniques for Heat and Drought Tolerance. *Crop Science*, 24, 933-937.
- Boyer, J.S. (1982). Plant productivity and environment. *Science*, 218: 443-8.
- Bowler, C., Montagu, M. V., and Inze, D. (1992). Superoxide Dismutase and Stress Tolerance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43(1); 83–116.
- Bowne, J.B., Erwin, T.A., Juttner, J., Schnurbusch, T., Langridge, P., Basic, A., Roessner, U. (2012). Drought Responses of Leaf Tissues from Wheat Cultivars of Differing Drought Tolerance at the Metabolite Level. *Molecular Plant*, 5: 418–429. DOI: 10.1093/mp/ssr114
- Bradford, M.M. (1976). “A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding.” *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- Bray, E.A. (1997). Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Science*, 2: 48-54.
- Bray, E.A., Bailey-Serres, J. and Weretilnyk, E. (2000). Responses to abiotic stress. *Biochemistry & molecular biology of plants*. In: Gruissem, W. and Jones, R., Eds., American Society of Plant Physiologists, Rockville, 1158-1203.
- Büyük, İ., Soydam-Aydın, S., Aras, S. (2012). Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Türk Hij Den Biyol Derg*, 69(2): 97-110.
- Cabello, J.V., Lodeyro, A.F., & Zurbriggen, M. (2014). Novel perspectives for the engineering of abiotic stress tolerance in plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 26: 62-70.
- Cai, H., Tian, S., Liu, C., Dong, H. (2011). Identification of a MYB3R gene involved in drought, salt and cold stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Gene*, 485(2):146-152. doi: 10.1016/j.gene.2011.06.026.
- Campbell, M.K., (1991). *Biochemistry*, Harcourt Brace Jovanovich. College Publishers, Fort Worth, USA.
- Chance, B., Maehly, A.C. (1995). “Assay of catalases and peroxidases” *Methods in Enzymology* 2: 764-817.

- Chantret, N., Salse, j., Sabot, F., Rahman, S., Bellec, A., Laubin, B., Dubois, I., Dossat, C., Sourdille, P., Joudrier, P., Gautier, M.F., Cattolico, L., Beckert, M., Aubourg, S., Weissenbach, J., Caboche, M., Bernard, M., Leroy, P. And Chalhou, B. (2005). Molecular Basis of Evolutionary Events That Shaped the Hardness Locus in Diploid and Polyploid Wheat Species (*Triticum* and *Aegilops*). *Plant Cell*, 17: 1033-1045.
- Chapman, K.D. (1998). Phospholipase activity during plant growth and development and in response to environmental stress. *Trends in Plant Science*, 3(11); 419–426.
- Chaves, M.M. (1991). Effects of water deficits on carbon assimilation. *Journal of Experimental Botany*, 42: 1–16.
- Chaves, M.M., Maroco, J.P., & Pereira, J.S. (2003). Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30: 239–264.
- Cheeseman, K.H., Slater, T.F. (1993). An introduction to free radical biochemistry. *Br.Med. Bull*, 49(3) 481-93.
- Cherki, G., Foursy, A., Fares, K. (2002). Effects of salt on growth inorganic ions ve proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and. Experimental Botany* 47: 39-50.
- Choi, H., Hong, J., Ha, J., Kang, J., and Kim, S. Y. (2000). ABFs, a family of ABA-responsive element binding factors. *The Journal of Biological Chemistry*, 275(3); 1723–1730.
- Collins, A. (2001). Carotenoids and genomic stability. *Mutat Res*, 475: 1-28.
- Cramer, G.R., Ergül, A., Grimplet, J., Tillet, R.L. (2007). Water and salinity stress in grapevines: early and late changes in transcript and metabolite profiles. *Funct.Integr. Genomics*. 7, 111–134.
- Cushman, J. C., and Bohnert, H. J. (2000). Genomic approaches to plant stress tolerance. *Current Opinion in Plant Biology*, 3(2); 117–124.
- Çelik-Altunoğlu, Y., Baloğlu, P., Yer, E.N., Pekol, S., Baloğlu, C.M. (2016). Identification and expression analysis of LEA gene family members in cucumber genome. *Journal of Plant Growth Regulation*. DOI: 10.1007/s10725-016-0160-4
- Çetin, Ö., Uygan, D., Boyacı, H. ve Öğretir, K. (1999). Kışlık buğdayda sulama-azot ve bazı önemli iklim özellikleri arasındaki ilişkiler. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Adana, Cilt I, Genel ve Tahıllar*, 151-156

- Damania, A. B., Pecetti, L., Qualset, C., Humeid, O.B. (1996). Diversity and Geographic Distribution of Adaptive Traits in *T. turgidum* L. (Durum group). Wheat Landraces from Turkey. Genetic Resources and Crop Evolution, 43, 409-422.
- De Azevedo Neto, A.D., Prisco, J.T., Enéas-Filho, J., de Abreu, C.E.B., Gomes-Filho, E. (2006). Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt tolerant and salt-sensitive maize genotypes. Environ. Exp. Bot. 56. 87–94.
- Deby, C., Pincemail, J. (1988). Oxygen Toxicity, Free Radicals, and Defense Mechanisms. Rökän, 57-70
- Deyholos, M. K. (2010). Making the most of drought and salinity transcriptomics. Plant, Cell and Environment, 33(4); 648–654.
- Dhanda, S.S., Sethi, G.S. (1998). Inheritance of excised-leaf water loss and relative water content in bread wheat (*Triticum aestivum*). Euphytica 104, 39-47.
- Dhanda, S.S., Sethi, G.S., Behl, R.K. (2004). Indices of Drought Tolerance in Wheat Genotypes at Early Stages of Plant Growth. J. Agronomy and Crop Sci. 190, 6-12.
- Diamond, J. (1997). Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies. W.W.Norton & Company inc., New York. Türkçeye Çeviri: Ülker İnce.
- Diamond, J., (1997). Location, location, location: the first farmers, Science, 278:1243-1244.
- Dixit, V., Pandey, V., Shyam, R. (2001). Differential oxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum* L cv. Azad). J Exp Bot, 52: 1101-9.
- Dolferus, R. (2014). To grow or not to grow: A stressful decision for plants. Plant Science, 2229: 247-261.
- Dong, B., Zheng, X., Liu, H., Able, J.A., Yang, H., Zhao, H., Zhang, M., Qiao, Y., Wang, Y., Liu, M. (2017). Effects of Drought Stress on Pollen Sterility, Grain Yield, Abscissic Acid and Protective Enzymes in Two Winter Wheat Cultivars. Front. Plant Sci. 8:1008. doi: 10.3389/fpls.2017.01008
- Dormandy, T.L. (1983). An Approach to free radicals. The Lancet, 1010-1013.
- Dotlačil, L., Hermuth, J., Stehno, Z., Dvořáček, V., Bradová, J., Leišová, L. (2010). How can wheat landraces contribute to present breeding? Czech J. Genet. Plant Breed. 46:S70-S74.

- Duan, Y., Guo, J., Shi, X., Guan, X., Liu, F., Bai, P., Huang, L., Kang, Z (2013). Wheat hypersensitive-induced reaction genes TaHIR1 and TaHIR3 are involved in response to stripe rust fungus infection and abiotic stresses. *Plant Cell Rep*, 32:273–283. doi: 10.1007/s00299-012-1361-6.
- Ehdaie, B., Alloushb, G. A., Madorec, M. A. and Waines, J. G. (2006a). Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat. I. Postanthesis changes in internode dry matter, *Crop Sci.*, 46, 735-746.
- El Beyrouthy, M., Arnold, N., Delelis-Dusollier, A., Dupont, F. (2008). Plants Used as Remedies Antirheumatic and Antineuralgic in The Traditional Medicine of Lebanon. *Journal of Ethnopharmacology*, 120: 315-334.
- Erkal, N.A., Kayıhan, C., Öktem, H.A., Yücel, M., Eyidoğan, F. (2015). Changes in oxidative damage and antioxidant enzyme activities of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars exposed to rewarming upon freezing stress. *Turkish Journal of Biochemistry*, 40(5), 363-369.
- Ertuğ, F. (2000). An Ethnobotanical Study in Central Anatolia (Turkey). *Economic Botany*, 54 (2) : 155-182.
- Eugenia, M., S., Nunes and G.R, Smith. (2003). Electrolyte leakage assay capable of quantifying freezing resistance in rose clover. *Crop Sci.*, 43:1349–1357.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 185-212.
- Flad, R., Li, S., Wu, X., Zhao, Z. (2010). Early wheat in China: results from new studies at Donghuishan in the Hexi Corridor. *The Holocene*, 20, 955-965.
- Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G., & Sharkey, T.D. (2004). Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. *Plant Biology*, 6: 269–279.
- Flexas, J., Diaz-Espejo, A., Galme's, J., Kaldenhoff, R., Medrano, H., & Ribas-Carbo, M. (2007). Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO₂ concentration around leaves. *Plant, Cell & Environment*, 30: 1284–1298.
- Flora, S.J. (2007). Role of free radicals and antioxidants in health and disease. *Cell Mol Biol*, 53: 1-2.
- Foyer, C.H., Souriau, N., Perret, S., Lelandais, M., Kunert, K.J., Pruvost, C., et al. (1995). Overexpression of glutathione reductase but not glutathione synthetase

- leads to increases in antioxidant capacity and resistance to photoinhibition in poplar trees. *Plant Physiol*, 109: 1047-57.
- Frank, W., Munnik, T., Kerkmann, K., Salamini, F., and Bartels, D. (2000). Water deficit triggers phospholipase D activity in the resurrection plant *Craterostigma plantagineum*. *The Plant Cell*, 12(1); 111–124.
- Freeman, B.A., Crapo, J.D. (1982). Biology of disease, free radicals and tissue injury. *Laboratory investigation*, 47(5) 412.
- Fridovich, I. (1986). Biological effect of superoxide radical. *Arch Biochem Biophys*, 247: 1-11.
- Gahlaut, V., Jaiswal, V., Kumar, A., Gupta, P.K. (2016). Transcription factors involved in drought tolerance and their possible role in developing drought tolerant cultivars with emphasis on wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet*, 129:2019–2042. DOI: 10.1007/s00122-016-2794-z
- Gallardo, M., Thompson, R.B., Valdez, L.C., & Pérez, C. (2004). Response of stem diameter to water stress in greenhouse-grown vegetable crops. *Acta Horticulturae*, 664: 253-260.
- Gallé, A., Csiszár, J., Secenji, M., Guóth, A., Cseuz, L., Tari, I., Györgyey, J., Erdei, L. (2009). Glutathione transferase activity and expression patterns during grain filling in flag leaves of wheat genotypes differing in drought tolerance: Response to water deficit. *J Plant Physiol*, 166(17):1878-91. doi: 10.1016/j.jplph.2009.05.016.
- Ganieva, R., Allahverdiev, S., Bayromova, S., & Nafisi, S. (1997). Effect of polystimuline- K on maize (*Zea mays* L.) seedlings pigment apparatus formation on the sodium chloride salinity. *Turkish Journal of Botany*, 21: 253-257.
- Golestani, S.A., Assad, M.T. (1998). Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. *Euphytica*, 103: 293–299.
- Gökgöl, M. (1935). Türkiye'nin Buğdayları. Tom I. İstanbul.
- Gökgöl, M. (1939). Türkiye'nin Buğdayları. Tom II. İstanbul.
- Gupta, N.K., Gupta, S., Kumar, A. (2001). Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield in wheat cultivars at different growth stages. *J. Agron*. 86: 1437-1439.
- Günay, A. (2005). *Sebze Yetiştiriciliği*. Cilt I, ISBN 975-00725-0-2, İzmir.

- Gürel, A., & Avcıoğlu, R. (2001). Bitkilerde Abiyotik Stres Faktörlerine Dayanıklılık Mekanizmaları. pp.288-326. In: Özcan, S., Gürel, E. & Babaoğlu, M. (Eds.), Bitki Biyoteknolojisi, Genetik Mühendisliği, S.Ü. Vakfı Yayınları, İzmir.
- Haber, F., Weiss, J. (1934). The catalytic decomposition of hydrogen peroxide by ion salts. *Proc R Soc*, 147(A): 332-51.
- Halliwell, B., Chirico, S. (1993). Lipid peroxidation: its mechanism measurement and significance. *Am J. Clin Nutr*, 57:715-25.
- Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C. (1998). *Free radicals in biology and medicine*. 2nd ed. Oxford: Clarendon Press, 188-96.
- Hamada, E.A.M., Homoud, M.A., Kirkwood, R.C., & El-Sayed, H. (1992). Studies on the adaptation of selected species of the Family Gramineae A. Juss to Salinization. *Afaeddes Repertorium*, 103: 128-798.
- Hao, P., Zhu, J., Gu, A., Lv, D., Ge, P., Chen, G., Li, X., Yan, Y (2015). An integrative proteome analysis of different seedling organs in tolerant and sensitive wheat cultivars under drought stress and recovery. *Proteomics*, 9:1544-1563. doi: 10.1002/pmic.201400179.
- Haque, M.E., Abe, F., Mori, M., Oyanagi, A., Komatsu, S., Kawaguchi, K. (2014). Characterization of a wheat pathogenesis-related protein, TaBWPR-1.2, in seminal roots in response to waterlogging stress. *J Plant Physiol*, 171(8):602-609. doi.org/10.1016/j.jplph.2013.12.003
- Harbinson, J., Hedley, C.L. (1993). Changes in P-700 oxidation during the early stages of the induction of photosynthesis. *Plant Physiol*, 103: 649–60.
- Harinasut, P., Poonsopa, D., Roengmongkol, K., Charoensataporn, R. (2003). Salinity effects on antioxidant enzymes in mulberry cultivar. *Sci Asia*, 29: 109-13.
- Harlan, J.R (1995). *The Living Fields: Our Agricultural Heritage*. Cambridge Univ. Pres. Cambridge. U. K.
- Harlan, J. R., De Wet, J.M.J. (1971). Toward a Rational Classification of Cultivated Plants. *Taxon*. 20(4): 509–517. doi:10.2307/1218252.
- Heath, R.L., Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplast. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch. Biochem. Biophys.* 125, 189-198.
- Hoekstra, F. A., Golovina, E. A., and Buitink, J. (2001). Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends in Plant Science*, 6(9); 431–438.

- Hollander-Czytko, H., Grabowski, J., Sandorf, I., Weckermann, K., Weiler, E.W. (2005). Tocopherol content and activities of tyrosine aminotransferase and cystine lyase in *Arabidopsis* under stress conditions. *J Plant Physiol*, 162: 767-770.
- HongBo, S., ZongSuo, L., MingAna, S. (2005). Changes of anti-oxidative enzymes and MDA content under soil water deficits among 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at maturation stage. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 45:7–13 DOI: 10.1016/j.colsurfb.2005.06.016
- Hruszkewycz, A.M. (1992). Lipid peroxidation and mtDNA degeneration. A hypothesis. *Mutat Res*, 275(3-6):243-8.
- Ingram, J., and Bartels, D. (1996). The Molecular Basis of Dehydration Tolerance in Plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 47; 377–403.
- Jager, K., Fabian, A., Eitel, G., Szabo, L., Deak, C., Barnabas, B., Papp, I. (2014). A morpho-physiological approach differentiates bread wheat cultivars of contrasting tolerance under cyclic water stress. *Journal of Plant Physiology*, 171(14): 1256-1266. doi: 10.1016/j.jplph.2014.04.013
- Jaradat, A.A. (2012). Wheat Landraces: Genetic Resources for Sustenance and Sustainability. USDA-ARS, 803 Iowa Ave., Morris, MN 56267 USA.
- Jat, K.R., Muraliya, R.N., Kumar, A. (1990). Physiology of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) I growth and yield. *Comprehensive Physiology and Ecology*, 15: 4, 147-158; 13 ref.
- Jimenez, A., Hernandez, J.A., Pastori, G., del Rio, L.A., Sevilla, F. (1998). Role of the ascorbate-glutathione cycle of mitochondria and peroxisomes in the senescence of pea leaves. *Plant Physiol*, 118: 1327-35.
- Jones, M.M., & Turner, N.C. (1978). Osmotic adjustment in leaves of sorghum in response to water deficits. *Plant Physiology*, 61: 122-126.
- Kaçar, B. (2015). Genel Bitki Fizyolojisi, Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No: 1243, Ankara.
- Kadioğlu, A. (2004). Bitki fizyolojisi. Trabzon: Lokman Yayın, 453.
- Kalefetoğlu, T., & Ekmekçi, Y. (2005). The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18 (4): 723-740.
- Kamal-Eldin, A., Appelqvist, L.A. (1996). The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. *Lipids*, 31: 671-701.

- Kang, G., Ma, H., Liu, G., Han, Q., Li, C., Guo, T. (2013). Silencing of TaBTF3 gene impairs tolerance to freezing and drought stresses in wheat. *Mol Genet Genomics*, 288(11):591-9. doi: 10.1007/s00438-013-0773-5. doi: 10.1007/s00438-013-0773-5.
- Kantar, M., Lucas, S.J., Budak, H. (2011). miRNA expression patterns of *Triticum dicoccoides* in response to shock drought stress. *Planta*, 233:471–484. doi: 10.1007/s00425-010-1309-4.
- Kara, A. (2007). Yeni Doğan Ratlarda Amikasinine Bağlı Deneysel Böbrek Hastalıkları ve Antioksidanların Rolü (tez). Isparta. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Karagöz, A. (2014). Wheat landraces of Turkey. *Emir. J. Food Agric.* 26:149–156.
- Kayabaşı, S. (2011). Kuraklık stresinde yetiştirilen soyada (*Glycine max* L.) bazı fizyolojik parametreler ile prolin birikiminin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Kehrer, J.P. (1993). Free Radicals as mediators of tissue injury and disease. *Crit. Rev. Toxicol*, 23:21-28.
- Keller, L., Schmid, J.E., Keller, E.R. (1991). Are cereal landraces a source for breeding? *Landwirtschaft Schweiz* 4:197-202.
- Kessler, B. (1961). Nucleic acids as factors in drought resistance of higher plants. *Advan. Bot.* 2, 1153—1159.
- Khan, N.A., Singh, S. (2008). *Abiotic Stress and Plant Responses*. New Delhi, IK International.
- Kimurto, P.K., Kinyua, M.G., Njoroge, J.M. (2003). Response of bread wheat genotypes to drought simulation under a mobile rain shelter in Kenya, *African Crop Science Journal*, 11, 225-234.
- Kocheva, K.V., Landjeva, S.P., Georgiev, G.I. (2014). Variation in ion leakage parameters of two wheat genotypes with different RhtB1 alleles in response to drought. *J Biosci.* 39: 753–759
- Koçyiğit, M. and Özhatay, N. (2009). The Wild Edible and Miscellaneous Useful Plants in Yalova Province (Northwest Turkey). *Journal of Faculty of Pharmacy of Istanbul University*, 40: 19-29.
- Koppenol, W.H. (1990). Oxyradical reactions: from bond-dissociation energies to reduction potentials. *FEBS Lett*, 264,165.
- Krugman, T., Chague, V., Peleg, Z., Balzergue, S., Just, J., Korol, A.B., Nevo, E., Saranga, Y., Chalhou, B., Fahima, T. (2010). Multilevel regulation and

- signalling processes associated with adaptation to terminal drought in wild emmer wheat. *Funct Integr Genomics*, 10:167–186. doi: 10.1007/s10142-010-0166-3.
- Krugman, T., Peleg, Z., Quansah, L., Chague, V., Korol, A.B., Nevo, E., Saranga, Y., Fait, A., Chalhoub, B., Fahima, T. (2011). Alteration in expression of hormone-related genes in wild emmer wheat roots associated with drought adaptation mechanisms. *Funct Integr Genomics*, 11:565–583. doi: 10.1007/s10142-011-0231-6.
- Kukreja, S., Nandval, A.S., Kumar, N., Sharma, S.K., Sharma, S.K., Unvi, V., et al. (2005). Plant water status, H₂O₂ scavenging enzymes, ethylene evolution and membrane integrity of *Cicer arietinum* roots as affected by salinity. *Biol Plant*, 49: 305-8.
- Kuzuoglu-Ozturk, D., Cebeci-Yalcinkaya, O., Akpinar, B.A., Mitou, G., Korkmaz, G., Gozuacik, D., Budak, H. (2012). Autophagy-related gene, TdAtg8, in wild emmer wheat plays a role in drought and osmotic stress response. *Planta*, 236(4):1081-92. DOI 10.1007/s00425-012-1657-3
- Kültür, Ş. (2007). Medicinal Plants Used in Kırklareli Province (Turkey). *Journal of Ethno-Pharmacology*, 111: 341-364.
- Kün, E. (1981). Serin İklim Tahılları. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 6, Ders Notları No: 1, Samsun.
- Leisinger, U., Rüfenacht, K., Fischer, B., Pesaro, M., Spengler, A., Zehnder, A.J.B. et al. (2001). The glutathione peroxidase homologous gene from *Chlamydomonas reinhardtii* is transcriptionally up-regulated by singlet oxygen. *Plant Mol Biol*, 46: 395-408.
- Lev-Yadun, S., Gopher, A., Abbo, S. (2000). Archaeology. The cradle of agriculture. *Science* 288: 1602–1603.
- Levitt, J. (1972). Responses of plants to environmental Stresses. New York, London: Academic Press, 697.
- Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S.K., & Becker, D.F. (2013). Proline mechanism of stress survival. *Antioxidants & Redox Signaling*, 19: 998-1011.
- Lichtenthaler, H.K. (1996). Vegetation Stress An Introduction to the Stress Concept in Plants. *Journal of Plant Physiology*, 148, 4-14.
- Lillywhite, R.D., Sarrouy, C. (2014). A Review of the Dietary. Health and Environmental Status of Whole Grain Cereals, University of Warwick.

- Liu, F., Stutzel, H. (2004). Biomass partitioning, specific leaf area and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. *Scientia Horticulturae*, 102 (1): 15-27.
- Liu, H., Sultan, MARF., Liu, X.L., Zhang, J., Yu, F., Zhao, H.X. (2015). Physiological and comparative proteomic analysis reveals different drought responses in roots and leaves of drought-tolerant wild wheat (*Triticum boeoticum*). *PLoS One* 10(4): e0121852. doi:10.1371/journal.pone.0121852
- Loutfy, N., El-Tayeb, M.A., Hassanen, A.M., Moustafa, M.F., Sakuma, Y., Inouhe, M. (2012). Changes in the water status and osmotic solute contents in response to drought and salicylic acid treatments in four different cultivars of wheat (*Triticum aestivum*). *J Plant Res*, 125:173–184. doi: 10.1007/s10265-011-0419-9.
- Lucas, S., Dogan, E., Budak, H. (2011a). TMPIT1 from wild emmer wheat: first characterisation of a stress-inducible integral membrane protein. *Gene* 483 22–28. 10.1016/j.gene.2011.05.003
- Lucas, S., Durmaz, E., Akpinar, B. A., Budak, H. (2011). The drought response displayed by a DRE-binding protein from *Triticum dicoccoides*. *Plant Physiol. Biochem.* 49, 346–351. doi: 10.1016/j.plaphy.2011.01.016
- Ma, D., Sun, D., Wang, C., Ding, H., Qin, H., Hou, J., Huang, X., Xie, Y., Guo, T. (2017). Physiological Responses and Yield of Wheat Plants in Zinc-Mediated Alleviation of Drought Stress. *Front. Plant Sci.* 8:860. doi: 10.3389/fpls.2017.00860
- Machado, S., Paulsen, G.M. (2001). Combined effects of drought and high temperature on water relations of wheat and sorghum. *Plant and Soil* 233: 179-187.
- Madhava-Rao, K.V., Raghavendra, A.S., Janardhan-Reddy, K. (2005). *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Netherlands: Springer, 345.
- Mahajan, S., Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444(2); 139–158.
- Maurel, C. (1997). Aquaporins and Water Permeability Plant Membranes. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48; 399–429.
- Mazid, A., Amegbeto, K.N., Keser, M., Alexey, M., Peker, K., Bağcı, A., Akın, M., Küçükçongar, M., Kan, M., Karabak, S., Semerci, A., Altıkat, A., Yakutbay, Ş. (2009). Adoption and Impacts of Improved Winter and Spring Wheat Varieties in Turkey, ICARDA-Allepo/Syria.

- McKimmie, T., & Dobrenz, A.K. (1991). Ionic concentrations and water relations of alfalfa seedlings differing in salt tolerance. *Agronomy Journal*, 83: 363-367.
- Medrano, H., Escalona, J. M., Bota, J., Gulías, J., and Flexas, J. (2002). Regulation of Photosynthesis of C3 Plants in Response to Progressive Drought: Stomatal Conductance as a Reference Parameter. *Annals of Botany*, 89(7); 895–905.
- Mehlar, A.H. (1951). *Arch Biochem Biophys*, 33: 65–77.
- Mirbahar, A.A., Markhand, G.S., Mahar, A.R., Saeed, A., Kanhar, N.A. (2009). Effect of water on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Pakistan Journal of Botany* 41: 1303-1310
- Mittler, R., Zilinskas, B.A. (1992). Molecular cloning and characterization of a gene encoding pea cytosolic ascorbate peroxidase. *J Biol Chem*, 267: 21802-7.
- Mobin, M., Khan, N.A. (2007). Photosynthetic activity, pigment composition and anti-oxidative response of two mustard (*Brassica juncea*) cultivars differing in photosynthetic capacity subjected to cadmium stress. *J Plant Physiol*, 164: 601-10.
- Molden, D. (2007). *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. 645p. Earthscan.
- Morgan, J.M. (1995). Growth and yield of wheat lines with different osmoregulatory capacity at high soil water deficit in seasons of varying evaporative demand. *Field Crops Res.* 40, 143-152.
- Morran, S., Eini, O., Pyvovarenko, T., Parent, B., Singh, R., Ismagul, A., Eliby, S., Shirley, N., Langridge, P., Lopato, S. (2011). Improvement of stress tolerance of wheat and barley by modulation of expression of DREB/CBF factors. *Plant Biotechnology Journal*, 9:230–249 doi: 10.1111/j.1467-7652.2010.00547.x
- Moslen, M.T. (1994). Reactive Oxygen Species in Normal. Physiology, Cell Injury and Phagocytosis, *Free Radicals in. Diagnostic Medicine*, 1–15
- Mukherjee, S. P., Choudhuri, M. A. (1983). Implications of water stress-induced changes in the levels of endogenous ascorbic acid and hydrogen peroxide in *Vigna* seedlings. *Physiologia Plantarum* 58, 166–170.
- Mundree, S.G., Baker, B., Mowla, S., Peters, S., Marais, S., Willigen, C.V., Govender, K., Maredza, A., Muyanga, S., Farrant, J.M., & Thomson, J.A. (2002). Physiological and molecular insights into drought tolerance. *African Journal of Biotechnology*, 1:23-38.

- Munnik, T., Ligterink, W., Meskiene, I. I., Calderini, O., Beyerly, J., Musgrave, A., Hirt, H. (1999). Distinct osmo-sensing protein kinase pathways are involved in signalling moderate and severe hyper-osmotic stress. *The Plant Journal*, 20(4); 381–388.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ*, 25: 239-50.
- Musick, J.T., Porter, K.B. (1990). Wheat, In: *Irrigation of Agricultural Crops*, B.A. Stewart and D.R. Nielsen (co-editors). Am. Soc. Of Agron., Inc. Number 30, Madison, Wisconsin USA, p: 598-632.
- Nanjo, T., M. Kobayashi, et al. (1999). “Antisense suppression of the proline degradation improves tolerance to freezing and salinity in *Arabidopsis thaliana*” *FEBS Letters* 461: 205-210.
- Navarro, A., Boveris, A. (2004). Rat brain and liver mitochondria develop oxidative stress and lose enzymatic activities on aging. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 287:1244-1249.
- Nesbitt, M. (1995). Plants and people in ancient Anatolia. *Biblical Archaeologist*. 58, 68–81.
- Nesbitt, M. & Samuel, D. (1996). From Staple Crop to Extinction? The Archaeology and History of The Hulled Wheats. *Proceedings of The First International Workshop on Hulled Wheats*, 21: 41-100.
- Noctor, G., Foyer, C. H. (1998). Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 49, 249–279.
- Noctor, G., Foyer, C.H. (1998a). A re-evaluation of the ATP: NADPH budget during C3 photosynthesis. A contribution from nitrate assimilation and its associated respiratory activity.
- Ohkawa, H., Ohishi, N., Yagi, Y. (1979). “Assay of lipid peroxides in animal tissue by thiobarbituric acid reaction” *Analytical Biochemistry*, vol. 95, pp. 51-358.
- Okay, S., Derelli, E., Unver, T. (2014). Transcriptome-wide identification of bread wheat WRKY transcription factors in response to drought stress. *Mol Genet Genomics*, 289(5), 765–81.
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., & Tran, L.P. (2014). Response of plants to water stress. *Front Plant Science*, 5: 86.
- Örs, S., Ekinci, M. (2015). Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. *DergiPark Akademi Dergisi*, 32 (2):237-250

- Özberk, İ., Atay, S., Altay, F., Cabi, E., Özkan, H., Atlı, A. (2016). Türkiye'nin Buğday Atlası. WWW-Türkiye. Büyük Postane Cad. No:19, İstanbul. ISBN: 978-605-9903-07-3.
- Özberk, İ., Zencirci, N., Özkan, H., Özberk, F., Eser, V. (2010). Düünden Bugüne Makarnalık Buğday Islahı ve Geleceğe Bakış. Makarnalık Buğday ve Mamulleri Konferansı, 17-18 Mayıs, 2010 s:43-66.
- Özcan, O., Erdal, H., Çakırca, G., Yönden, Z. (2015). Oksidatif stres ve hücre içi lipid, protein ve DNA yapıları üzerine etkileri. Journal of Clinical and Experimental Investigations, 6 (3), 331-336. DOI: 10.5799/ahinjs.01.2015.03.0545
- Öztürk, M., Dinç, M. (2006). Nizip (Aksaray) Bölgesinin Etnobotanik Özellikleri. Ot Sistemik Botanik Dergisi, 12 (1): 93-102.
- Öztürk, N.Z. (2015). Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(5): 307-315.
- Qiu, Z., Yuan, M., He, Y., Li, Y., Zhang, L. (2017). Physiological and transcriptome analysis of He-Ne laser pretreated wheat seedlings in response to drought stress. Sci Rep, 7(1):6108. doi: 10.1038/s41598-017-06518-z.
- Qualset, C.U., Zannata, A.C.A., Keser, M., Kılınç, N., Brush, S.B. (1996). Agronomic Performance of Wheat Landraces from Western Turkey. Basis for In-situ Conservation Practices by Farmers. In 5. International Wheat Conference, June 10-14, 1996, Book of Abstracts, Ankara.
- Quan, L.J., Zhang, B., Shi, W.W., Li, H.Y. (2008). Hydrogen peroxide in plants: a versatile molecule of the reactive oxygen species network. J. Integr. Plant Biol., 50, 2-18
- Peng, C.L., Ou, Z.Y., Liu, N., Lin, G.Z. (2005). Response to high temperature in flag leaves of super high-yielding rice Pei'ai 64S/E32 and Liangyoupeijiu. Rice Sci, 12: 179-86.
- Pimentel, D., Houser, J., Preiss, E., White, O., Fang, H., Mesnick, L., Barsky, T., et al (1997). Water resources: agriculture, the environment, and society. BioScience, 47(2); 97-106.
- Plarre, W. (1991). The Necessity of Germplasm In-situ Conservation in Turkey. The Conservation of Wild Progenitors of Cultivated Plants. Environmental Encounters Series, 8: 85-89.
- Polidoros, N.A, Scandalios, J.G. (1999). Role of hydrogen peroxide and different classes of antioxidants in the regulation of catalase and glutathione S-

- transferase gene expression in maize (*Zea mays* L.). *Physiol Plant*, 106: 112-20.
- Polle, A., Chakrabarti, K., Chakrabarti, S., Seifert, F., Schramel, P., Rennenberg, H. (1992). Antioxidants and manganese deficiency in needles of Norway spruce (*Picea abies* L.) Trees. *Plant Physiol*, 99: 1084-9.
- Powell, W., Wilhelm, E.P., Boulton, M.I., Barber, T.E.S., Greenland, A. J. (2013). Genotype Analysis of The Wheat Semidwarf Rht-B1b and Rht-D1b Ancestral Lineage. *Plant Breeding*, 132: 539-545.
- Rahaie, M., Xue, G.P., Naghavi, M.R., Alizadeh, H., Schenk, P.M. (2010). A MYB gene from wheat (*Triticum aestivum* L.) is up-regulated during salt and drought stresses and differentially regulated between salt-tolerant and sensitive genotypes. *Plant Cell Rep*, 29:835–844. doi: 10.1007/s00299-010-0868-y.
- Ramanjulu, S., Bartels, D. (2002). Drought- and desiccation-induced modulation of gene expression in plants. *Plant, Cell and Environment*, 25(2); 141–151.
- Rampino, P., Pataleo, S., Gerardi, C., Mita, G., Perrotta, C. (2006). Drought stress response in wheat: physiological and molecular analysis of resistant and sensitive genotypes. *Plant Cell Environ*, 12: 2143-2152. doi: 10.1111/j.1365-3040.2006.01588.x
- Rausch, T., Wachter, A. (2005). Sulfur metabolism: A versatile platform for launching defence operations. *Trends Plant Sci*, 10: 503-9.
- Razzaghi, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., & Andersen, M.N. (2014). Ionic and photosynthetic homeostasis in quinoa challenged by salinity and drought – mechanisms of tolerance. *Functional Plant Biology*, 42(2): 136-148.
- Rosegrant, M. W., Ringler, C., and Zhu, T. (2009). Water for Agriculture: Maintaining Food Security under Growing Scarcity. *Annual Review of Environment and Resources*, 34(1); 205–222.
- Ruiz-Lozano, J.M., Porcel, R., Bárzana, G., Azcón, R., & Aroca, R. (2012). Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant drought tolerance: state of the art. pp. 335–362. In: Aroca, R. (Ed.), *Plant Responses to Drought Stress* Springer-Verlag, Heidelberg.
- Sağlam, A. (2004). Ağır kuraklık stresi geçirmiş *Ctenanthe setosa* bitkisinin yeni kuraklık koşullarına adaptasyon yeteneğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Saidi, M.N., Mergby, D., Brini, F. (2017). Identification and expression analysis of the NAC transcription factor family in durum wheat (*Triticum turgidum* L. ssp.

- durum*). Plant Physiology and Biochemistry 112, 117-128. doi: 10.1016/j.plaphy.2016.12.028.
- Sairam, R.K., Deshmukh, P.S., Saxena, D.C. (1998). Role of antioxidant systems in wheat cultivars tolerance to water stress. *Biologia Plantarum* 41, 387-394.
- Sairam, R.K., Saxena, D.C. (2000). Oxidative stress and antioxidants in wheat cultivars: possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agron. Crop Sci.* 184, 55-61.
- Salama, S., Trivedi, S., Busheva, M., Arafa, A.A., Garab, G., & Erdei, L. (1994). Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 144 (2): 241-247.
- Scandalios, J. G. (1993). Oxygen stress and superoxide dismutase. *Plant Physiol.* 101:7–12.
- Schaeffer, F., Stanier, R.Y. (1978). Glucose-6-phosphate dehydrogenase of *Anabaena* sp. Kinetic and molecular properties. *Arch Microbiol* 116:9-19
- Sedaghat, M., Sarvestani, Z.T., Emam, Y., Bidgoli, A.M. (2017). Physiological and antioxidant responses of winter wheat cultivars to strigolactone and salicylic acid in drought. *Plant Physiology and Biochemistry*, 119, 59-69.
- Selote, D.S., Khanna-Chopra, R. (2010). Antioxidant response of wheat roots to drought acclimation. *Protoplasma*. 245(1-4): 153-163. doi: 10.1007/s00709-010-0169-x.
- Serrano, R., Mulet, J. M., Rios, G., Marquez, J. A., Larrinoa, I. i. F. d., Leube, M. P., Mendizabal, I., et all. (1999). A glimpse of the mechanisms of ion homeostasis during salt stress. *Journal of Experimental Botany*, 50(Special); 1023–1036.
- Sgherri, C.L.M., Pinzincp, C., Navari-Izzo, F. (1996). Sunflower seedlings subjected to increasing stress by water deficit: Changes in O₂⁻ production Aated to the composition of thylakoid membranes. *Physiol Plant*, 96 (3), 446-452
- Shalaby-Sairam, R.K., Deshmukh, P.S., Shulka, D.S. and Ram, S. (1990). Metobolic activity and grain yield under moisture stress in wheat genotypes. *Indian J. of Plant Physi.* 33; 3, 226-231; 9 ref.
- Shao, H.B., Chu, L.Y., Wu, G., Zhang, J.H., Lu, Z.H., Hu, Y.C. (2007). Changes of some anti-oxidative physiological indices under soil water deficits among 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at tillering stage. *Colloids Surf B Biointerfaces*, 47: 143–149.

- Sharma, M., Gupta, S.K., Majumder, B., Maurya, V.K., Deeba, F., Alamb, A., Pandey, V. (2017). Salicylic acid mediated growth, physiological and proteomic responses in two wheat varieties under drought stress. *Journal of Proteomics*, 163: 28–51. doi: 10.1016/j.jprot.2017.05.011.
- Sharma, P.K., Hall, D.O. (1992). Changes in carotenoid composition and photosynthesis in barley and sorghum J. *Plant Physiol.* 140: 661-666.
- Shinozaki, K., and Yamaguchi-Shinozaki, K. (1997). Gene expression and signal transduction in water-stress response. *Plant Physiology*, 115(2); 327.
- Shinozaki, K., and Yamaguchi-Shinozaki, K. (2000). Molecular responses to dehydration and low temperature: differences and cross-talk between two stress signaling pathways. *Current Opinion in Plant Biology*, 3(3); 217–223.
- Shubha, V., & Tyagi, A.K. (2007). Emerging trends in the functional genomics of the abiotic stress response in crop plants. *Plant Biotechnology Journal*, 5 (3): 361-380.
- Siddique, M.R.B., Hamid, A., Islam, M.S. (1999). Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. *Bot. Acad. Singapore*, 40: 141-145.
- Siefermann-Harms, D. (1987). The light-harvesting and protective functions of carotenoids in photosynthetic membranes. *Physiologia Plantarum* 69(3):561 - 568 .
- Simane, B., Peacock, J.M., Struik, P.C. (1993). Differences in developmental plasticity and growth rate among drought-resistant and susceptible cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*). *Plant Soil* 157:155–166. doi:10.1007/BF00011044
- Simane, B., Struik, P.C., Rabbinge, R. (1998). Growth and yield component analysis of durum wheat as an index of selection to terminal moisture stress. *Tropical Agriculture*, 75 (3): 363-368
- Sinha, S.K. (1987). Drought resistance in crop plants. Acritical physiological and biochemical assesments. *Proceed. of an Intern. Workshop*. 349-364 s. 27-31 October Capri, Italy.
- Smirnoff, N. (1993). The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist*, 125: 27-58.
- Smirnoff, N. and Cumbes, Q.J. (1989). Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. *Phytochemistry*, 28, 1057-1060.

- Southorn, P.A., Powis, G. (1988). Free radicals in medicine. I. Chemical nature and biologic reactions. *Mayo Clin Proc*, 63(4):381-9.
- Stadtman, E.R., Barlett, B.S. (1997). Free Radical-Mediated Modification of Proteins. In: Wallace KB, ed. *Free Radical Toxicology*. CRC Press Boca Raton, 71-87.
- Stefl, M., Trčka, I., Vrátný, P. (1978). Proline biosynthesis in winter plants due to exposure to low temperatures. *Biologia Plantarum*, 20(2), 119–128
- Stockinger, E. J., Gilmour, S. J., and Thomashow, M. F. (1997). *Arabidopsis thaliana* CBF1 encodes an AP2 domain-containing transcriptional activator that binds to the C-repeat/DRE, a cis-acting DNA regulatory element that stimulates transcription in response to low temperature and water deficit. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(3); 1035–1040.
- Stoilova, L.S., Vaseva, I., Grigorova, B., Demirevska, K., Feller, U. (2010). Proteolytic activity and cysteine protease expression in wheat leaves under severe soil drought and recovery. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48:200-206. DOI: 10.1016/j.plaphy.2009.11.003
- Suneja, Y., Gupta, A.K., Bains, N.S. (2017). Bread wheat progenitors: *Aegilops tauschii* (DD genome) and *Triticum dicoccoides* (AABB genome) reveal differential antioxidative response under water stress. *Physiol Mol Biol Plants*, 23(1):99–114 doi.org/10.1007/s12298-016-0409-4
- Taiz, L., and Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. Sunderland, MA, Sinauer Associates, Inc.
- Tanno, K., and Willcox, G. (2006). The origins of cultivation of *Cicer arietinum* L. and *Vicia faba* L.: early finds from north west Syria (Tell el-Kerkh, late 10th millennium BP). *Veg. Hist. Archaeobot.* 15:197-204.
- Tari, I., Camen, D., Coradini, G., Csiszar, J., Feiuc, E., Gêmes, K., Lazar, A., Madosa, E., Mihacea, S., Poor, P., Postelnicu, S., Staicu, M., Szepesi, A., Nedelea, A., & Erdei, L. (2008). Changes in chlorophyll fluorescence parameters and oxidative stress responses of bush bean genotypes for selecting contrasting acclimation strategies under water stress. *Acta Biologica Hungarica*, 59 (3): 335-345.
- Tatar, Ö. (2009). Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) sapa kalkma döneminde meydana gelen kuraklığın başak oluşumu ve bazı fizyolojik parametreler üzerine etkisi, s. 433-437. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi (19-22 Ekim 2009, Hatay) Bildirileri.

- Tavakol, E., Sardaro, M.L., Shariati, J.V., Rossini, L., Porceddu, E. (2014). Isolation, promoter analysis and expression profile of *Dreb2* in response to drought stress in wheat ancestors. *Gene*, 549(1):24-32. doi: 10.1016/j.gene.2014.07.020
- Telebi, R. (2011). Evaluation of chlorophyll content and canopy temperature as indicators for drought tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5, 1457-1462.
- Temple, M.D., Perrone, G.G., Dawes, I.W. (2005). Complex cellular responses to reactive oxygen species. *Trends Cell Biol*, 15: 319-26.
- Tesemma, T., Tsegaye, S., Belay, G., Bechere, E., Mitiku, D. (1998). Stability of performance of tetraploid wheat landraces in the Ethiopian highland. *Euphytica*, 102, (3), 301-308
- Thomashow, M.F. (1998). Role of Cold-Responsive Genes in Plant Freezing Tolerance. *Plant Physiology*, 118(1); 1–8.
- Thomashow, M.F. (1999). Plant Cold Acclimation: Freezing Tolerance Genes and Regulatory Mechanisms. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50; 571–599.
- Tyerman, S. D., Bohnert, H. J., Maurel, C., Steudle, E., and Smith, J. A. C. (1999). Plant aquaporins: their molecular biology, biophysics and significance for plant water relations. *Journal of Experimental Botany*, 50(Special); 1055–1071.
- URL-1. Milliyet Web Sitesi, 24/07/2017 tarihinde [http:// www.milliyet.com.tr](http://www.milliyet.com.tr) adresinden alınmıştır.
- URL-2. Sigmaaldrich Web Sitesi, 29/10/2017 tarihinde <https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/Sigmaaldrich/docs/Sigma/Datasheet/6/19160dat.pdf> adresinden alınmıştır.
- URL-3. Caymanchem Web Sitesi, 14/11/2017 tarihinde www.caymanchem.com/pdfs/703102.pdf adresinden alınmıştır.
- Ursini, F., Maiorino, M., Valente, M., Ferri, L., Gregolin, C. (1982). Purification from pig liver of a protein which protects liposomes and biomembranes from peroxidative degradation and exhibits glutathione peroxidase activity on phosphatidylcholine hydroperoxides. *Biochim Biophys Acta*, 710(2):197-211.
- Van Breusegem, F., Dat, J.F. (2006). Reactive oxygen species in plant cell death. *Plant Physiol*, 141: 384-90.
- Van Camp, W., Van Montagu, M., Inze, D. (1998). H₂O₂ and NO: Redox signals in disease resistance. *Trends Plant Sci*, 3: 330-4.

- Vassileva, V., Signarbieux, C., Anders, I., Feller, U. (2011). Genotypic variation in drought stress response and subsequent recovery of wheat (*Triticum aestivum* L.). *J Plant Res*, 124:147–154. doi: 10.1007/s10265-010-0340-7.
- Vavilov, N.I. (1987). *Origin and Geography of Cultivated Plants*. The University Press, Cambridge.
- Velthuizen, H., Huddleston, B., Fischer, G., Salvatore, M., Ataman, E., Nachtergaele, F.O., et al. (2007). Mapping biophysical factors that influence agricultural production and rural vulnerability. *Environment and Natural Resources Series No. 11*, Rome: FAO
- Viegi, L., Pieroni, A., Maria Guarrera, P., Vangelisti, R. (2003). A Review of Plants Used in Folk Veterinary Medicine in Italy as Basis for A Databank. *Journal of Ethnopharmacology*, 89: 221–244.
- Vierling, E. (1991). The Roles of Heat Shock Proteins in Plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 42(1); 579–620.
- Waines, J.G., Barnhart, D. (1992). Biosystematic research in *Aegilops* and *Triticum*. *Hereditas*, 116: 207-212.
- Wang, S.Y., Jiao, H., et al. (1991). “Changes in ascorbate, glutathione and related enzyme activities during thiodiazuron-induced bud break of apple.” *Plant Physiology* 82: 231-236.
- Wang, W., Vinocur, B., and Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218(1); 1–14.
- Wilkinson, S., Clephan, A. L., Davies, W. J. (2001). Rapid Low Temperature-Induced Stomatal Closure Occurs in Cold-Tolerant *Commelina communis* Leaves But Not in Cold-Sensitive Tobacco Leaves, via a Mechanism That Involves Apoplastic Calcium But Not Abscissic Acid. *Plant Physiology*, 126(4); 1566–1578.
- World Bank, (1993). Republic of Turkey: in-situ conservation of genetic diversity. Global Environment Coordination Division 11295-TU. World Bank, Washington, DC USA.
- Wu, G., Wei, Z.K., Shao, H.B. (2007). The mutual responses of higher plants to environment: Physiological and microbiological aspects. *Biointerfaces*, 59:113-9.
- Wyn-Jones, R.G. (1981). In: Johnson CB (ed) *Physiological processes limiting plant productivity*. Butterworths, London. pp. 271-292

- Xu, T., Gu, L., Choi, M.J., Kim, R.J., Suh, M.C., Kang, H. (2014). Comparative Functional Analysis of Wheat (*Triticum aestivum*) Zinc Finger-Containing Glycine-Rich RNA-Binding Proteins in Response to Abiotic Stresses. PLoS ONE 9(5): e96877 doi.org/10.1371/journal.pone.0096877
- Xu, Z.S., Ni, Z.Y., Liu, L., Nie, L.N., Li, L.C., Chen, M., Ma, Y.Z. (2008). Characterization of the TaAIDF a gene encoding a CRT/DRE-binding factor responsive to drought, high-salt, and cold stress in wheat. Mol Genet Genomics, 6:497–508.
- Xue, G.P., Sadat, S., Drenth, J., McIntyre, C.L. (2013). The heat shock factor family from *Triticum aestivum* in response to heat and other major abiotic stresses and their role in regulation of heat shock protein genes. J Exp Bot, 65(2):539-57. doi:10.1093/jxb/ert399
- Xue, G.P., Way, H.M., Richardson, T., Drenth, J., Joyce, P.A., McIntyre, C.L. (2011). Overexpression of TaNAC69 Leads to Enhanced Transcript Levels of Stress Up-Regulated Genes and Dehydration Tolerance in Bread Wheat. Mol Plant, 4: 697-712. doi: 10.1093/mp/ssr013
- Yavuz, M. (2010). Wheat Flour from Turkey. Export Promotion Center of Turkey. <http://www.economy.gov.tr/upload/sectoralreports/Wheat%20Flour.pdf>.
- Yerer, M.B., Aydoğan, S. (2000). Oksidatif stres ve antioksidanlar. Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 9(1), 49-53.
- Zanatta, A.C.A., Keser, M., Kilinc, N., Brush, S. B., and Qualset, C. O. (1996). Agronomic performance of wheat landraces from western Turkey: bases for in situ conservation practices by farmers. 5th International Wheat Conference, June 10-14, 1996, Ankara, Turkey
- Zanatta, A.C.A., Keser, M., Kilinc, N., Brush, S.B., and Qualset, C.O. (1998). Competitive Performance of wheat Landraces from Western Turkey: Basis for Locally Based Conservation of Genetic Resources, Proceedings of the 9th International Wheat Genetics Symposium, 2-7 August 1998, Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
- Zhang, H., Mao, X., Zhang, J., Chang, X., Jing, R. (2013). Single-nucleotide polymorphisms and association analysis of droughtresistance gene TaSnRK2.8 in common wheat. Plant Physiology and Biochemistry, 70: 174-181. doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.04.010
- Zhang, K., Jin, C., Wu, L., Hou, M., Dou, S., Pan, Y. (2014). Expression Analysis of a Stress-Related Phosphoinositide-Specific Phospholipase C Gene in Wheat

(*Triticum aestivum* L.). PLoS ONE 9(8): e105061. doi.org/10.1371/journal.pone.0105061

- Zhang, M., Lv, D., Ge, P., Bian, Y., Chen, G., Zhu, G., Li, X., Yan, Y. (2014). Phosphoproteome analysis reveals new drought response and defense mechanisms of seedling leaves in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). J Proteomics, 109:290-308. doi: 10.1016/j.jprot.2014.07.010
- Zhu, J.K. (2000). Genetic analysis of plant salt tolerance using Arabidopsis. Plant Physiol, 124: 941-8.
- Zhu, J. K. (2001a). Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, 6(2); 66–71.
- Zhu, J. K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review of Plant Biology, 53; 247-273.
- Zimmermann, S., Sentenac, H. (1999). Plant ion channels: from molecular structures to physiological functions. Current Opinion in Plant Biology, 2(6); 477–482.
- Ziska, L.H., Seemann, J.R., & DeJong, T.M. (1990). Salinity induced limitations on photosynthesis in *Prunus salinica*, a deciduous tree species. Plant Physiology, 93: 864-870.
- Zohary, D. (1969). The progenitors of wheat and barley in relation to domestication and agriculture dispersal in the old world. The Domestication and Exploitation of Plants and Animals, 47– 66.
- Zohary, D., and Hopf, M. (1988). Domestication of Plants in the Old World. Clarendon Press, Oxford, UK.
- Zohary, D., Hopf, M. (2000). Domestication of Plants in The Old World. 3rd edition, 316pp. Oxford University Press, New York.

EKLER

EK 1	UZUNLUK SİYEZ KÖK-YAPRAK
EK 2	UZUNLUK YÜREĞİR KÖK-YAPRAK
EK 3	UZUNLUK KIZILTAN KÖK-YAPRAK
EK 4	TAZE AĞIRLIK SİYEZ KÖK-YAPRAK
EK 5	TAZE AĞIRLIK YÜREĞİR KÖK-YAPRAK
EK 6	TAZE AĞIRLIK KIZILTAN KÖK-YAPRAK
EK 7	KURU AĞIRLIK SİYEZ KÖK-YAPRAK
EK 8	KURU AĞIRLIK YÜREĞİR KÖK-YAPRAK
EK 9	KURU AĞIRLIK KIZILTAN KÖK-YAPRAK
EK 10	MEMBRAN GEÇİRGENLİĞİ SİYEZ KÖK-YAPRAK
EK 11	MEMBRAN GEÇİRGENLİĞİ YÜREĞİR KÖK-YAPRAK
EK 12	MEMBRAN GEÇİRGENLİĞİ KIZILTAN KÖK-YAPRAK
EK 13	LİPİT PEROKSİDASYON SİYEZ KÖK-YAPRAK
EK 14	LİPİT PEROKSİDASYON YÜREĞİR KÖK-YAPRAK
EK 15	LİPİT PEROKSİDASYON KIZILTAN KÖK-YAPRAK
EK 16	HİDROJEN PEROKSİT SİYEZ KÖK-YAPRAK
EK 17	HİDROJEN PEROKSİT YÜREĞİR KÖK-YAPRAK
EK 18	HİDROJEN PEROKSİT KIZILTAN KÖK-YAPRAK
EK 19	ASKORBİK ASİT SİYEZ KÖK-YAPRAK
EK 20	ASKORBİK ASİT YÜREĞİR KÖK-YAPRAK
EK 21	ASKORBİK ASİT KIZILTAN KÖK-YAPRAK
EK 22	PROLİN SİYEZ KÖK-YAPRAK
EK 23	PROLİN YÜREĞİR KÖK-YAPRAK
EK 24	PROLİN KIZILTAN KÖK-YAPRAK
EK 25	CAT SİYEZ KÖK-YAPRAK
EK 26	CAT YÜREĞİR KÖK-YAPRAK
EK 27	CAT KIZILTAN KÖK-YAPRAK
EK 28	APX SİYEZ KÖK-YAPRAK
EK 29	APX YÜREĞİR KÖK-YAPRAK
EK 30	APX KIZILTAN KÖK-YAPRAK
EK 31	SOD SİYEZ KÖK-YAPRAK
EK 32	SOD YÜREĞİR KÖK-YAPRAK

EK 33	SOD KIZILTAN KÖK
EK 34	GPX SİYEZ KÖK
EK 35	GPX YÜREĞİR KÖK
EK 36	GPX KIZILTAN KÖK



EK 1 Uzunluk Siyez kök

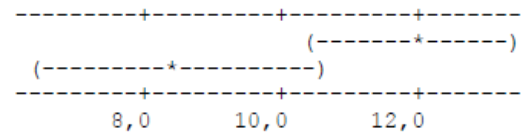
One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	155,1	155,1	6,93	0,011
Error	59	1321,2	22,4		
Total	60	1476,3			

Level	N	Mean	StDev
C1	42	11,917	4,679
C2	19	8,474	4,852
Pooled StDev =		4,732	

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



Ek 1 Uzunluk Siyez yaprak

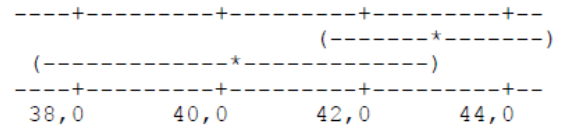
One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	115,1	115,1	3,11	0,082
Error	70	2587,9	37,0		
Total	71	2703,0			

Level	N	Mean	StDev
C1	53	43,000	5,700
C2	19	40,132	7,065
Pooled StDev =		6,080	

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 2 Uzunluk Yüreğir kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance				
Source	DF	SS	MS	F
Factor	1	2363	2363	11,57
Error	18	3675	204	
Total	19	6038		

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	8	16,14	4,41	(-----*-----)
C2	12	38,32	17,94	(-----*-----)
Pooled StDev = 14,29				12 24 36 48

EK 2 Uzunluk Yüreğir yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance				
Source	DF	SS	MS	F
Factor	1	68,3	68,3	4,05
Error	15	253,4	16,9	
Total	16	321,7		

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	6	45,750	4,576	(-----*-----)
C2	11	41,555	3,856	(-----*-----)
Pooled StDev = 4,110				39,0 42,0 45,0 48,0

EK 3 Uzunluk Kızıltan kök

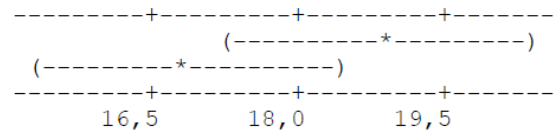
One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	124,0	124,0	3,08	0,082
Error	122	4906,8	40,2		
Total	123	5030,8			

Level	N	Mean	StDev
C1	62	18,839	6,757
C2	62	16,839	5,897
Pooled StDev =		6,342	

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev



EK 3 Uzunluk Kızıltan yaprak

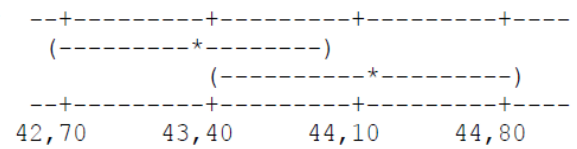
One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	23,08	23,08	2,82	0,096
Error	128	1047,76	8,19		
Total	129	1070,85			

Level	N	Mean	StDev
C1	68	43,301	2,659
C2	62	44,145	3,068
Pooled StDev =		2,861	

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev



EK 4 Taze ağırlık Siyez yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,1728	0,1728	4,17	0,050
Error	31	1,2858	0,0415		
Total	32	1,4586			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
C1	9	0,4489	0,1616	(-----*-----)
C2	24	0,2864	0,2164	(-----*-----)

Pooled StDev = 0,2037				
	0,24	0,36	0,48	0,60
	-----+-----+-----+-----+-----			

EK 5 Taze ağırlık Yüreğir kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

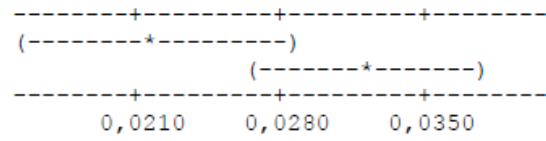
Source	DF	SS	MS
Factor	1	0,0003086	0,0003086
Error	10	0,0004294	0,0000429
Total	11	0,0007380	

F 7,19
P 0,023

Level	N	Mean	StDev
C1	5	0,022000	0,004301
C2	7	0,032286	0,007697

Pooled StDev = 0,006553

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 5 Taze ağırlık Yüreğir yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

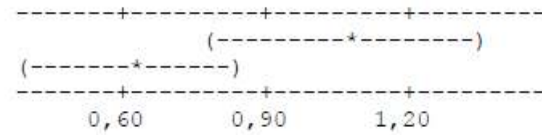
Source	DF	SS	MS
Factor	1	0,973	0,973
Error	18	2,586	0,144
Total	19	3,559	

F 6,77
P 0,018

Level	N	Mean	StDev
C1	8	1,0751	0,5541
C2	12	0,6249	0,1994

Pooled StDev = 0,3790

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 6 Taze ağırlık Kızıltan kök

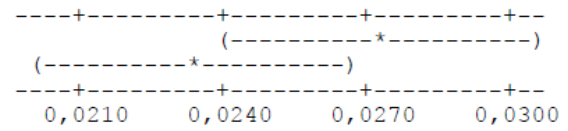
One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,000421	0,000421	2,87	0,093
Error	102	0,014933	0,000146		
Total	103	0,015354			

Level	N	Mean	StDev
C1	51	0,02737	0,01184
C2	53	0,02335	0,01235
Pooled StDev = 0,01210			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 6 Taze ağırlık Kızıltan yaprak

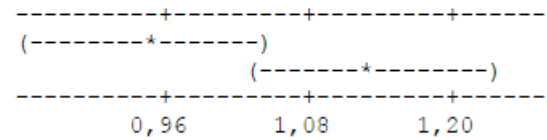
One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,949	0,949	6,42	0,013
Error	105	15,509	0,148		
Total	106	16,458			

Level	N	Mean	StDev
C1	54	0,9454	0,3347
C2	53	1,1337	0,4290
Pooled StDev = 0,3843			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 7 Kuru ağırlık Siyez kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,0001195	0,0001195	6,13	0,027
Error	14	0,0002730	0,0000195		
Total	15	0,0003924			

Level	N	Mean	StDev
C1	7	0,009286	0,006130
C2	9	0,003778	0,002438

Pooled StDev = 0,004416

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

-----+-----+-----
(-----*-----)
(-----*-----)
-----+-----+-----
0,0035 0,0070 0,0105

EK 7 Kuru ağırlık Siyez yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,03234	0,03234	6,90	0,021
Error	13	0,06094	0,00469		
Total	14	0,09327			

Level	N	Mean	StDev
C1	6	0,14733	0,10058
C2	9	0,05256	0,03597

Pooled StDev = 0,06846

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

-----+-----+-----
(-----*-----)
(-----*-----)
-----+-----+-----
0,060 0,120 0,180

EK 8 Kuru ağırlık Yüreğir kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,0000252	0,0000252	3,15	0,096
Error	15	0,0001197	0,0000080		
Total	16	0,0001448			

Level	N	Mean	StDev
C1	7	0,013271	0,003043
C2	10	0,010800	0,002669

Pooled StDev = 0,002825

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

0,0100 0,0120 0,0140 0,0160

EK 8 Kuru ağırlık Yüreğir yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,000352	0,000352	3,46	0,084
Error	14	0,001421	0,000102		
Total	15	0,001773			

Level	N	Mean	StDev
C1	8	0,03990	0,00982
C2	8	0,03052	0,01033

Pooled StDev = 0,01008

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

0,0280 0,0350 0,0420

EK 9 Kuru ağırlık Kızıltan kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,003705	0,003705	5,66	0,037
Error	11	0,007203	0,000655		
Total	12	0,010908			

Individual 95% CIs For Mean

Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	3	0,05367	0,05832	(-----*-----)
C2	10	0,01360	0,00667	(-----*-----)
Pooled StDev = 0,02559				0,000 0,025 0,050 0,075

EK 9 Kuru ağırlık Kızıltan yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,00498	0,00498	3,19	0,096
Error	14	0,02188	0,00156		
Total	15	0,02686			

Individual 95% CIs For Mean

Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	8	0,16313	0,02344	(-----*-----)
C2	8	0,12783	0,05075	(-----*-----)
Pooled StDev = 0,03953				0,120 0,150 0,180

EK 10 Membran geçirgenliği Siyez kk

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	295,9	295,9	11,51	0,012
Error	7	180,0	25,7		
Total	8	475,9			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	4	65,937	6,765	(-----*-----)
C2	5	77,476	3,267	(-----*-----)
Pooled StDev = 5,070				63,0 70,0 77,0 84,0

EK 10 Membran geçirgenliği Siyez yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	2478	2478	5,35	0,043
Error	10	4631	463		
Total	11	7109			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	6	27,00	26,11	(-----*-----)
C2	6	55,74	15,63	(-----*-----)
Pooled StDev = 21,52				20 40 60

EK 11 Membran geçirgenliği Yüreğir kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	21039	21039	6,20	0,026
Error	14	47515	3394		
Total	15	68554			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	8	62,00	43,65	(-----*-----)
C2	8	134,52	69,87	(-----*-----)
Pooled StDev = 58,26				-----+-----+-----+-----
				50 100 150

EK 11 Membran geçirgenliği Yüreğir yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	5555	5555	5,78	0,027
Error	18	17296	961		
Total	19	22851			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	14	39,25	13,51	(-----*-----)
C2	6	75,61	54,63	(-----*-----)
Pooled StDev = 31,00				-----+-----+-----+-----
				25 50 75 100

EK 12 Membran geçirgenliği Kızıltan kk

One-way ANOVA: C1; C2

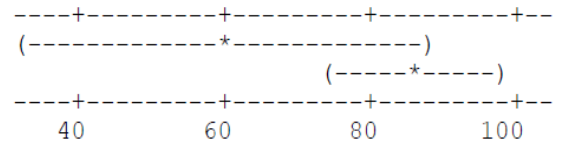
Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	1684	1684	3,25	0,088
Error	18	9330	518		
Total	19	11014			

Level	N	Mean	StDev
C1	3	59,74	44,27
C2	17	85,44	18,39

Pooled StDev = 22,77

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev



EK 12 Membran geçirgenliği Kızıltan yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

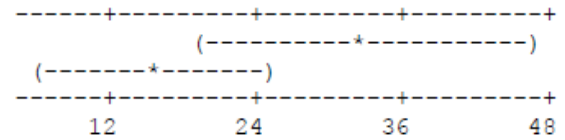
Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	589,3	589,3	6,03	0,044
Error	7	684,1	97,7		
Total	8	1273,5			

Level	N	Mean	StDev
C1	3	32,696	17,447
C2	6	15,530	3,882

Pooled StDev = 9,886

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev



EK 13 Lipit peroksidasyon Siyez kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,0000418	0,0000418	9,57	0,021
Error	6	0,0000262	0,0000044		
Total	7	0,0000680			

Level	N	Mean	StDev
C1	3	0,018762	0,000610
C2	5	0,023484	0,002524

Pooled StDev = 0,002090

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

-----+-----+-----+-----
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----
 0,0180 0,0210 0,0240

EK 13 Lipit peroksidasyon Siyez yaprak

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,02713	0,02713	7,60	0,022
Error	9	0,03213	0,00357		
Total	10	0,05926			

Level	N	Mean	StDev
C1	6	0,19785	0,04095
C3	5	0,29759	0,07705

Pooled StDev = 0,05975

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

-----+-----+-----+-----
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----
 0,180 0,240 0,300

EK 14 Lipit peroksidasyon Yüreğir yaprak

Analysis of Variance

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Analysis of Variance

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

EK 15 Lipit peroksidasyon Kızıltan kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,0000222	0,0000222	5,41	0,068
Error	5	0,0000206	0,0000041		
Total	6	0,0000428			

Level	N	Mean	StDev
C1	4	0,021342	0,000323
C2	3	0,024944	0,003183

Pooled StDev = 0,002028

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

0,0200 0,0225 0,0250 0,0275

EK 15 Lipit peroksidasyon Kızıltan yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,027044	0,027044	125,87	0,000
Error	10	0,002149	0,000215		
Total	11	0,029193			

Level	N	Mean	StDev
C1	6	0,14677	0,01796
C2	6	0,24172	0,01035

Pooled StDev = 0,01466

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

0,140 0,175 0,210 0,245

EK 16 Hidrojen peroksit Siyez kök

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	36447826	36447826	9,75	0,021
Error	6	22422249	3737041		
Total	7	58870074			

Level	N	Mean	StDev
C1	4	1508	1488
C3	4	5777	2294

Pooled StDev = 1933

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

EK 16 Hidrojen peroksit Siyez yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	42994610	42994610	13,55	0,014
Error	5	15867644	3173529		
Total	6	58862254			

Level	N	Mean	StDev
C1	3	769	205
C2	4	5777	2294

Pooled StDev = 1781

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

EK 17 Hidrojen peroksit Yüreğir kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	11443099	11443099	4,49	0,050
Error	16	40810725	2550670		
Total	17	52253824			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	12	1717	1083	(-----*-----)
C2	6	3409	2363	(-----*-----)
Pooled StDev = 1597				1200 2400 3600 4800

EK 17 Hidrojen peroksit Yüreğir yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	18313981	18313981	31,07	0,000
Error	37	21808649	589423		
Total	38	40122630			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	35	877,8	780,2	(--*--)
C2	4	3136,5	608,8	(-----*-----)
Pooled StDev = 767,7				1000 2000 3000 4000

EK 18 Hidrojen peroksit Kızıltan kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	11181011	11181011	5,92	0,024
Error	20	37771082	1888554		
Total	21	48952093			

Level	N	Mean	StDev
C1	14	2759	1623
C2	8	1277	712

Pooled StDev = 1374

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

-----+-----+-----+-----
(-----*-----)
(-----*-----)
-----+-----+-----+-----
1000 2000 3000

EK 18 Hidrojen peroksit Kızıltan yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	2103029	2103029	9,52	0,004
Error	36	7948651	220796		
Total	37	10051680			

Level	N	Mean	StDev
C1	12	543,5	169,2
C2	26	1049,6	552,6

Pooled StDev = 469,9

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

--+-----+-----+-----+-----
(-----*-----)
(-----*-----)
--+-----+-----+-----+-----
300 600 900 1200

EK 19 Askorbik asit Siyez kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	174727	174727	41,65	0,000
Error	17	71316	4195		
Total	18	246043			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	9	36,59	9,35	(-----*-----)
C2	10	228,65	88,58	(-----*-----)

Pooled StDev = 64,77

0 80 160 240

EK 19 Askorbik asit Siyez yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	2021	2021	17,25	0,014
Error	4	468	117		
Total	5	2489			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	3	92,12	8,67	(-----*-----)
C2	3	128,82	12,61	(-----*-----)

Pooled StDev = 10,82

80 100 120 140

EK 20 Askorbik asit Yüreğir kök

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	94684	94684	6,22	0,047
Error	6	91268	15211		
Total	7	185953			

Level	N	Mean	StDev
C1	3	173,9	13,5
C3	5	398,7	150,8

Pooled StDev = 123,3

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

0 150 300 450

EK 20 Askorbik asit Yüreğir yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	51355	51355	66,21	0,000
Error	12	9308	776		
Total	13	60663			

Level	N	Mean	StDev
C1	5	140,98	29,57
C2	9	267,38	26,95

Pooled StDev = 27,85

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

150 200 250

EK 21 Askorbik asit Kızıltan kök

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	59790	59790	16,56	0,004
Error	8	28886	3611		
Total	9	88676			

Level	N	Mean	StDev
C1	3	151,85	21,91
C3	7	320,58	68,22

Pooled StDev = 60,09

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

100 200 300 400

EK 21 Askorbik asit Kızıltan yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	243,2	243,2	5,34	0,069
Error	5	227,8	45,6		
Total	6	471,1			

Level	N	Mean	StDev
C1	3	144,03	5,42
C2	4	155,94	7,51

Pooled StDev = 6,75

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

140 150 160 170

EK 22 Prolin Siyez kök

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	8,027	8,027	30,29	0,001
Error	8	2,120	0,265		
Total	9	10,147			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	5	1,0634	0,3679	(-----*-----)
C3	5	2,8553	0,6282	(-----*-----)
Pooled StDev = 0,5148				0,80 1,60 2,40 3,20

EK 22 Prolin Siyez yaprak

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	1,4442	1,4442	17,01	0,009
Error	5	0,4245	0,0849		
Total	6	1,8687			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	4	1,4657	0,3223	(-----*-----)
C3	3	2,3836	0,2376	(-----*-----)
Pooled StDev = 0,2914				1,50 2,00 2,50

EK 23 Prolin Yüreğir kök

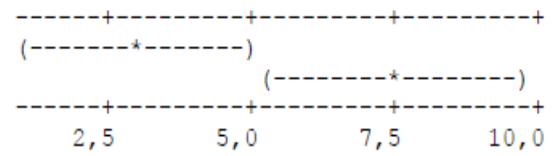
One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	128,2	128,2	9,48	0,005
Error	24	324,7	13,5		
Total	25	452,9			

Level	N	Mean	StDev
C1	15	3,000	0,997
C2	11	7,496	5,574
Pooled StDev =		3,678	

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 23 Prolin Yüreğir yaprak

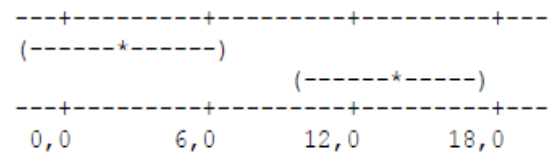
One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	1807	1807	14,80	0,000
Error	57	6961	122		
Total	58	8768			

Level	N	Mean	StDev
C1	29	2,59	1,32
C3	30	13,66	15,44
Pooled StDev =		11,05	

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 24 Prolin Kızıltan kök

One-way ANOVA: C1; C2

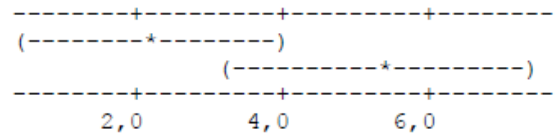
Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	54,1	54,1	5,37	0,031
Error	21	211,5	10,1		
Total	22	265,6			

Level	N	Mean	StDev
C1	13	2,243	1,829
C2	10	5,337	4,363

Pooled StDev = 3,174

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 24 Prolin Kızıltan yaprak

One-way ANOVA: C1; C3

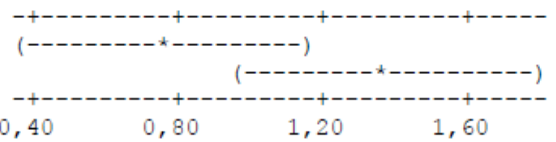
Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	2,284	2,284	4,74	0,040
Error	23	11,080	0,482		
Total	24	13,364			

Level	N	Mean	StDev
C1	13	0,7637	0,5437
C3	12	1,3687	0,8275

Pooled StDev = 0,6941

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 25 CAT Siyez kök

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,01216	0,01216	6,02	0,034
Error	10	0,02020	0,00202		
Total	11	0,03236			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	6	0,11204	0,06325	(-----*-----)
C3	6	0,04837	0,00632	(-----*-----)
Pooled StDev = 0,04494				0,040 0,080 0,120

EK 25 CAT Siyez yaprak

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,0009202	0,0009202	12,87	0,023
Error	4	0,0002860	0,0000715		
Total	5	0,0012062			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	3	0,021896	0,010000	(-----*-----)
C3	3	0,046664	0,006556	(-----*-----)
Pooled StDev = 0,008455				0,015 0,030 0,045 0,060

EK 26 CAT Yüreğir yaprak

Analysis of Variance

Level	N	Mean	StDev
C1	3	0,0524	0,0110
C2	3	0,3412	0,1565
Pooled StDev =		0,1109	

One-way ANOVA: C1; C2

Level	N	Mean	StDev
C1	5	0,022620	0,007071
C2	5	0,035338	0,007071

Pooled StDev = 0,007071

EK 27 CAT Kızıltan kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,006342	0,006342	10,55	0,031
Error	4	0,002404	0,000601		
Total	5	0,008746			

Level	N	Mean	StDev
C1	3	0,12910	0,02974
C2	3	0,06407	0,01782

Pooled StDev = 0,02451

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
(-----*-----)
(-----*-----)
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
0,040 0,080 0,120 0,160

EK 27 CAT Kızıltan yaprak

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,002849	0,002849	28,49	0,006
Error	4	0,000400	0,000100		
Total	5	0,003249			

Level	N	Mean	StDev
C1	3	0,01370	0,01000
C3	3	0,05728	0,01000

Pooled StDev = 0,01000

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
(-----*-----)
(-----*-----)
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
0,000 0,025 0,050 0,075

EK 28 APX Siyez kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,001444	0,001444	5,42	0,080
Error	4	0,001067	0,000267		
Total	5	0,002511			

Level	N	Mean	StDev
C1	3	0,19015	0,02000
C2	3	0,22118	0,01155

Pooled StDev = 0,01633

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

0,175 0,200 0,225 0,250

EK 28 APX Siyez yaprak

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,1332	0,1332	13,32	0,022
Error	4	0,0400	0,0100		
Total	5	0,1732			

Level	N	Mean	StDev
C1	3	0,5424	0,1000
C3	3	0,2444	0,1000

Pooled StDev = 0,1000

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

0,20 0,40 0,60 0,80

EK 29 APX Yüreğir kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,05350	0,05350	8,86	0,041
Error	4	0,02416	0,00604		
Total	5	0,07766			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	3	0,44028	0,04562	(-----+-----+-----+-----)
C2	3	0,25143	0,10000	(-----*-----)
Pooled StDev = 0,07772				0,24 0,36 0,48

EK 29 APX Yüreğir yaprak

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,04555	0,04555	6,83	0,040
Error	6	0,04000	0,00667		
Total	7	0,08555			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	4	0,36071	0,08165	(-----+-----+-----+-----)
C3	4	0,20981	0,08165	(-----*-----)
Pooled StDev = 0,08165				0,20 0,30 0,40

EK 30 APX Kızıltan kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,04499	0,04499	6,75	0,041
Error	6	0,04000	0,00667		
Total	7	0,08499			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	4	0,28229	0,08165	-----+-----+-----+----- (-----*-----)
C2	4	0,13231	0,08165	(-----*-----) -----+-----+-----+-----
Pooled StDev = 0,08165				0,10 0,20 0,30

EK 30 APX Kızıltan yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,005313	0,005313	20,56	0,011
Error	4	0,001034	0,000258		
Total	5	0,006347			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	3	0,22365	0,02042	+-----+-----+-----+----- (-----*-----)
C2	3	0,16413	0,01000	(-----*-----) +-----+-----+-----+-----
Pooled StDev = 0,01608				0,140 0,175 0,210 0,245

EK 31 SOD Siyez kök

One-way ANOVA: C1; C2

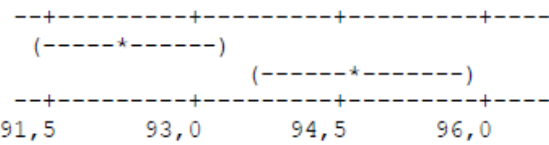
Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	54,11	54,11	9,83	0,003
Error	38	209,22	5,51		
Total	39	263,32			

Level	N	Mean	StDev
C1	22	92,318	1,876
C2	18	94,656	2,821

Pooled StDev = 2,346

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 31 SOD Siyez yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

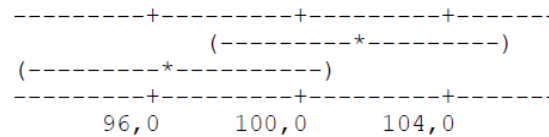
Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	38,86	38,86	5,98	0,071
Error	4	26,00	6,50		
Total	5	64,86			

Level	N	Mean	StDev
C1	3	101,69	3,00
C2	3	96,60	2,00

Pooled StDev = 2,55

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 32 SOD Yüreğir kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	188,2	188,2	12,82	0,001
Error	40	587,2	14,7		
Total	41	775,4			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----	
C1	21	89,903	4,760	(-----*-----)	
C2	21	94,137	2,589		(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----	
Pooled StDev =		3,832		90,0	92,5 95,0

EK 32 SOD Yüreğir yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	444,4	444,4	11,96	0,026
Error	4	148,7	37,2		
Total	5	593,1			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev		
C1	3	108,41	2,00	-----*-----	
C2	3	125,62	8,39	-----*-----	
Pooled StDev = 6,10				100	110 120 130

EK 33 SOD Kızıltan kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	21,09	21,09	21,09	0,010
Error	4	4,00	1,00		
Total	5	25,09			

Individual 95% CIs For Mean

Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	3	93,060	1,000	(-----*-----)
C2	3	96,810	1,000	(-----*-----)
Pooled StDev = 1,000				92,0 94,0 96,0 98,0

EK 33 SOD Kızıltan yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	7,75	7,75	4,65	0,097
Error	4	6,67	1,67		
Total	5	14,42			

Individual 95% CIs For Mean

Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C1	3	101,82	1,00	(-----*-----)
C2	3	99,55	1,53	(-----*-----)
Pooled StDev = 1,29				98,0 100,0 102,0 104,0

EK 34 GPX Siyez kök

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance

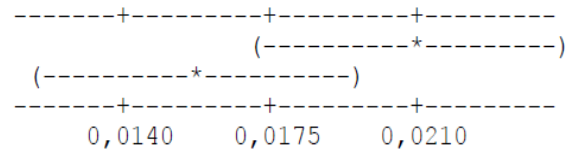
Source	DF	SS	MS
Factor	1	0,0000398	0,0000398
Error	4	0,0000227	0,0000057
Total	5	0,0000624	

F 7,02
P 0,057

Level	N	Mean	StDev
C1	3	0,020826	0,001528
C2	3	0,015677	0,003000

Individual 95% CIs For Mean

Based on Pooled StDev



Pooled StDev = 0,002380

EK 34 GPX Siyez yaprak

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance

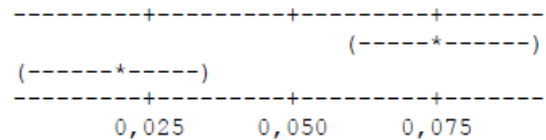
Source	DF	SS	MS
Factor	1	0,004692	0,004692
Error	4	0,000400	0,000100
Total	5	0,005092	

F 46,92
P 0,002

Level	N	Mean	StDev
C1	3	0,07545	0,01000
C3	3	0,01953	0,01000

Individual 95% CIs For Mean

Based on Pooled StDev



Pooled StDev = 0,01000

EK 35 GPX Yüreğir kök

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance

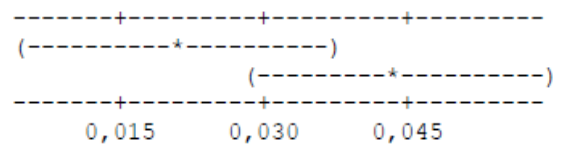
Source	DF	SS	MS
Factor	1	0,000806	0,000806
Error	4	0,000400	0,000100
Total	5	0,001206	

F 8,06
P 0,047

Level	N	Mean	StDev
C1	3	0,02105	0,01000
C3	3	0,04422	0,01000

Pooled StDev = 0,01000

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 35 GPX Yüreğir yaprak

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance

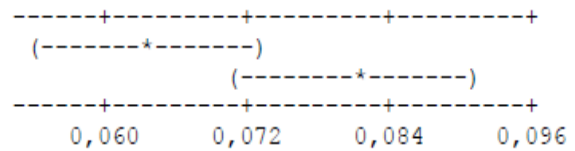
Source	DF	SS	MS
Factor	1	0,0006083	0,0006083
Error	6	0,0004000	0,0000667
Total	7	0,0010083	

F 9,12
P 0,023

Level	N	Mean	StDev
C1	4	0,063807	0,008165
C3	4	0,081247	0,008165

Pooled StDev = 0,008165

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



EK 36 GPX Kızıltan kök

One-way ANOVA: C1; C3

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,0002010	0,0002010	5,97	0,050
Error	6	0,0002020	0,0000337		
Total	7	0,0004030			

Level	N	Mean	StDev
C1	4	0,006216	0,000816
C3	4	0,016242	0,008165

Pooled StDev = 0,005802

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

-----+-----+-----+-----
(-----*-----)
(-----*-----)
-----+-----+-----+-----

0,0000 0,0070 0,0140 0,0210

EK 36 GPX Kızıltan yaprak

One-way ANOVA: C1; C2

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,0003945	0,0003945	11,72	0,014
Error	6	0,0002020	0,0000337		
Total	7	0,0005965			

Level	N	Mean	StDev
C1	4	0,006409	0,000816
C2	4	0,020454	0,008165

Pooled StDev = 0,005802

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

-----+-----+-----+-----
(-----*-----)
(-----*-----)
-----+-----+-----+-----

0,0000 0,0080 0,0160 0,0240

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fadime ÇETİN
Doğum Yeri ve Yılı: Salihli/MANİSA-1991
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : fadime_cetin_05@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Salihli Sekine Evren Anadolu Lisesi
Lisans : Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Biyomühendislik Bölümü
Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi, Genetik ve Biyomühendislik

Yayınları

- Baloglu MC, Unel NM, Karaca Y, Cetin F. (2016) Genome-wide Characterization of Basic leucine zipper (bZIP) Transcription Factors in Melon. 5th International Molecular Biology and Biotechnology Congress, Üsküp, Makedonya.
- Çetin F, Aygün A, Kayhan M, Celik Altunoglu Y, Baloglu MC. (2017). Determination and Characterization of Hsp40 Genes in Cucumis melo. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF 2017 Cappadocia / Turkey)
- Çetin F, Unel NM, Baloglu MC. (2017) Türk Buğday Çeşitlerinde Kuraklık Stresi Altında Biyokimyasal Parametrelerin İncelenmesi. 19. Uluslararası Katılımlı Ulusal Biyoteknoloji Kongresi, Eskişehir.