



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.) FİDELERİ ÜZERİNE KADMIYUM VE
TUZ ETKİLEŞİMLERİNİN GEN İFADESİ VE ANTIOKSİDANT
ENZİMLER ÜZERİNE ETKİLERİ**

HÜSEYİN DOĞRU

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
TEMMUZ-2019**



T.C.

HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.) FİDELERİ ÜZERİNE KADMIYUM VE
TUZ ETKİLEŞİMLERİNİN GEN İFADESİ VE ANTİOKSİDANT
ENZİMLER ÜZERİNE ETKİLERİ**

HÜSEYİN DOĞRU

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
TEMMUZ-2019

19/07/2019

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

İmza:
HÜSEYİN DOĞRU

ÖZET

BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.) FİDELERİ ÜZERİNE KADMIYUM VE TUZ ETKİLEŞİMLERİNİN GEN İFADESİ VE ANTİOKSİDANT ENZİMLER ÜZERİNE ETKİLERİ

Bu çalışmada, buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) fidelerinde kadmiyum (Cd) ve tuz (NaCl) etkileşimleri incelenmiştir. Buğday fidelerinin sürgün boyu ve kuru ağırlığı, kök boyu ve kuru ağırlığı, klorofil a (kla), klorofil b (klb), toplam klorofil (kl a+b) ve klorofil a/b (kl a/b) miktarları, katalaz (CAT) ve glutatyon redüktaz (GR) antioksidant enzim aktiviteleri, prolin birikimi ve abiyotik streslerin etkileşimlerinde çalışan TaMYB73, TaSRG ve TaERF1 genlerinin ifadesi belirlenmiştir.

Kadmiyum ve tuz uygulamaları yapılan bu çalışmada kök ve sürgün büyümeleri olumsuz etkilenmiştir. Klorofil değerleri uygulanan tuz ve Cd miktarlarına orantılı olarak azaldığı belirlenmiştir. Çalışmada incelenilen antioksidan enzimlerin (CAT, GR) her iki buğday çeşidinde de arttığı tespit edilmiştir. Prolin aminoasidinin araştırıldığı uygulamada tuz ve Cd konsantrasyonlarına bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada kullandığımız Dağdaş-94 çeşidi buğday fidelerinin gerek tuz, gerek tuz + kadmiyum uygulamalarında Konya-2002 çeşidi fidelere göre daha dayanıklı olduğu düşünülebilir. Çalışmamızda, her iki çeşitte de yapılan uygulamalarda TaMYB73 ifadesi artış göstermemiştir. Gen ifadelerinde en fazla artış Dağdaş-94 çeşidinde olmuştur. Dağdaş-94 çeşidinde yüksek konsantrasyonda NaCl ve Cd uygulamasının ERF1 ifadesini önemli derecede arttırmasının ilgili çeşitte NaCl ve Cd cevabını düzenleyen genlerle ilgili olabileceğini düşünmekteyiz. Düşük doz NaCl uygulanan Dağdaş-94 çeşidi fidelerinde TaSRG ifadesindeki artış, tuza tolerans ile ilişkili olabilir. Konya-2002 fidelerinde Cd uygulaması ile TaSRG ifadesindeki artış Cd stresine dayanıklılık ile ilgili genlerle ilişkili olabilir.

2019, 36 Sayfa

Anahtar kelimeler: Buğday, katalaz, glutatyon redüktaz enzim, prolin, realtime PCR, TaMYB73, TaSRG, TaERF1

ABSTRACT

THE EFFECTS OF CADMIUM AND SALT INTERACTIONS ON WHEAT (*Triticum aestivum* L.) SEEDLINGS ON GENE EXPRESSION AND ANTIOXIDANT ENZYMES

In this study, cadmium (Cd) and salt (NaCl) interactions were investigated in wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) seedlings. Wheat seedling shoot length and dry weight, root length and dry weight, chlorophyll a (kla), chlorophyll b (klb), total chlorophyll (kl a + b) and chlorophyll a/b amounts, catalase (CAT) and glutathione reductase (GR) antioxidant enzyme activities, The amount of proline and expression of TaMYB73, TaSRG and TaERF1 genes working in interactions of these abiotic stresses were determined.

In this study, cadmium and salt applications were negatively affected by root and shoot growth. It was determined that chlorophyll values decreased proportionally to the amount of salt and Cd applied. Antioxidant enzymes (CAT, GR) were found to increase in both wheat varieties. It has been observed that the proline amino acid increases depending on the salt and Cd concentrations in the application.

In this study, it can be thought that wheat seedlings of Dağdaş-94 variety that we use are more resistant than Konya-2002 type seedlings in both salt and cadmium applications. In our study, TaMYB73 expression did not increase in both types of applications. The highest increase in gene expression was in Dağdaş cultivar. We think that high concentrations of NaCl and Cd in the Dağdaş cultivar significantly increase ERF1 expression may be related to the genes regulating NaCl and Cd response in the related variety. Increased TaSRG expression in Dağdaş seedlings with low dose NaCl may be related to salt tolerance. Increased TaSRG expression with Cd application in Konya seedlings may be related to genes related to resistance to Cd stress.

2019, 36 Pages

Key words: Wheat, catalase, glutathione reductase enzyme, proline, realtime PCR TaMYB73, TaSRG ve TaERF1

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde bana araştırma olanağı sağlayan ve çalışmanın her aşamasında maddi ve manevi her türlü desteğiyle beni yönlendiren, kıymetli danışman hocam, Sayın Doç. Dr. Nuray ERGÜN'e teşekkürlerimi sunarım. Bölüm içinde ve bu çalışmamda bana daima destek veren Biyoloji Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Birgül ÖZCAN'ı teşekkür ederim. Çalışmamızda ihtiyaç duyduğumuz cihazlar için laboratuvarını bize açan Sayın Prof. Dr. Deniz YILDIZ'a, çalışmamızın yazımında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Yaşar ERGÜN'e teşekkür ederim. Moleküler analizlerimin yapılmasında yardım aldığımız Sayın Dr. Mustafa KOLUKIRIK ve Uzman Biyolog Canan KETRE KOLUKIRIK'a, istatistiksel analizler ve deneyler sırasında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Aziz GÜL'e, her zaman yanımda olan ve yardım eden Sayın Dr. Öğr. Üy. Hasan YILDIZ'a, Fen Bilimleri Enstitüsü öğrenci işleri biriminden Sayın Kenan BAŞÇEKEN'e, laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan sevgili yüksek lisans arkadaşlarım Fatma YÜRÜK, Mehmet DEMİR ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Işıl ERGÜN'e teşekkürü bir borç bilirim. Bu çalışmanın gen analizleri için hizmet alımı, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi BAP biriminden desteklenmiştir.

Tüm hayatım ve öğrenimim boyunca maddi ve manevi her zaman yanımda olan, bugünlere gelmemi sağlayan annem Münire DOĞRU, babam Nurettin DOĞRU'ya, sevgili eşim Sevim DOĞRU, biricik çocuklarım Yasemin ve Mustafa'ya; sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|-----|
| ÖZET..... | I |
| ABSTRACT..... | II |
| TEŞEKKÜR..... | III |
| İÇİNDEKİLER..... | IV |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | VI |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | VII |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ..... | IX |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR..... | 4 |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEMLER..... | 12 |
| 3.1. Materyal..... | 12 |
| 3.2. Yöntemler..... | 12 |
| 3.2.1. Bitki Yetiştirme Koşulları..... | 12 |
| 3.2.2. Bitki Büyüme Ölçümleri..... | 13 |
| 3.2.3. Kuru Madde Tayini..... | 14 |
| 3.2.4. Pigment Analizi..... | 14 |
| 3.2.5. Enzim analizleri..... | 14 |
| 3.2.5.1 Glutasyon Redüktaz (GR) Analizi..... | 14 |
| 3.2.5.2 Katalaz (CAT) Analizi..... | 15 |
| 3.2.6. Serbest Prolin Analizi..... | 15 |
| 3.3. Gen İfadelerinin Tespiti..... | 15 |
| 3.3.1 RT-PCR hazırlık aşamaları..... | 15 |
| 3.3.2 RNA İzolasyonu..... | 16 |
| 3.3.3 Ters Transkripsiyon..... | 16 |
| 3.3.4 Kantitatif Gerçek Zamanlı PCR (Q-PCR) Protokolü..... | 16 |
| 3.3.5 Verilerin Değerlendirilmesi..... | 17 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA..... | 18 |
| 4.1. Abiyotik stres koşullarının bitki büyümesi üzerine etkileri..... | 18 |
| 4.1.1. Kök Gelişimine Etkisi..... | 18 |
| 4.1.2. Sürgün Gelişimine Etkisi..... | 20 |
| 4.1.3. Pigment Miktarı Üzerine Etkileri..... | 23 |
| 4.1.4. Katalaz ve Glutasyon Redüktaz Aktivitesi Üzerine Etkileri..... | 25 |
| 4.1.5. Serbest Prolin Miktarı Üzerine Etkileri..... | 27 |
| 4.1.6. Gen İfadeleri ve Sonuçları..... | 28 |
| 4.1.6.1. TaMYB73 Gen Sonuçları..... | 30 |
| 4.1.6.2. TaSRG Gen Sonuçları..... | 31 |
| 4.1.6.3. TaERF1 Gen Sonuçları..... | 32 |
| 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER..... | 34 |

| | |
|----------------|----|
| KAYNAKLAR..... | 37 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 42 |
| EKLER..... | 43 |



ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Çizelge 4.1. Çalışmamızda kullandığımız abiyotik stres koşullarında ifade olan primerlerin adları, kod adları, dizilimleri ve ürün büyüklükleri..... | 34 |
|--|----|



ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Şekil.4.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin kök boyundaki değişmeler | 20 |
| Şekil.4.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin kök taze ağırlığındaki değişmeler | 21 |
| Şekil.4.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin kök kuru ağırlığındaki değişmeler..... | 22 |
| Şekil.4.4. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin sürgün boyundaki değişmeler | 23 |
| Şekil.4.5. 100 mM NaCl, Cd,100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin sürgün taze ağırlığındaki değişmeler | 24 |
| Şekil.4.6. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd,200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin sürgün kuru ağırlığındaki değişmeler | 25 |
| Şekil.4.7. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a miktarındaki değişmeler..... | 26 |
| Şekil.4.8. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil b miktarındaki değişmeler..... | 27 |
| Şekil.4.9. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a+b miktarındaki değişmeler..... | 28 |
| Şekil.4.10. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a/b miktarındaki değişmeler..... | 29 |
| Şekil.4.11. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin katalaz aktivitesindeki değişmeler..... | 30 |

| | |
|--|----|
| Şekil.4.12. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin glutatyon redüktaz aktivitesine etkisi..... | 31 |
| Şekil.4.13. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin serbest prolin miktarındaki değişimler..... | 32 |
| Şekil.4.14. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaMYB73 gen ifadesindeki değişimler..... | 35 |
| Şekil.4.15. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaSRG gen ifadesindeki değişimler..... | 36 |
| Şekil.4.16. 100 mM NaCl, Cd,100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaERF-1 gen ifadesindeki değişimler..... | 38 |

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-------------------------------|---|
| CAT | : Katalaz |
| CdNA | : Komplementer deoksiribonükleik asit |
| Cd | : Kadmiyum |
| GR | : Glutasyon Redüktaz |
| g | : Gram |
| H ₂ O ₂ | : Hidrojen peroksit |
| mg | : Miligram |
| NaCl | : Sodyum klorür |
| NO ₃ | : Nitrat |
| P | : Fosfor |
| RT-PCR | : Real Time Polimeraz Chain Reaction |
| T.A | : Taze ağırlık |
| TaERF1 | : <i>Triticum aestivum</i> Ethylene responsive factor 1 |
| TaSRG | : <i>Triticum aestivum</i> Salt Response Gene |
| TaMYB73 | : <i>Triticum aestivum</i> Myeloblastosis Onco Gene |
| mM | : Milimolar |
| µmol | : Mikromol |

1. GİRİŞ

Tahıllar, insanın protein ve karbonhidrat gereksiniminin yarısını karşılamaktadır. Bu özelliği ile dünya nüfusu ve hayvancılıkta gereksinim duyulan besinin karşılanmasında önemli bir paya sahiptir (Nazar, 2012). Buğday, ekilen tahıllar içinde ilk sırada yer almaktadır (Duran, 2007).

Buğday (*Triticum*) tek çenekliler (*Liliopsida*) sınıfının Buğdaygiller (*Poaceae*) ailesine ait farklı iklim ve toprak koşullarında yetişebilen ve ıslahı bütün dünyada yapılabilen, en çok ekilen hatta ülkelerin ekonomik vazgeçilmezi olan tek yıllık otsu kültür bitkisidir (Süzer, 2004).

Anadolu'da avcı-toplayıcı dönemde başlayan buğday insan ilişkisi yerleşik düzene geçişle birlikte vazgeçilmez olmuştur (Atar, 2017). Ekonomik olmasının yanında, kolay taşınabilmesi, uzun süre saklanabilmesi, doğaya uyumunun fazla olması çiftçileri buğday ekimine yönlendirmektedir (Şahin, 2012). Buğday tanesinin içeriği yaklaşık olarak %12 su, %70 karbonhidrat, %12 protein, %2 yağ, %2,2 selüloz ve %1,8 kül içermektedir. Karbonhidrat kaynağı olan buğday, un haline getirilerek ekmek ve diğer unlu gıdaların imalatında kullanıldığı gibi bulgur, makarna, irmik, bisküvi gibi çok değişik ürünler şeklinde günlük beslenmemizde yer almaktadır. Öğütme teknolojisi sonucunda ortaya çıkan kepek ve diğer yan ürünler ile düşük kaliteli buğdaylar ise hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (ZMO Buğday Raporu 2018).

Dünya buğday üretimi nüfus artışı ile birlikte 1960'lı yıllarda yaklaşık 222 milyon tondan, 2000'li yıllarda 586 milyon tona, 2010 yılında 650 milyon tona, 2016 yılında ise 723 milyon tona kadar ulaşmıştır. Bu da buğdayın veriminin arttırılmasıyla mevcut birim alanındaki üretimin artmasını sağlamıştır (Süzer,2004).

En iyi gelişimini uygun koşullar olduğu zaman gösteren bitkilerde, beklenmedik bir koşul olduğu zaman fizyolojik değişimler meydana gelir. Bitkilerde meydana gelen ve istenmeyen durumlara neden olan bu etkenlere "stres" denir (Çulha ve Çakırlar, 2011). Stres, biyotik (mikroorganizmalar, böcek, mantar) ve abiyotik (sıcaklık, su, ışık, NaCl, pH gibi) olmak üzere iki gruba ayrılır (Kadioğlu, 2011). Abiyotik stres, bitkilerde verimin yarıdan fazlasının azalmasına ve ürün kaybına neden olur (Sayılğan, 2016).

Buğday tarımının yapıldığı topraklarda, tuzluluk toprak verimini etkileyerek her yıl 10 milyon hektar arazinin kullanılmaz hale gelmesine neden olmaktadır. Tuz stresinin başlıca nedenleri az yağış ve buharlaşmadır (Doğan, 2015).

Tuz stresi; özellikle az yağış alan iklim bölgelerinde bitkinin gelişimini ve verimini düşüren bir faktördür. Topraktaki tuzlar sulama ve yağışla çözünerek toprağın alt tabakalarına sızar, hatta yer altı sularına karışarak denize kadar ulaşabilir. Kurak olan bölgelerde ise tuzun yıkanma ve buharlaşma (evaporasyon) sorunu tuzun toprak yüzeyinde birikmesine neden olur, buna tuz stresi denilmektedir (Ergün, 2005).

Tuzlu toprağın bitkilerdeki etkileri, tuzlu topraklarda tuzu oluşturan iyonların yoğun olması su emilimini azaltır, bu da toksik etkiye neden olur ve enzimatik aktivite değişmeye yol açmaktadır. İyon dengesindeki bozulmalar ve suyun azlığı bitkinin besin taşımamasını ve zar geçirgenliği azaltmaktadır. Fotosentez ve solunum bitkideki gibi hayati işlevler zarar görmektedir. Kök ve toprak üstü büyümede gerileme olur. Tomurcuklar azalır ve tohumlar daha küçük olur.

Çeşitli kaynaklarda tuzlu toprakların verimsiz etkilerinin giderilmesinde tuzlu toprakların iyileştirilmesinden söz edilmesine karşılık bu yöntemler zaman alıcı ve yorucu yöntemlerdir. Bu sebeple son yıllarda tuzlu topraklarda yetiştirilebilecek Tuza dayanıklı bitki tür ve çeşitlerinin seçimi büyük önem taşımaktadır. Uygun çevrelerde yetiştirilen türler buğday verimini ve dolayısıyla üretimi artacaktır (Doğan, 2015).

Bitkiler tuzluluğa karşı savunma stratejileri geliştirirken hormonlar da stresi kontrol eden mekanizmanın birer parçası olmaktadır (Yeter, 2015).

Günümüzde sanayileşme ve insan faaliyetlerine bağlı olarak dünyamızda ağır metal kirliliği giderek artış göstermektedir. Canlıların sağlığı üzerinde önemli bir tehdit unsuru olan kadmiyum (Cd); yer kabuğunda çinko ile birlikte bulunan, atom sayısı 48 olan bir ağır metaldir. Kadmiyum elementi ekosistemde en tehlikeli ağır metal kirleticilerinden biri olup canlı organizmalar için toksiktir. Fosforlu gübre ve arıtma çamurlarının uzun süreli kullanılması nedeniyle Dünyanın birçok bölgesindeki tarım toprakları az veya orta düzeyde kadmiyum birikimine maruz kalmaktadır (Asri, 2014). Kadmiyumun topraktaki kapsamı genellikle 1 ppm'in altındadır. Bitki ve toprakta Cd artışının sebebi sanayide bu elementin çok kullanılmasıdır. Levha, motor yağı, elektronik malzeme, cam, seramik, plastik üretimi, boya, tarım ilaçları; doğal olmayan

yollar dışında çevreye Cd katılımına sebep olur. Pek çok bitki kadmiyumu kolayca alınmaktadır (Ergün,2005).

Prolin aminoasidi, NaCl stresi altındaki bitkilerde protein bütünlüğünün sağlanması ve enzimlerin aktive edilmesinde görev yapan önemli bir ozmoregülatördür (Bayat, 2014).

Tuza toleransı yüksek pamuk çeşitlerinde tuz stresinde GR aktivitesinin arttığı, ancak tuza hassas pamuk fidelerinde ise azaldığı ifade edilmiştir (Gosset ve ark., 1994). Buğdayın çiçeklenme zamanından önce strese maruz kalması başak sayısı, başaktaki fertil başçık sayısı ve başaktaki tane sayısının düşüşüne yol açmaktadır. Ayrıca çimlenmeden başlayarak büyümesine kadar olan süreçte meydana gelen stres tane ağırlığında azalmaya sebep olarak ürün kaybını arttırmaktadır (Tekdal, 2012).

Klasik genetikçiler genlerin kromozomlar üstünde görev yapan moleküller olduklarını düşünüyorlardı. Moleküler genetikçiler, DNA'nın RNA'yı kodlayacak ara ürün oluşturduğunu, bunların da hücredeki proteinlerin sentezlenmesi için şifre görevini yaptığını belirlemişlerdir. RNA'nın üretilip protein sentezlenmesine gen ekspresyonu denir. DNA'nın promotor bölgesinden başlayan transkripsiyon ile RNA polimeraz enzimi mRNA, rRNA ve tRNA'yı üretir (Kadıoğlu, 2015).

Literatürde, ağır metal stresine maruz kalan buğday fidelerinde tuz uygulaması ile ilgili çalışma sayısının sınırlı olduğu göz önüne alınarak, bu tez çalışmasında buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) fidelerinde tuz (100 m M, 200 m M), kadmiyum (10 mM) ve tuz-kadmiyum (100 mM NaCl+10 mM Cd, 200 mM NaCl+10 mM Cd) uygulamalarının kök ve sürgün kısımlarının boy, taze ve kuru ağırlığı ile ilgili parametreler ve klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve klorofil a/b oranı, serbest prolin miktarının, CAT ve GR enzim aktivitelerinin belirlenmesi bağlı biyokimyasal parametreler ve TaMYB73, TaSRG, TaERF transkripsiyon faktörlerinin moleküler biyolojik yöntemlerle incelenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte Konya-2002 ve Dağdaş-94 buğday çeşitlerinin belirtilen parametreler açısından birbirleriyle karşılaştırılması yapılarak farklı tuz konsantrasyonları ve Cd stresine karşı toleransları olup olmadığı incelenmeye çalışılmıştır. Biyokimyasal çalışmalar enzim (CAT ve GR), serbest prolin aminoasidi ve klorofil miktarı için spektrofotometrik yöntem, çalışan transkripsiyon faktörlerinin (TaMYB73, TaSRG, TaERF) için ise real-time PCR yöntemi kullanılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Tuzluluk ile ilgili çalışmalar

Alpaslan ve ark.(1998), Türkiye’de üretimi yapılan altı buğday ve altı çeltik çeşidinin tuz stresine maruz kaldıklarında bitkilerin büyümesini etkilediği, bazı buğday çeşitlerinde fosfor (P) miktarında azalmanın, bazı çeltik çeşitlerinde ise fosfor miktarında artışın olduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde bazı buğday ve çeltik çeşitlerinde demir (Fe) miktarı azalmış, bununla beraber Fe miktarının artmanın da olduğu buğday ve çeltik çeşitleri de saptanmıştır. Bu çalışmada tuz stresinin, bitki ortamının osmotik basıncını yükselttiği ve artışla birlikte bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu kullanamadığı belirtilmiştir.

Benlioğlu ve Özkan (2015), bazı arpa çeşitlerinin çimlenmeye başladığında tuz stresine olan tepkilerini bulmak amacıyla yapılmıştır. Çalışmada kullanılan arpa çeşitleri Aydanhanım, Bülbül-89 ve Tarm-92 kullanılmıştır. Tuz stresi için NaCl’nin değişik dozları ve kontrol grubu olarak da distile su uygulanmıştır. Uygulama sonuçlarına göre arpa çeşitleri, “çimlenme gücü”, “kök uzunluğu”, “sürgün uzunluğu” ve “kuru ağırlık” parametreleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bununla birlikte; tuz dozları için incelenen tüm parametrelerinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Araştırması yapılan tüm parametrelerde Tarm-92 çeşidinin diğer arpa çeşitlerine göre tuz stresine dayanıklılığının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Erdal ve ark.(2000), çalışmada farklı tuz baskısı şartlarında hıyar fidelerinin gelişiminin ve bazı besin maddelerinin değişik miktarlarda K⁺ uygulamasına bağlı olarak değişimlerini araştırmak amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda tuz ve K⁺ uygulamalarının bitki kuru ağırlığını düşürdüğü görülmüştür. Yüksek tuz dozlarında fidelerin Na, Ca, Mn, Cu ve Fe içerikleri yükselmiş, K ve P içeriklerinde ise azalma olmuştur. Potasyum uygulamaları ile fidelerin K, Zn, Mn, Cu ve Fe içerikleri artmış, Na, Ca, Mg ve P içerikleri ise azalmıştır.

Öncel ve Keleş (2002), iki buğday çeşidine ait 6 genotipin (*Triticum aestivum* L. cv. Bezostaya-1, cv. Seri-82, cv. Kıraç-66 ve *Triticum durum* Desf. cv. Kızıltan-91, cv. Kunduru 414-44, cv. Ç.1252) NaCl uygulamasına tepkileri araştırılmıştır. Bitki yetiştirme kabiniinde bir hafta süreyle yetiştirilen fideler, 7. günün bitiminde içinde

Arnon-Hoagland besin çözeltisi bulunan kavanozlara aktarıldı. 200 mM oranında NaCl besin çözeltisine eklenerek tuz stresine maruz bırakıldı. Uygulama sonunda tuz stresine maruz kalan fidelerde bitki büyümesi ve oransal su içeriğinin (OSİ) önemli oranda düştüğü tespit edildi. Klorofil a, b, toplam klorofil içeriği önemli oranda azalırken, klorofil a/b oranı çeşitlere göre farklılık gösterdi. Prolin miktarının tuz stresi uygulanan fidelerde çarpıcı bir şekilde yükseldiği tespit edildi. Çözünür protein ve çözünür fenolikler düşük miktarda artış gösterirken, çözünür karbonhidrat miktarı Seri-82 ve Ç-1252 çeşitleri dışında azaldı. Sonuçlar, araştırılan genotipler arasında tuz stresine tepkide önemli farklılıklar olduğunu yansıtmıştır.

Seymen ve Önder (2015), çalışmada 28 farklı kuru fasulye bitkisinin genotipinde tuzluluğun etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda kuru fasulye fidelerinde tuz stresi uygulanan çeşitlerde, kontrole grubuna göre % değişimlerinde değişik oranlar ortaya çıkmış, 6 genotip dayanıklı (2, 7, 14, 16, 21 ve 27), 3 genotip hassas (6, 18 ve 28) ve 19 genotip ise orta derecede dayanıklı olarak belirlenmiştir.

Yağmur ve ark.(2006), yapılan bu çalışmada, Tokak 157/37 arpa çeşidinde (*Hordeum vulgare* L.) potasyum (K) uygulamasının (K_2SO_4) tuz olan ve tuz olmayan şartlarda etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tuz baskısı uygulanan Tokak 157/37 arpa çeşidinin kök ve sürgün kuru ağırlıkları, ozmotik potansiyeli, fotosentetik pigment miktarları ve K^+/Na^+ oranında tuz uygulanmayan fidelere göre kıyaslandığında azalma belirlenmiştir. Toprağa uygulanan potasyumun, Tokak 157/37 arpa çeşidinin toprak altı ve üstü kuru ağırlıklarını, ozmotik potansiyeli, fotosentetik pigment miktarlarını ve K^+/Na^+ oranlarını arttırmıştır. Potasyum uygulamasının Tokak 157/37 arpa çeşidinin gelişimine olumlu etkisi olduğu ve tuzun negatif etkisini azalttığı belirlenmiştir.

Yakıt ve Tuna (2006), tuz stresine maruz bırakılan mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) stres parametrelerinin (zar geçirgenliği, nispi su oranı, serbest prolin miktarı, klorofil ve karotenoid miktarları ile yaprak ve köklerde makro elementler) üstüne kalsiyum (Ca), potasyum (K) ve magnezyum (Mg) elementlerinin etkileri araştırılmıştır. Mısır bitkisine tuz ile birlikte verilen kalsiyum, magnezyum ve potasyumlu uygulamalarda membran geçirgenliği ve bağıl su içeriği üstüne olumlu etki yapmış, tuzun zararlı etkisini kısmen hafifletmiştir. Serbest prolin miktarı tuz uygulamasıyla birlikte artmıştır. Toplam klorofil ve karotenoid miktarları tuz uygulamasından olumsuz etkilenmiş fakat besin çözeltisine eklenen kalsiyum, magnezyum ve potasyumlu bileşikler tuzun olumsuz

etkisini az da olsa düşürmüş, kontrol ve tuz uygulamalarına göre faydalı etki yapmışlardır.

Kuşvuran ve ark. (2007), bu çalışmada, kavun bitkisinde tuza tolerans açısından genotipler düzeyinde farklılığı araştırmak; tuza toleransın belirlenmesinde bitkinin biyokütle değerlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Kavun bitkisinde tuz stresinin Na^+ ve Cl^- iyonlarının zararlı etkisinden kaynaklandığı, bu iyonları hücrelerinde az miktarda bulunduran kavun genotiplerinde tuz stresine dayanıklılığın daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Araştırmada kullanılan genotipler içinde Midyat, Besni ve Şemame kavun genotipleri tuza tolerant olarak tespit edilirken; Ananas ve Yuva çeşitlerinin ise tuz stresine en duyarlı kavun çeşitleri olduğu çalışmada ortaya konmuştur.

Yılmaz ve ark. (2011), tuz stresi, bitkilerde gelişim sürecinde morfolojik, hücrenel, fizyolojik ve moleküler olarak pekçok soruna sebep olmaktadır. Bitkiler, tuz stresinde, metabolizmanın ürettiği zararlı reaktif oksijen türlerini tutan antioksidanların faaliyetlerinin arttırılması, bitki büyüme düzenleyicilerinin ve ozmolit sentezinin aktif edilmesi, fotosentetik sentezin değiştirilmesi ve gen ifadesi düzenlenmesi, stresle alakalı genlerin aktifleştirilerek transkripsiyon faktörlerinin sentezlenmesi gibi tolerans çeşitleri geliştirmektedir. Tuz stresi, bitki hücrelerinin su ve iyon dengesini etkilemekte, kloroplastın yapısını değiştirmekte, fotosentetik pigment, protein ile karbonhidratın yapısını bozmakta, fotosentez ve biyosentez reaksiyonları ile antioksidan enzimler ve ozmolitlerin oluşumunu etkilemektedir. Kök aracılığı ile alınan iyonlar, sitoplazmik yapıları ve hücrenel zarları tahrip etmektedir.

Rahaie ve ark. (2010), bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal uyumlar yaparak tuzluluk ve su kıtlığı şartlarına adapte olduğu ifade edilmiştir. Bu değişiklikler genlerin ekspresyonu ile oluşmaktadır.

Kuşvuran (2008), 100 mM oranında tuz uygulanan *Cucumis sp.* çeşitlerinin Na^+ , K^+ , Cl^- iyon miktarı, lipid ve klorofil miktarları incelenerek değişimler belirlenmiştir. Tuz stresine maruz kalan genotiplerde kontrol grubuna göre Na^+ ve Cl^- iyonlarında artış olurken, K^+ iyonunda ise düşüş görülmüştür. Lipid peroksidasyon ürünü olan MDA miktarı, tuz baskısı altında duyarlı genotiplerde artış; klorofil miktarlarında ise değişen oranlarda düşüş olmuştur. Çalışmanın sonucunda özellikle Na^+ ve Cl^- iyon miktarlarının tuza tolerant ve hassas kavun genotiplerinin belirlenmesi açısından etkin bir parametre olabileceği görüşüne varılmıştır.

Paustini ve ark. (2007), 30 buğday çeşidinde tuz stresinin oluşturduğu serbest prolin birikiminin toerans farklılıklarını incelemiştir. Tuza hassas çeşitlerde 27,4 kat, tuza dayanıklılarda ise 5,2 kat arttığını tespit etmiştir. Fakat prolin miktarındaki artışın bitkide tuz stresinin etkilerine karşı koruyucu bir etki etmediğini, prolinin osmotik ayarlamaya neredeyse hiç katkı sağlamadığını, serbest prolin birikiminin K⁺'a bağlı stres sonucu ortaya çıkmak yerine sodyuma tepki olarak oluştuğunu, bu nedenle yalnız stres yaralanma septomu olduğunu belirtmişlerdir.

Rezai ve ark. (2013), biber veriminin tuzluluk stresinde %14 azalması üzerine biberde tuzun oluşturduğu stresin meJA etkisini araştırmışlardır. Tuz stresindeki bitkilerde meJA'nın biber büyüme hızını değiştirerek klorofil miktarı, bitki boyu, kök kuru ağırlığı, kök uzunluğu gibi özelliklerinde pozitif korelasyona sahip olduğunu, stresin olumsuz etkilerini düşürecek etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir.

Wang ve ark. (2009), bu çalışmada buğday bitkisinde V-PPase gen elemanlarının dehidratasyon ve tuzluluk streslerine ifade ve tepkilerini incelemek amaçlanmıştır. Vacuolar H (+) - yer değiştiren pirofosfataz (V-PPase), bitki büyümesi ve abiyotik stres toleransı ile alakalı bir enzimdir. Tuzluluk stresi ile birlikte, köklerdeki ekspresyon seviyesi incelenen dokular arasında en yüksek seviyede çıkmıştır. Bu çalışmanın sunucunda buğdaydaki V-PPase gen ifadelerinin dehidratasyon ve tuzluluk streslerine karşılık olarak farklı şekilde tepki göstermiştir.

Uranbey ve ark. (2017), Abiyotik Stres Geni (Asg1), absisik asit (ABA) bağımlı yolda stres şartlarında ozmotik bir pozitif düzenleyici olup, tuz baskısı ile uyarılarak stomal kapanma ve stres şartlarına uyumu teşvik etmekte ve stres sinyal yolağı ile etkileşebilmektedir. Bu araştırmada, yapay koşullarda farklı konsantrasyonlarda (50, 100 ve 150 mM) NaCl tuz stresi uygulanan Hermes ve Slaney patates çeşitlerinde stoma dayanıklılığı ile ilgili olan Asg1 geninin ifade düzeyleri incelenmiş, tuz stresine toleranslı Slaney çeşidinde 50 mM NaCl uygulamasında kontrol grubuna göre istatistiksel anlamda önemli düzeyde (% 90) artış, tuza hassas Hermes çeşidinde ise % 16 oranında gen ifadesi düşüşü görülmüştür.

2.2. Kadmiyumla ilgili çalışmalar

Asri ve ark. (2014), toprak ve sudaki Cd düzeyinin artması su canlıları, toprak verimliliği ve ekosistem faaliyetlerinde etkili olmakla birlikte bitki bünyesine geçerek fotosentez, solunum, iyon alımı, büyüme ve gelişme gibi birçok metabolik aktiviteyi etkilediğini ifade etmişlerdir. Bu metabolik faaliyetleri etkilemesi nedeniyle verim ve kalitenin azalmasına yol açmaktadır.

Dağhan ve ark.(2013), Denemelerde elde edilen bulgulara göre, 5 mg L⁻¹ Zn dozu, bitkilerde kloroz ve nekroz gibi herhangi bir toksik etki göstermezken, diğer ağır metallerin (Cu, Ni ve Cd) 5 ve 10 mg L⁻¹ çalışmaları bitkide değişen düzeylerde toksisitenin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. En yüksek dozda (10 mg L⁻¹) Zn, Cu, Ni ve Cd uygulamalarıyla, bitkilerin N, P ve K alımlarındaki düşüşler göz önünde bulundurulduğunda bu elementlerin toksisite sıralaması Ni > Cu > Zn > Cd şeklinde olmuştur. Bitkideki N, P ve K konsantrasyonunu en çok azaltan element Ni iken, P konsantrasyonunda sıralama Cu > Zn > Cd; K konsantrasyonunda ise Cu > Cd > Zn şeklinde belirlenmiştir

Ergün ve ark.(2011), sıcaklık-ağır metal düzeylerinin buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Dağdaş) fidelerinde vejetatif büyüme ve katalaz (CAT) enzim aktivitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak, ağır metal ve yüksek sıcaklık ile beraber uygulanan ağır metal çalışmalarının, konsantrasyon artışıyla birlikte buğday fidelerinin kök ve sürgün büyümesini önemli derecede azalttığı belirlenmiştir. Cr ve Cu metallерinin yüksek konsantrasyonları ve bu ağır metallерle beraber uygulanan farklı sıcaklık dereceleri (16/24 °C ve 30/40 °C), fidelerin kök, sürgün boyu ve yaş ağırlıklarında azalmaya ve CAT enzim aktivitesinde ise artmaya neden olmuştur

Koç ve Üstün (2008), stres durumlarındaki bitkilerde savunma sistemlerini ve antioksidan enzimleri incelemişlerdir. Biyotik veya abiyotik stres altında toksik düzeyde ROS (serbest radikaller) üretimi hücrenin zarar görmesine ve de antioksidanların oluşması için uyarı görevi görmesine sebep olmaktadır. Hidrojen peroksidin plazma membranına bağlanmasıyla JA sentezlenmesi aktive olur ve JA savunma genlerini uyarır. Antioksidanlar hücrede karbonhidrat, lipid, protein ve DNA gibi yapıların oksidasyonunu önler. Enzimatik antioksidanlar olan GR, CAT, APX, hücreyi korumak ve serbest radikalleri ortadan kaldırmak için üretilir. Hidrojen peroksidi serbest oksijen ile suya dönüştürür.

Koç ve ark. (2013), bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda kadmiyum uygulanan domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bitkilerinde, kadmiyumun neden olduğu stresi gidermedeki salisilik asitin (SA) rolü, prolin, nişasta, glukoz, fruktoz, klorofil a ve b miktarı analizlerine dayalı olarak incelenmiştir. Sonuç olarak, domatesin bazı fizyolojik olaylarının kadmiyum ve SA'dan etkilendiğini göstermiştir. Tüm uygulamaların 1.gününde prolin ve nişasta miktarında artış tespit edilmiştir.

Özkutlu ve Erdem (2018), çalışmanın amacı, yüksek Cd oranına sahip bir toprağa çinko (Zn) eklenerek ekmeklik ve makarnalık buğdayın Cd alımındaki etkisini araştırmaktır. Sonuç olarak; makarnalık buğdayın, ekmeklik buğday çeşidine göre kadmiyumu topraktan daha fazla alıp biriktirdiği görülmüştür. Bununla birlikte topraktan ve yapraktan Zn çalışmalarında makarnalık buğday çeşidinin Cd alımında azalma görülmüştür.

Tongarlık Ş. (2010), asidik özellikli kireçsiz topraklarda sera koşullarındaki saksılarda yetiştirilen farklı buğday ve arpa çeşitlerinin artan yoğunluklarda toprağa uygulanan kadmiyuma cevaplarını araştırmak amacıyla yapılmıştır. Artan dozlardaki Cd uygulamaları ekmeklik ve makarnalık buğday fideleri ile arpa fidelerinde yeşil aksam, tane ve sap bölgelerinin Cd kapsamını önemli derecede artırırken, Cd birikimi olarak bakıldığında deney gruplarının hepsinde genotipik farklılıklar istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. Artan Cd uygulamaları bitkilerin tüm kısımlarında Zn kapsamını artırırken, P ve K oranlarına etkisi varyete ve organa göre değişmiştir. Toprağa uygulanan Cd konsantrasyonları tahılların yeşil aksam, tane ve sap kısımlarının verimini genellikle düşürmüştür, bu düşüş kadmiyuma toleranslı çeşitlerde daha az ve istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır.

Yıldır, H. (2014), ekmeklik buğday çeşidi olan "Saban" ve bir arpa çeşidi olan "Hasat" üzerinde arsenik, kurşun ve kadmiyum karışımlarının etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. 15 µM, 30 µM ve 60 µM (arsenik, kurşun ve kadmiyum) metal iyonu karışımı uygulanan deney gruplarında konsantrasyon artışına bağlı olarak çimlenme oranında, bitkilerin kök ve gövde kuru ağırlıklarında tüm gruplarda kontrol grubuna göre azalma gözlemlendi. Ağır metal iyonu uygulanan gruplarda kontrol grubuna göre ağır metallerin konsantrasyon artışına bağlı olarak dokularda artarak biriktiği tespit edildi. Sonuç olarak çalışmada ağır metale maruz kalan bitkide oksidan stresin primer

cevabı olan antioksidan enzimlerin ekspresyon seviyelerinde strese bağı olarak anlamlı değişikliklerin olduğu belirlenmiştir.

Zengin ve ark.(2003), fasulye fidelerinde kök, gövde ve yaprak kısımları üzerine civa ($HgCl_2$) ve kadmiyum ($CdCl_2 \cdot H_2O$)'un etkileri amacıyla araştırmış, Civa ve kadmiyum metallerrinin fidelerin kök, gövde ve yaprak kısımlarının büyümesini önemli derecede engellediği belirlenmiştir. Fidelerin ağır metallere maruz kalma zamanının artması kök, gövde ve yaprak büyümesindeki azalma oranının daha fazla olmasına sebep olmuştur. Kadmiyum ve civa stresine kök büyümesinin daha hassas olduğu, bunu gövde ve yaprak büyümesinin takip ettiği tespit edilmiştir. Bu iki ağır metal karşılaştırıldığında civanın kadmiyuma oranla daha toksik olduğu belirlenmiştir.

Balcı (2018), çalışma 24–epibrassinosteroidin (BR), kadmiyum stresi şartlarında büyütölen çilek fidelerinde vejetatif büyümeye olan etkilerini incelemek amacıyla yapılmıştır. Deneyde farklı miktarlarda Cd (0,1.5,3 ppm) yetiştirme ortamına eklenmiş ve çilek fidelerinin yapraklarına da farklı dozlarda BR (0, 0.5, 1 μM) uygulanmıştır. Araştırma sonucunda 0.5 μM BR uygulamasının yapraklarda klorofil miktarı ve gövde kuru ağırlığı, 1 μM BR uygulamasının kök boy uzunluğu ve yaş ağırlıkları üzerine önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. Sonuçta BR uygulamalarının çilek fidelerinde Cd stresi koşullarının etkisini hafiflettiği belirlenmiştir.

Batır (2014), bitkilerde ağır metal kontaminasyonu genotoksik etki yaparak DNA yapısında mutasyona benzer değişimlere yol açar. Bu çalışmada, kurşun (Pb) ve bakır (Cu) metallerrinin enginar (*Cynara scolymus* L.) fidelerindeki etkisi fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler çalışmalar yardımıyla tespit edilmesi amaçlamıştır. Farklı dozlardaki ağır metallerr, fidelerde kök uzunluğu ve toplam çözünür protein oranında düşüşe sebep olmuştur. PCR tabanlı RAPD tarama yöntemi, ağır metal baskısının fidelerdeki genotoksik etkisini bulmak için kullanılmıştır. Kontrol grubu fidelerine göre ağır metal stresine maruz bırakılan fidelerin RAPD profillerinde bant kazancı ve/veya kaybı gibi farklı değişiklikler gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonucunda kurşun ve bakır stresine maruz kalan enginar fidelerinin RAPD profillerine göre yapılan değerlendirmede genomik kalıp stabilitesinde değişiklik görölmüştür.

He ve ark. (2012) tuz stresi koşullarında TaMYB73 geninin NaCl dehidrasyonunu, birtakım fitohormonları uyardığı ve ilgili genin over ekspresyonunun

Arabidopsis te iyonik stres cevabında rol oynayarak tuz stresine toleransı artırdığı ifade etmişlerdir

MYB transkripsiyon faktörüdür. Bu faktör üzerine yapılan çalışmalarda MYB transkripsiyon etkeninin biyotik ve abiyotik streslere, hücrenin gelişimine, uyarı iletimine vb. bitki cevaplarını içeren süreçlerde rol üstlendiği görülmüştür (Wang ve ark., 2016).

He ve ark., (2011) buğday TaSRG geninin bitki çeşitlerinde transkripsiyon etkeni olarak toleransı arttırmakta işlev yaptığını tespit etmişlerdir. Ayrıca yaptıkları çalışmalarda TaSRG geninin işlevinin tuz toleransı ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

ERF transkripsiyon faktörleri bitkilerin türlerine göre 147 üye içeren bir ailedir. ERF gen ifadeleri çok sayıda biyotik ve abiyotik stres adaptasyonunda önemli roller üstlenmektedir (Cheng ve ark.2013). ET sinyali tuza aşırı duyarlı mutantlarda çok azaldığı ifade edilmiştir (Cela ve ark. 2011).

3. MATERYAL ve YÖNTEMLER

3.1. Materyal

Bu çalışmada bitki materyali olarak buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) tohumları kullanılmıştır. Buğday materyalleri Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

Konya-2002 çeşidi buğday, kurağa hassas, yatmaya, kışa ve soğuğa dayanıklılığının iyi olduğu bilinmektedir.

Dağdaş-94 çeşidi buğday, kurağa, yatmaya ve soğuğa dayanıklı olduğu bildirilmiştir.

3.2. Yöntemler

3.2.1. Bitki Yetiştirme Koşulları

%2' lik sodyum hipoklorit çözeltisinde 20 dk bekletilerek steril edilen tohumlar saf su ile yıkanıp yaklaşık bir saat saf su içine bırakılarak şişmesi sağlanmıştır. Daha sonra içinde perlit olan kavatalara alınan tohumlar 24±2 °C'lik ortamda çimlenmeye bırakılmıştır. 7 gün boyunca ortalama 200 ml. saf su ile sulanan tohumlar çimlendikten sonra içerisinde Arnon–Hoagland besin çözeltisi olan 1 lt hacimli plastik kaplara alınmıştır. Plastik kaplara alınan fideler 5 gün boyunca 24/16 °C gündüz/gece koşullarında yetiştirilmiştir. Beşinci günün sonunda saksılar on iki farklı gruba ayrılmıştır.

1. Grup (Konya kontrol): Fideler su kültürüne alındığı günden itibaren uygulanmakta olan yetiştirme koşulları (24/16 °C gündüz/gece) 10. güne kadar sabit tutulmuştur.

2. Grup Konya NaCl 100 mM: Fidelere 6. Gün 100 mM NaCl uygulaması yapılmıştır.

3. Grup Konya kadmiyum uygulanan grup: Fidelere 6. günün başında 10 mM Cd uygulaması yapılmıştır.

4. Grup Konya NaCl 100 mM+ kadmiyum: Buğday fideleri 6. günün başından itibaren 100 mM NaCl ve 10 mM Cd uygulaması yapılmıştır.

5. Grup Konya NaCl 200 mM: Fidelere 6. Günde 200 mM NaCl uygulaması

yapılmıştır.

6. Grup Konya NaCl 200 mM+ kadmiyum: Buğday fideleri 6. günün başından itibaren 200 mM NaCl ve 10 mM Cd uygulaması yapılmıştır.

7. Grup (Dağdaş kontrol): Fideler su kültürüne alındığı günden itibaren uygulanmakta olan yetiştirme koşulları (24/16 °C gündüz/gece) 10. güne kadar sabit tutulmuştur.

8. Grup Dağdaş NaCl 100 mM: Fidelere 6. Gün 100 mM NaCl uygulaması yapılmıştır.

9. Grup Dağdaş kadmiyum uygulanan grup: Fidelere 6. günün başında 10 mM Cd uygulaması yapılmıştır.

10. Grup Dağdaş NaCl 100 mM+ kadmiyum: Buğday fideleri 6. günün başından itibaren 100 mM NaCl ve 10 mM oranlı Cd uygulaması yapılmıştır.

11. Grup Dağdaş NaCl 200 mM: Fidelere 6. Günde 200 mM NaCl uygulaması yapılmıştır.

12. Grup Dağdaş NaCl 200 mM+ kadmiyum: Buğday fideleri 6. günün başından itibaren 200 mM NaCl ve 10 mM Cd uygulaması yapılmıştır.

Araştırmamızda her deneme 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Deney aşamasında kapların yeri günlük tesadüfi olarak aralarında saat çalışma yönünde değiştirilmiştir. Buğday fideleri 10.gün hasat edilmiştir.

Hasat sonunda fidelerin büyüme ve klorofil ölçümlerini yapılabilmek için fidelerin taze sürgün kısımları kesilmiştir. Kök ve sürgünlerin uzunluk verileri ölçülmüş, taze ağırlıkları terazi yardımıyla tartılmıştır. Sürgünler, bazı analizleri (CAT, GR, serbest prolin) yapabilmek için küçük parçalar haline getirilip fidelerin grup numarasına göre etiketlenerek -80 °C'lik derin dondurucuda bekletilmiştir.

Örnekler ayrı ayrı üçer kez tekrar edilerek yapılmıştır. İstatistiksel tespitler için SPSS programı kullanılmıştır. Deney sonuçlarının aritmetik ortalamaları, standart sapmaları ve standart hataları hesaplanmıştır. Ortalamalardaki önemli farklar için “Duncan’s Multiple Range Testi “ kullanılmıştır.

3.2.2. Bitki Büyüme Ölçümleri

Normal koşullarda yetiştirilen ve uygulama yapılan buğday fideleri arasından

saksılardan üçer fide seçilmiştir. Hasattan sonra kök ve sürgün boyları cm olarak ölçülmüştür. Örneklerin kök ve sürgünlerinin taze ağırlıkları hassas terazi ile tartılmıştır.

3.2.3. Kuru Madde Tayini

Hasat ile alınan örneklerin taze ağırlıkları hassas terazi ile tartılarak 80°C' lik etüvde 48 saat süreyle suyu uçurulmuş ve kuru ağırlık oranları belirlenmiştir.

3.2.4. Pigment Analizi

Sodyum fosfat tamponu hazırlanarak pH 7,8'e ayarlanmış ve % 80'lik aseton ile taze yaprak örneklerinin klorofil ekstraksiyonu yapılmıştır. Spektrofotometre çalışma öncesinde pH 7,8 olan fosfat tamponu ve % 80 aseton içeren çözelti ile 750 nm dalga boyunda sıfırlanmıştır. Spektrofotometrede 664 ve 647 nm dalga boylarında klorofil a ve klorofil b analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada klorofil ölçümleri Porra vd (1989)' a göre yapılmış, klorofil a+b ve klorofil a/b oranı da hesaplanmıştır. Deneyleer üçer kez tekrar edilerek yapılmıştır.

3.2.5. Enzim Analizleri

Küçük parçalar haline getirilip -80 °C'lik derin dondurucuda bekletilen örneklerden 0,5 er gram alınıp havana alınmıştır. Bir miktar sıvı azot konulan örnekler toz haline getirilmiştir. Örneğin üstüne sırasıyla 2 ml+ 2 ml+ 1 ml şeklinde pH 7,6 ayarlanmış fosfat ($K_2HPO_4 + KH_2PO_4$) tamponu eklenip ekstrakte edilmiştir. Örnek eppendorf tüplere alınıp 1500 rpm'de 15 dakika +4 dereceye ayarlanmış santrifüj cihazında çöktürülmüştür. Santrifüj edilen örnekler otomatik pipet yardımıyla süpernatant kısmı alınarak derin dondurucuya konulmuştur.

3.2.5.1. Glutasyon Redüktaz (GR, 1.6.4.2)

Glutasyon Redüktaz (GR) aktivitesi ölçümü, Çakmak ve Marschner (1992) ve

Çakmak (1994)'e göre spektrofotometrede 339,5 nm dalga boyu ayarlanarak NADPH oksidasyonuna bağlı olan absorbanstaki azalma dikkate alınarak ölçülmüştür. Reaksiyon için hazırlana karışımın içinde (1 ml), 50 mM fosfor tamponu (pH 7,6), 0,1 mM EDTA, 0,5 mM okside glutasyon (GSSG) 0,12 mM NADPH.Na₄ ve enzim ekstratı bulunmaktadır.

3.2.5.2. Katalaz (CAT, E.C. 1.11.6.1)

Katalaz enziminin aktivitesinin ölçümü (CAT), spektrofotometrede 240 nm dalga boyunda H₂O₂'in parçalanma oranına göre yapılmıştır. Reaksiyon için hazırlanan karışımın içerisinde (1 ml), 50 mM fosfor tamponu (pH 7,6), 0,1 mM EDTA, 100 mM H₂O₂ ve enzim ekstratı bulunmaktadır (Çakmak ve Marschner, 1992).

3.2.6. Serbest Prolin Analizi

Prolin analizini yapmak için, 0,5 g tartılan taze sürgünler 10 ml % 3'lük sülfosalisilik asit kullanılarak porselen havanda ezilmiş ve filtre kağıdı yardımıyla süzüntü 24 saat +4 °C' de bekletilmiştir. Homojenat Whatman No:2 filtre kağıdından süzülen örnekler cam tüplerin içine aktarılmıştır. Süzülen örneklerin 2 ml'sinin üzerine 2 ml ninhidrin çözeltisi ve 2 ml glasiyel asetik asit eklenerek su banyosu için hazır hale getirilmiştir. Örnekler benmaride 100 °C' de 1 saat süreyle bekletilmiştir. Yapılan işlem sonunda tüpler normal oda sıcaklığına alınmış ve 4 ml soğuk toluen eklenerek 15-20 sn karıştırılmıştır. Toluene fazı absorbansı 520 nm dalga boyuna ayarlanarak spektrofotometrede prolin ölçümü yapılmıştır (Bates ve ark., 1973).

3.3. Gen İfadelerinin Tespiti

3.3.1. RT-PCR Hazırlık Aşamaları

Kadmiyum ve tuzluluk streslerine maruz bırakılan buğday örnekleri, belirli koşullarda belli bir sürelerde yetiştirilerek hasat sonrasında alınan yaprak örnekleri sıvı azot içerisinde bekletilmiştir. Örnekler -80 °C' de tutularak RNA analizleri yapılmaya

kadar saklanmıştır.

3.3.2. Total RNA İzolasyonu

Yaklaşık 1 gr olarak alınan ve küçük parçalara bölünen buğday sürgünleri 2 ml'lik tüpe alınmıştır. Numunenin üzerine 500 µl Trizol ve yaklaşık 200 µl 0.5mm çapında cam boncuk eklenmiş ve 2 dakika homojenizatörde 7000 rpmde karıştırılmıştır. Karışım oda sıcaklığında 5 dakika inkübe edilmiştir. Daha sonra 0,2 ml kloroform eklenmiş ve elle 20 saniye çalkalanmıştır. 3 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Karışım 12000 RCF (G)'de +4°C'de 15 dakika santrifüj edilip üst sıvı temiz tüpe alınmıştır. Üzerine 500 µl 2-propanol eklenmiştir. Karışım oda sıcaklığında 10 dakika inkübe edilmiştir. Daha sonra 12000 RCF (G)'de +4°C'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Üst fazı atılmış ve üzerine 1 ml %75'lik etanol eklenmiş ve vortexle iyice karıştırılmıştır. Daha sonra karışım 17500 G'de +4°C'de 5 dakika santrifüj edilmiş, süpernatant atılmış, geriye kalan fazla alkol pipetle atılmıştır. Dipte kalan pelletin 5-10 dakika kuruması ve alkolün iyice uçması beklenmiştir. Kuruyan pellet 50 µl RNase - free suda çözülmüştür. Çözünen sıvı 60°C'de 15 dakika bekletilmiştir. Elde edilen RNA'lerden komplementer DNA (cDNA) sentez edilmiştir.

3. 3. 3. Ters Transkripsiyon (Komplementer DNA (cDNA) Sentezi)

6 µl RNA ve 2 µl oligo dT primer karıştırılmış, 10 dk. 70 °C ve daha sonra 5 dk buzda inkübe edilmiştir. 4 µl 5x reaksiyon tamponu (250 mM Tris-HCL Ph 8,3 375 Mm MgCl₂ and 50 Mm DDT) 1 µl Dntp mix (40 mM), 1 µl ters transkriptaz (200 U/ µl) ve 6 µl steril deiyonize su eklenmiştir. Toplam 20 µl'lik bir karışım elde edilmiştir. 60 dk. 37 °C'de inkübe edilmiş ve elde edilen CdNA -20 °C'de saklanmıştır.

Elde edilen cDNA'lar, buğdaylardaki strese bağlı gen ekspresyon seviyelerindeki değişimleri görmek için uygulanan Gerçek Zamanlı PCR reaksiyonlarında template olarak kullanılmıştır.

3. 3. 4. Gerçek Zamanlı PCR (Q-PCR)

Farklı streslere maruz bırakılmış 12 farklı buğday örneğinde 3 tekrarlı olarak gen ekspresyon seviyelerini belirlemek için Biospeedy™ Rölatif Sayım Kiti, Türkiye kullanılmıştır.

Kit, Putative transcription factor kodlayan MYB73, ethylene response factor 1 kodlayan ERF1 ve *Triticum aestivum* Salt Response TaSRG genlerini hedef almaktadır.

Hedef genlerin ekspresyon seviyelerini normalize etmek için buğdaylarda protein kodlayan referans gen olarak Actin kullanılmıştır. Kit, referans ve hedef genlere özgü primerleri ve Gerçek Zamanlı PCR reaksiyonunun gerçekleşmesi için gereken enzim ve tamponları içermektedir.

Bütün reaksiyonlarda Roche LC 96 (Roche, İsviçre) Real Time PCR cihazı kullanılmıştır. Reaksiyon 1.5 mM MgCl₂, 0.2 mM dNTP mix, 1x Reaksiyon Tamponu, 0.1U Fast Start Taq DNA Polimeraz, 1x EvaGreen, 4 ng/μl kalıp CdNA ve her bir primerden 0.5 μM içermektedir. Cihazda, primer çiftine özgü bağlanma sıcaklıkları (Tablo 1) ve optimizasyonu sağlanmış Tablo 2’de verilen ısı döngüsü programı uygulanmıştır. Q-PCR sırasında sadece istenilen ürünün çoğaltıldığını belirlemek için 65°C - 98°C arasında erime eğrisi analizi yapılmıştır. Q-PCR dataları, Roche Light Cycler 96 Software 1.1 ‘de analiz edilmiştir.

3. 3. 5. Verilerin Değerlendirilmesi

Biyokimyasal analiz ve büyüme verilerini değerlendirmek için SPSS istatistik programından yararlanılmıştır.

PCR verilerinde ise Arc Stat XLISPPLUS version 3.04 (<http://www.stat.umn.edu/arc/software.html>) paket programı kullanılmış olup varyans analizi de MacAnova (<http://www.stat.umn.edu/macanova/>) programı kullanılarak yapılmıştır. Eşik döngülerinin (Ct) ortalamalarının karşılaştırılması için korunmuş Fisher’s Least Significant test (en küçük önemlilik testi) kullanılmıştır (p<0.05).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

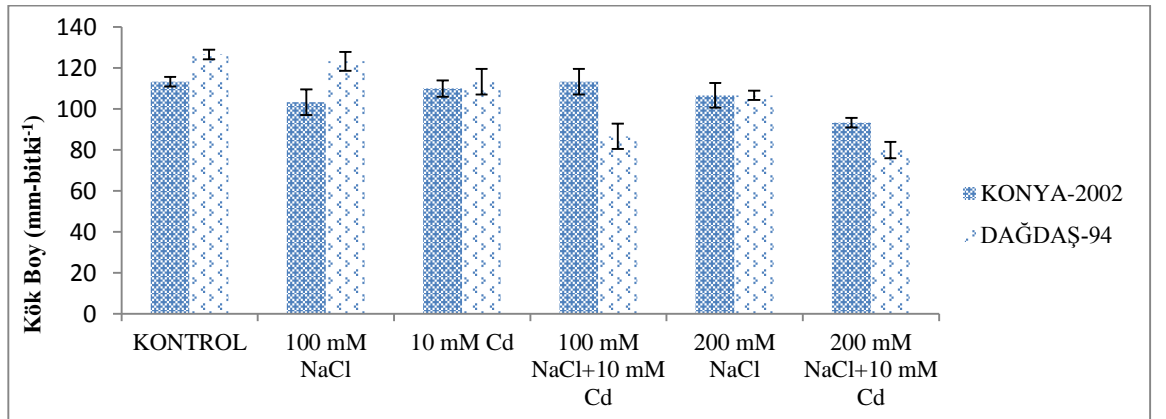
Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar, kontrol grubu buğday (*Triticum aestivum* L.cv. Konya-2002, Dağdaş-94) fideleri ile tuzluluk ve Cd uygulamalarına maruz bırakılan fideler arasındaki farklılıkları belirlemek üzere ele alınmıştır. Deneyimizde kullanılan buğday fidelerinde kök boyu, kök taze ve kuru ağırlığı, sürgün boyu, sürgün taze ve kuru ağırlığı, klorofil (a,b,a+b ve a/b), katalaz, glutatyon redüktaz ve prolin birikimi ve stres koşullarında ifade edilen TaMYB73, TaSRG ve TaERF1 transkripsiyon faktörleri RT-PCR analiz sonuçları incelenmiştir.

4. 1. Abiyotik Streslerin Bitki Büyümesi Üzerine Etkileri

4. 1. 1. Kök Gelişimine Etkisi

4.1.1.1. Kök Boyuna Etkisi

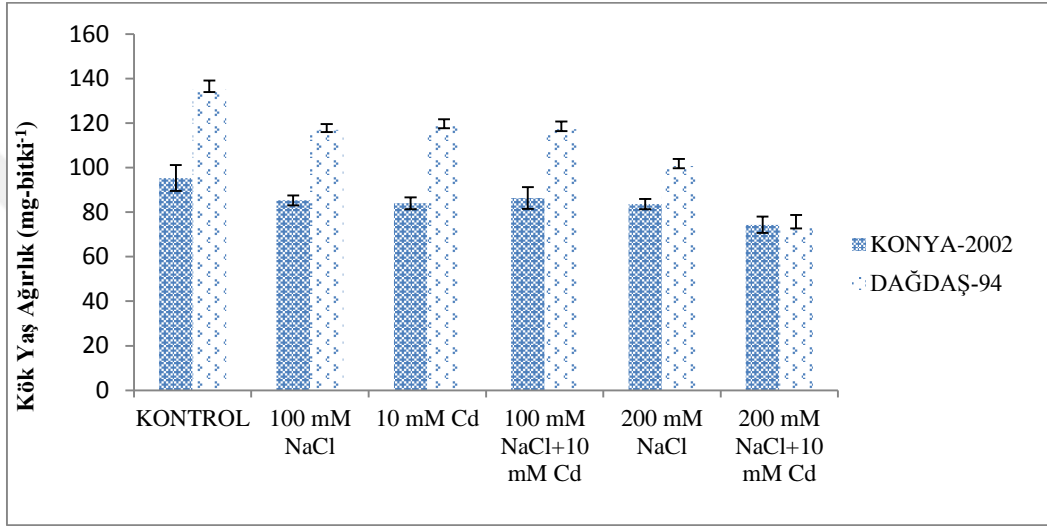
Yapılan tez çalışmasında kök boyunun gerek 100 mM NaCl+10 mM Cd ve gerekse de 200 mM NaCl+10 mM Cd uygulamalarıyla özellikle Dağdaş-94 fidelerinde azaldığı belirlenmiştir ($p \leq 0,01$). Bu durumun özellikle tuz ile birlikte uygulanan kadmiyumun kök büyümesini önemli derecede inhibe etmesiyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Şekil 4. 1.)(Ek 1).



Şekil. 4. 1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin ortalama kök boyundaki değişimler (mm/bitki) (n=3).

4.1.1.2 Kök Taze Ağırlığı Üzerine Etkisi

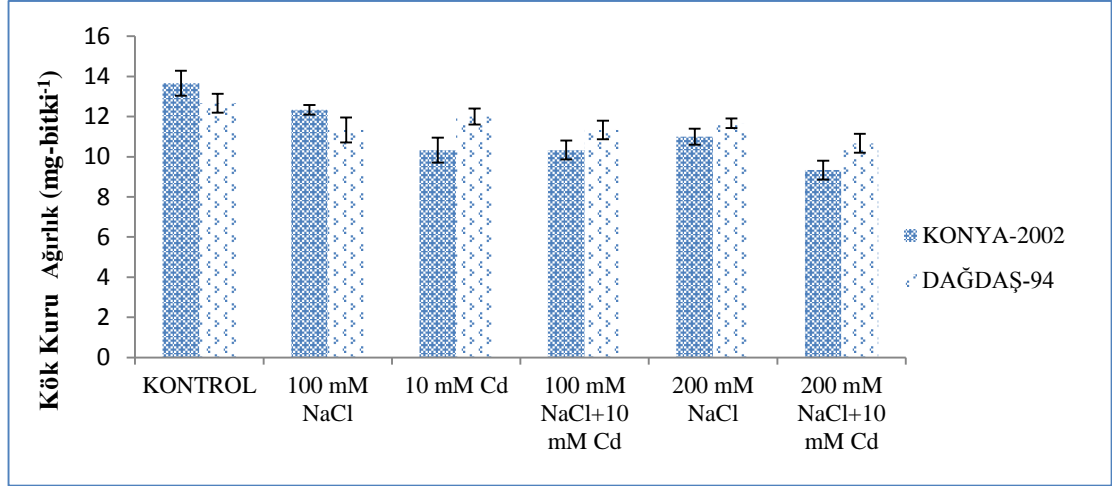
Deneyimizin kök taze ağırlığı çalışmasında Konya-2002 ve Dağdaş-94 fidelerinin ağırlıkları azalmıştır. 200 mM NaCl+10 mM Cd uygulamasında azalma miktarı Konya-2002 fidelerinde % 22; Dağdaş-94 fidelerinde ise % 46 oranına varmıştır. Bitki kökünün uygulanan stres faktörlerinden önemli derecede etkilendiği söylenebilir ($p \leq 0,01$)(Şekil 4.2.)(Ek 2).



Şekil. 4.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin kök yaş ağırlığındaki değişimler (mg/bitki) (n=3).

4.1.1.3 Kök Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi

Çalışmamızda uygulanan stres faktörlerinin fidelerin kök kuru ağırlığında kontrollere göre azalışa sebep olduğu görülmüştür. Kök kuru ağırlığındaki düşüş en çok 200 mM NaCl+10 mM Cd çalışmasında görülmüştür. Konya-2002 fideleri % 30; Dağdaş-94 fidelerinde ise % 16 oranında azalmıştır ($p \leq 0,05$). Stres uygulamalarının bitkilerin gelişimine olumsuz etki ettiği düşünülebilir (Şekil 4.3)(Ek 3).



Şekil. 4.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin kök kuru ağırlığındaki değişimler (mg/bitki) (n=3).

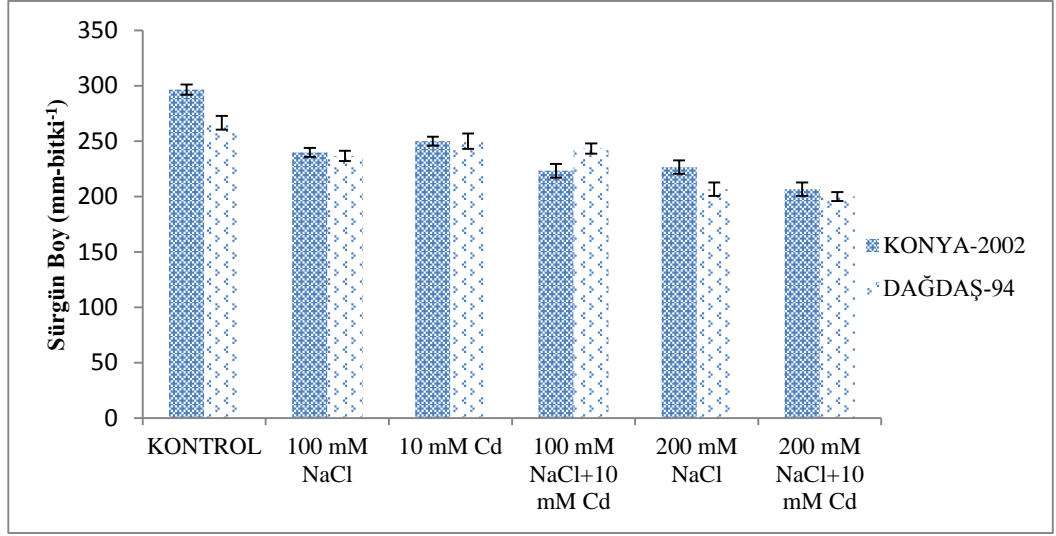
Kara ve Kara (2010), buğday çeşitlerinde (Gerek-79, Altay-2000, Kunduru-1149 ve Kızıltan-91) tuz konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak kök uzunluğu ve kök kuru ağırlığında azalmalar olduğunu ifade etmişlerdir.

Ergün ve ark. (2011), gerek ağır metal ve gerekse yüksek sıcaklık ile birlikte yapılan ağır metal uygulamalarının, konsantrasyon artışına paralel olarak buğday fidelerinin kök, sürgün boyu ve taze ağırlıklarını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir.

4.1.2 Sürgün Gelişimine Etkisi

4.1.2.1 Sürgün Boyu Üzerine Etkisi

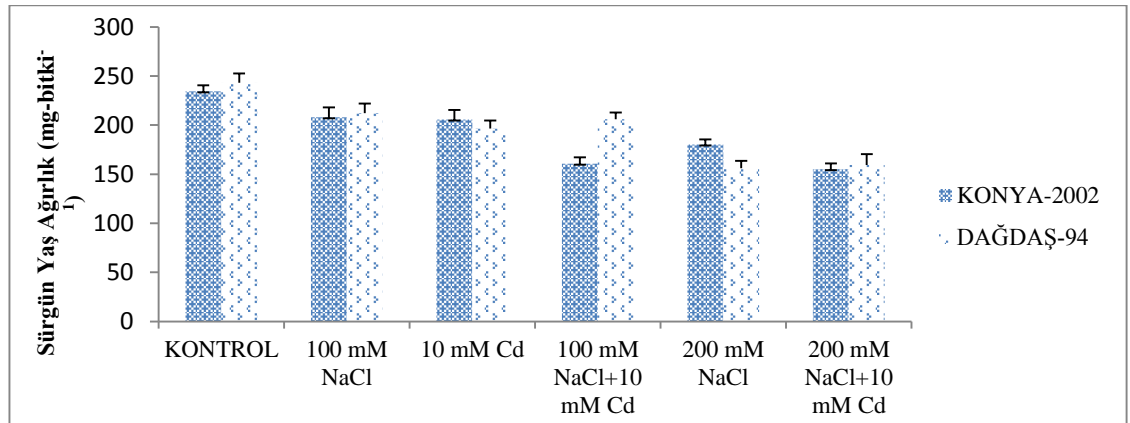
Sürgün boyu her iki çeşide ait buğday fidelerinde bütün stres uygulamalarında kontrole göre azalma göstermiştir ($p \leq 0,01$). Bu durum uygulanan gerek tuz, Cd ve gerekse de tuz+Cd uygulamalarının bitkide besin alımını bozarak büyümeyi inhibe etmesi ile ilişkili olabilir. 200 mM NaCl+Cd çalışmalarında kontrole göre Konya-2002 örneklerinde % 30; Dağdaş-94 örneklerinde % 26 düşüş olmuştur. (Şekil 4.4.)(Ek 4).



Şekil. 4.4. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin sürgün boyundaki değişimler (mm/bitki) (n=3).

4.1.2.2. Sürgün Taze Ağırlığı Üzerine Etkisi

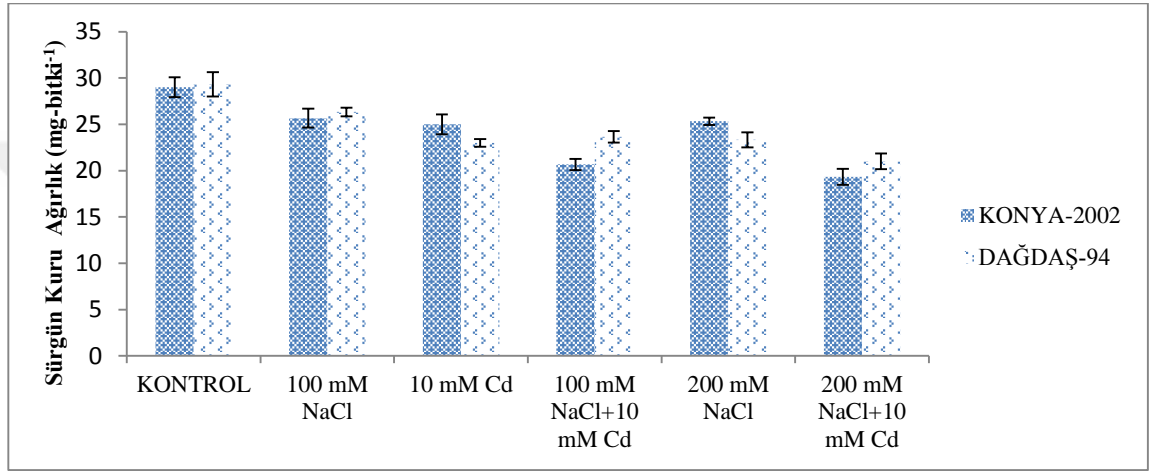
Konya-2002 ve Dağdaş-94 fidelerinde yapılan ilgili çalışmada kontrol gruplarına göre diğer çalışmalar ağırlık kaybetmiştir ($p \leq 0,01$). 200 mM NaCl+10 mM Cd çalışmalarında kontrole göre sürgün boyunda Konya-2002 örneklerinde % 34; Dağdaş-94 örneklerinde % 33 düşüş olmuştur. Bu durum tuz, Cd ve tuz+Cd uygulamalarının fidelerin gelişimine verdiği zararı göstermektedir (Şekil 4.5.) (Ek 5).



Şekil. 4.5. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin sürgün yaş ağırlığındaki değişimler (mg/bitki) (n=3).

4.1.2.3. Sürgün Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi

NaCl, kadmiyum ve NaCl+Cd uygulanan Konya-2002 ve Dağdaş-94 buğday fidelerinde, sürgün kuru ağırlığında kontrole göre eksilme tespit edilmiştir ($p \leq 0,01$). Bu eksilme oranları özellikle 200 mM NaCl+10 mM Cd uygulamasında Konya-2002 örneklerinde % 35, Dağdaş 200 mM NaCl+Cd örneklerinde ise % 30 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.6.) (Ek 6).



Şekil. 4.6. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin sürgün kuru ağırlığındaki değişimler (mg/bitki) (n=3).

Alparslan ve ark. (1998), Türkiye’de ekimi yapılan altı adet buğday ve altı adet çeltik çeşidinin tuz stresiyle karşılaştıklarında bitkilerin büyümesini etkilediği, tuz uygulamasının çeltik ve buğday fidelerinde, ortamın osmotik basıncını arttırdığı ve artışla orantılı olarak bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu kullanamadığı belirtilmiştir.

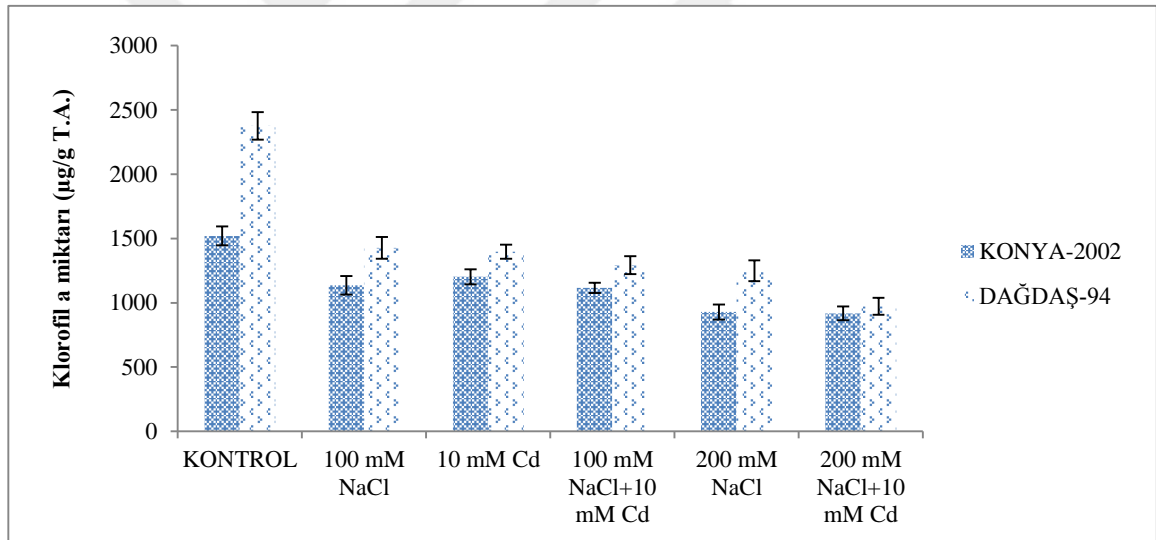
Keleş ve Öncel, (2002), sıcaklık ve su-tuz stresleri arasındaki çapraz etkileşimlerin bitkinin büyümesi ve pigmentasyonu üzerinde değişik etkilere sebep olduğunu göstermektedir. İki buğday çeşidine (*Triticum aestivum* L. ve *Triticum durum* Desf.) ait altı genotipin NaCl stresi uygulanan buğdayların büyümelerini bariz bir şekilde engellediğini tespit etmişlerdir.

Ergün ve Öncel, (2009), buğday bitkisinde kurşun (Pb), çinko (Zn) ve kadmiyum (Cd) ağır metalleri ve bu ağır metallerle birlikte uygulanan ABA ve GA3 hormon etkileşimlerinin kök ve sürgün büyümesi üzerine etkilerini zamana bağlı olarak (5. ve

10. Gün) araştırılmıştır. Her üç metalin yüksek konsantrasyonlarında kök ve sürgün büyümesi engellenmiştir. Ağır metallerin konsantrasyonu ve uygulama süresine bağlı olarak kök ve sürgün büyümesi inhibe olmuştur. Metaller arasında en toksik etkiyi Cd göstermiştir.

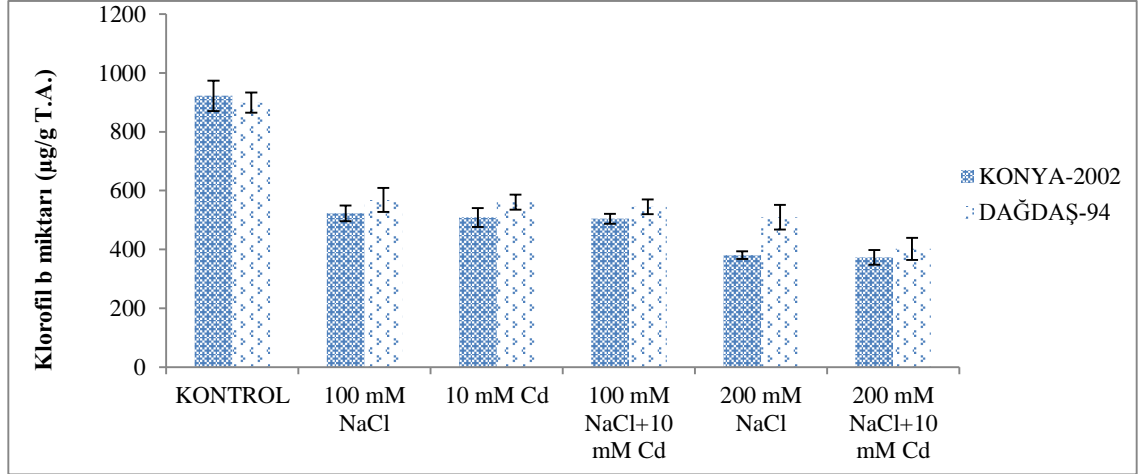
4. 1. 3. Pigment Miktarı Üzerine Etkileri

Deneyimizin klorofil a için yapılan çalışmasında iki bitki örneği için de kontrole göre azalma gözlenmiştir. Bu azalma özellikle 200 mM NaCl+Cd çalışmasında Konya-2002 örnekleri % 40 oranında; Dağdaş-94 fideleri % 59 oranında gerçekleşmiştir ($p \leq 0,01$). Bu durumun tuz ve kadmiyumun klorofil biyosentezine zarar vermesiyle ilişkili olduğu düşünülebilir (Ek 7) (Şekil 4.7.).



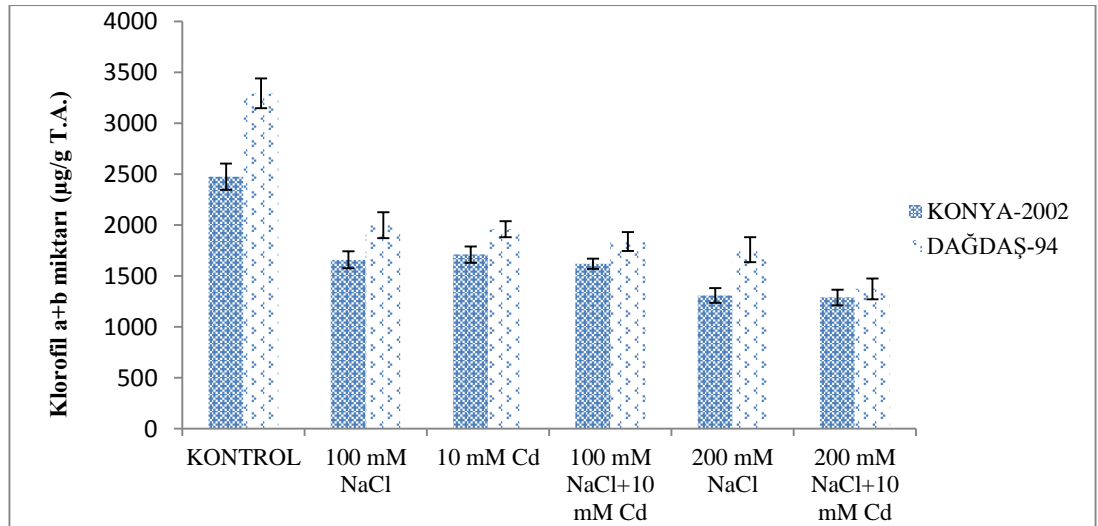
Şekil. 4. 7. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a miktarındaki değişimler (n=3).

Klorofil b miktarının her iki çeşitte de yapılan tuz, Cd ve tuz+Cd uygulamalarıyla azaldığı ve bu azalmanın uygulanan tuz konsantrasyonundaki artışa paralel olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0,01$)(Ek 8)(Şekil 4.8).



Şekil. 4. 8. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+ 10 mM Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil b miktarındaki değişimler (n=3).

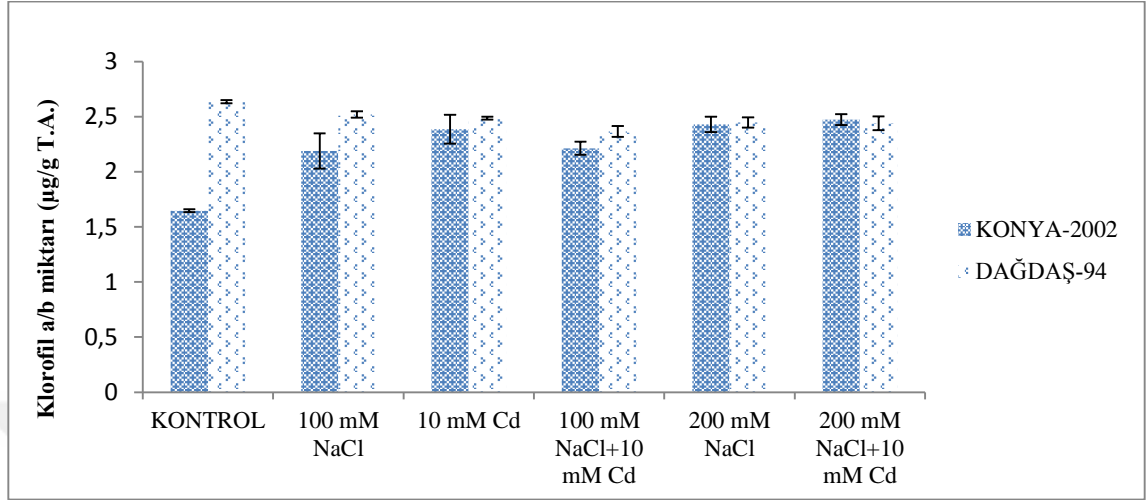
Toplam klorofil oranında klorofil a ve klorofil b örneklerinde olduğu gibi azalma gözlenmiştir. 200 mM NaCl+ 10 mM Cd uygulaması, Konya-2002 fidelerinde yaklaşık yarı yarıya; Dağdaş-94 çeşidi fidelerde ise yaklaşık %60 oranında düşmüştür ($p \leq 0,01$) (Şekil 4.9.) (Ek 9).



Şekil. 4.9. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a+b miktarındaki değişimler (n=3).

Çalışmanın klorofil a/b oranı hesaplandığında Dağdaş-94 örneklerinde kontrole

göre azalma gözlenmiştir. Konya-2002 fidelerinde klorofila/b oranları kontrol grubuna göre artmıştır ($p \leq 0,01$)(Şekil 4.10.)(Ek 10).



Şekil. 4.10. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a/b miktarındaki değişimler (n=3).

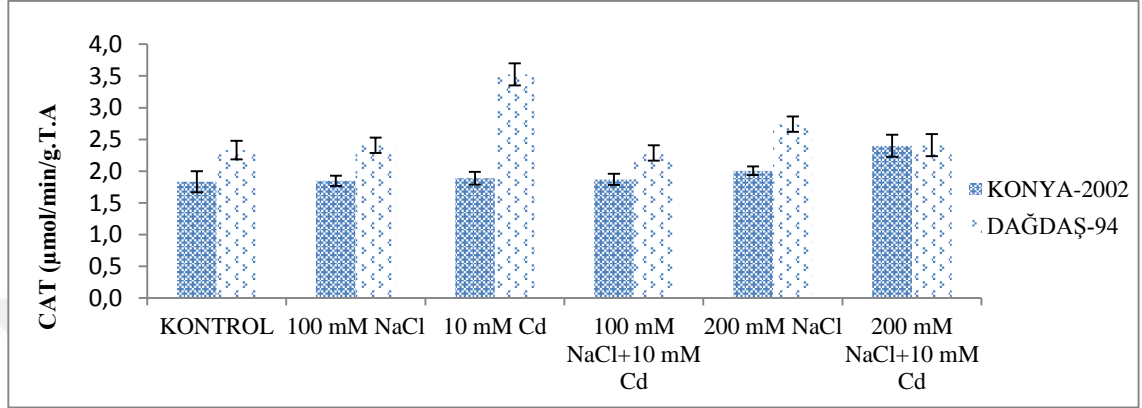
Keleş ve Öncel, (2002a), besin çözeltisine, 200 mM oranında NaCl eklenerek tuz stresine maruz bırakılan fidelerde bitki büyümesi ve oransal su içeriğinin (OSİ) önemli oranda düştüğü tespit edildi. Klorofil a, b, toplam klorofil içeriği önemli oranda azalırken, klorofil a/b oranı çeşitlere göre farklılık gösterdi.

Kuşvuran ve ark. (2008), 100 mM oranında tuz uygulanan *Cucumis sp.* çeşitlerinin Na^+ , K^+ , Cl^- iyon miktarı, lipid ve klorofil miktarları incelenerek değişimler belirlenmiştir. Lipid peroksidasyon ürünü olan MDA miktarı, tuz baskısı altında duyarlı genotiplerde artış; klorofil miktarlarında ise değişen oranlarda düşüş olmuştur.

Yakıt ve Tuna (2006), tuz stresi uygulanan mısır toplam klorofil ve karotenoid miktarları tuz uygulamasından olumsuz etkilenmiş fakat besin çözeltisine eklenen kalsiyum, magnezyum ve potasyumlu bileşikler tuzun olumsuz etkisini az da olsa düşürmüş, kontrol ve tuz uygulamalarına göre faydalı etki yapmışlardır.

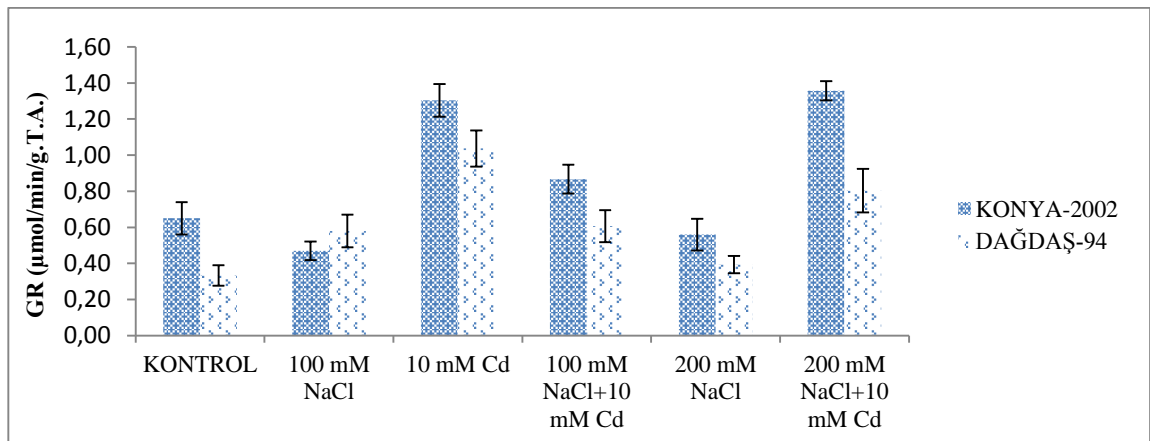
4. 1. 4. Katalaz ve Glutatyon Redüktaz Aktivitesi Üzerine Etkileri

Buğday fidelerindeki CAT aktivitesinin Dağdaş-94 çeşidinde, Konya-2002 çeşidine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0,01$). Cd uygulamasıyla CAT aktivitesinde meydana gelen artışın özellikle Dağdaş-94 çeşidi buğday fidelerinde tuz uygulamalarına göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir ($p \leq 0,05$). (Şekil 4.11.) (Ek11).



Şekil. 4. 11. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin katalaz enzimi aktivitesindeki değişimler (n=3).

Araştırmamızın GR enzim aktivitesi ölçümlerinde, kontrole göre Konya-2002 fideleri 10 mM Cd ve 200 mM NaCl+10 mM Cd uygulamalarında yaklaşık 2 kat artmıştır. Dağdaş-94 çeşidinde kontrole göre 10 mM Cd ve 200 mM NaCl+10 mM Cd uygulamalarında yaklaşık 3 kat artmıştır ($p \leq 0,01$) (Şekil 4.12.) (Ek12).



Şekil. 4. 12. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin glutatyon redüktaz aktivitesine etkisi (n=3)

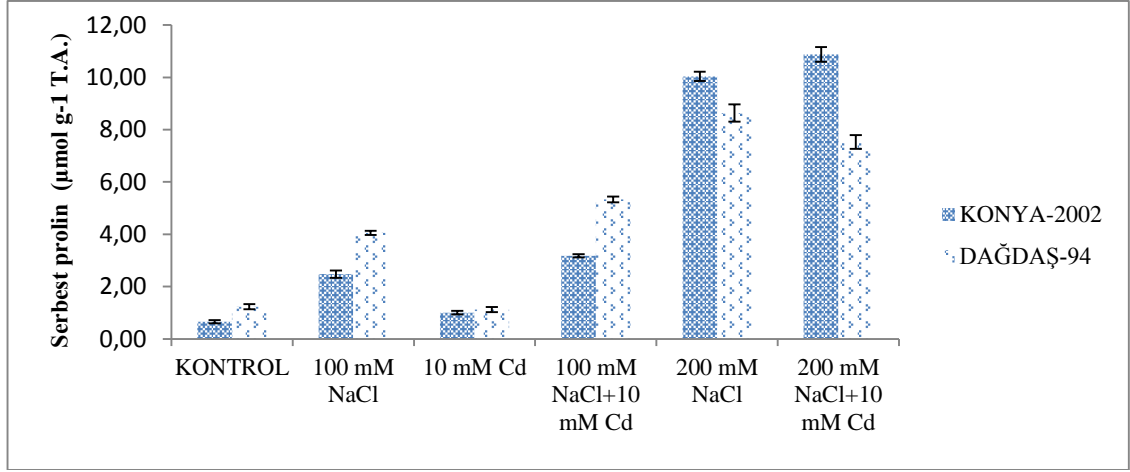
Tuz, ağır metal vb. stres koşullarında bitkilerdeki antioksidan enzim seviyesinde önemli derecede artışlar meydana gelmektedir. Bu duruma stresin sebep olduğu, antioksidant bileşiklerin temizlenmesi ile ilgili olarak gerçekleştiği bilinmektedir. Nitekim çalışmamızda da NaCl ve Cd uygulamalarında her iki çeşitte de GR ve CAT enzim aktivitelerinde önemli derecelerde artış meydana gelmesi ilgili enzimlerin artışının ortamdaki serbest radikallerin temizlenmesi ile ilgili olabileceğini düşünmekteyiz.

Özçubukçu ve ark. (2013), iki buğday çeşidinde su baskını (WL) ve nitrik asit (NO) etkilerini inceledikleri çalışmalarında CAT aktivitesinin su baskını stresi koşullarında Ducula-4 de Doğan kent'e göre daha fazla arttığını, GR aktivitesinin ise Ducula-4 fidelerinde WL-NO koşullarında özellikle 48. ve 72. Saatlerde artış gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Ağır metal ve yüksek sıcaklık ile birlikte yapılan ağır metal uygulamalarının, konsantrasyon artışı ile birlikte buğday fidelerinin kök, sürgün boyu ve taze ağırlıklarında azalmaya ve CAT aktivitesinde ise artışa neden olmuştur (Ergün ve ark. 2011).

4. 1. 5. Serbest Prolin Miktarı

Çalışmamızda prolin aminoasidinin her iki çeşit buğday fidelerinde yapılan stres uygulamalarıyla birikimi artmıştır. Bu artış tuzun konsantrasyon artışına göre özellikle Konya-2002 çeşidinde 200 mM NaCl uygulamasında kontrol örneklerine göre 10 kat artmıştır ($p \leq 0,01$). 200 mM NaCl+10 mM Cd uygulanan Konya-2002 fidelerinde prolin birikiminin sadece Cd uygulamasına göre yaklaşık 11 kat artmıştır. Dağdaş-94 fiderinde ise kontrol ve Cd uygulamalarına göre 100 mM NaCl 3 kat, 100 mM NaCl+Cd 5 kat, 200 mM NaCl 8 kat, 200 mM NaCl+Cd örneğinde ise 7 kat artmıştır. Bu durumda prolin birikimindeki artışın tuz uygulamasından kaynaklandığı söylenebilir ($p \leq 0,01$) (Şekil 4.13.) (Ek 13).



Şekil. 4. 13. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin serbest prolin miktarındaki değişimler (n=3).

Glisin, betain, prolin ve çözünen karbonhidratlar osmoregülatör özelliklere sahip olduklarından bitkilerde tuzluluk, sıcaklık vb. abiyotik stres şartlarında artar (Ergün ve ark 2014; Özçubukçu ve ark.2014; Ergün ve Öncel 2012; Öncel ve Keleş 2002). Prolin hidrofilik bir aminoasittir. Prolinin koruyucu rolü kimi bitkilerde glisinbetain, metiyonin vb. bileşiklerce de gerçekleştirilebilir. Prolin aminoasidi, tuz stresindeki bitkilerde protein bütünlüğünün korunmasını sağlayan çok önemli bir ozmotik düzenleyicidir (Bayat ve ark.,2014).

Yakıt ve Tuna (2006), tuz stresine maruz bırakılan mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) stres parametrelerinin (zar geçirgenliği, nispi su oranı, serbest prolin miktarı, klorofil ve karotenoid miktarları) üstüne kalsiyum (Ca), potasyum (K) ve magnezyum (Mg) elementlerinin etkileri incelendiğinde serbest prolin miktarının tuz uygulamasıyla birlikte arttığını tespit etmişlerdir.

Keleş ve Öncel (2002), 200 mM oranında NaCl eklenerek tuz stresine maruz bırakılan 6 buğday genotipinde serbest prolin miktarında artış olduğunu bildirmişlerdir.

4. 1. 6. Gen İfadeleri ve Sonuçları

Yaptığımız tez çalışmasında gerçek zamanlı RT-PCR yöntemi ile yapılan kuantitatif mRNA analizlerinde Tuzluluk ve ağır metal uygulaması yapılan *Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94 çeşidi buğday fidelerindeki mRNA

transkripsiyonları incelenmiştir.

q-PCR’da DNA’ların logaritmik çoğalmaya başladığı döngü sayısı (Eşik Döngü Sayısı CT) 35’in altındadır. Bu durum DNA çoğalma reaksiyonunun verimli gerçekleştiğini göstermektedir.

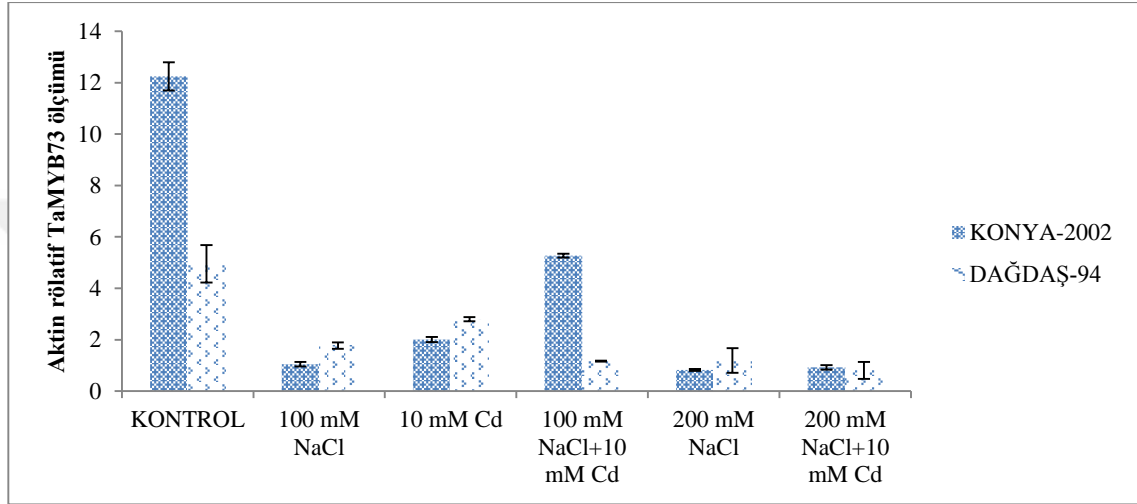
Erime eğrisi analizinde her gen için tek bir sıcaklık görüldüğünden yapılan deneylerin sonucu pozitif olarak değerlendirilmiştir. PCR ürünlerinin spesifik erime sıcaklıkları Aktin, MYB, ERG, SRG için sırasıyla, 84.00 ± 0.50 , 88.00 ± 1.00 ve 86.00 ± 1.00 ve 87 ± 0.50 C ° ‘dir.

Çizelge 4. 1. Çalışmamızda uyguladığımız stres şartlarında ifade olan primerlerin adları, kod adları, dizilimleri ve ürün büyüklükleri (Yiğit 2018’den değiştirilerek).

| Primer Adı | Sekans (5’-3’) | Bağlanma Sıcaklığı C° | Referans |
|---|----------------------|-----------------------|------------------------|
| TaSRG-F (<i>Triticum aestivum</i> Salt Response Gene) | GAAGATGGAGGTCAGGGACA | 56 | Ergün, Kolukırık, 2014 |
| TaSRG-R | AGCTCTTGCTGAGAGGCTTG | | |
| ActinF | GTCGGTGAAGGGGACTTACA | 55 | Ergün, Kolukırık, 2014 |
| ActinR | TTCATACAGCAGGCAAGCAC | | |
| ERF1-F (Ethylene responsive factor 1) | TCCTGTGATGGGTGATGCTA | 54 | Ergün, Kolukırık, 2014 |
| ERF1-R | AGGGCATGTCATCAAAGGTC | | |
| MYB73-F (Myeloblastosis Onco Gene) | GACAGCTTCTGGTCGGAGAC | 54 | Ergün, Kolukırık, 2014 |
| MYB73-R | CGACGACGGCGATAAACTAT | | |

4. 1. 6. 1. TaMYB73 Gen Sonuçları

Tez çalışmasında kadmiyum ve NaCl uygulamalarında TaMYB73 gen ifadesinin kontrole göre bütün örneklerde azaldığı tespit edilmiştir. Kontrol koşullarında TaMYB73 gen ifadesi, Konya-2002 fidelerinde, Dağdaş-94 çeşidi fidelere göre yaklaşık %50 daha fazla ifade edilmiştir. ($p \leq 0,01$)(Şekil. 4. 14)(Ek 14).



Şekil. 4. 14. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaMYB73 gen ifadesindeki değişimler (n=3).

Bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal uyumlar yaparak tuzluluk ve su kıtlığı şartlarına adapte olduğu ifade edilmiştir. Bu değişiklikler genlerin ekspresyonu ile oluşmaktadır (Rahaie ve ark. 2010). MYB proteinleri bitkilerdeki transkripsiyon faktörlerinin başında gelir (Riechmann ve ark.2000).

Tuz stresi koşullarında TaMYB73 geninin NaCl dehidrasyonu, çeşitli fitohormonları uyardığı ve ilgili genin overekspresyonunun *Arabidopsis*te iyonik stres cevabında rol oynayarak tuz stresine toleransı artırdığı ifade etmişlerdir (He ve ark., 2012).

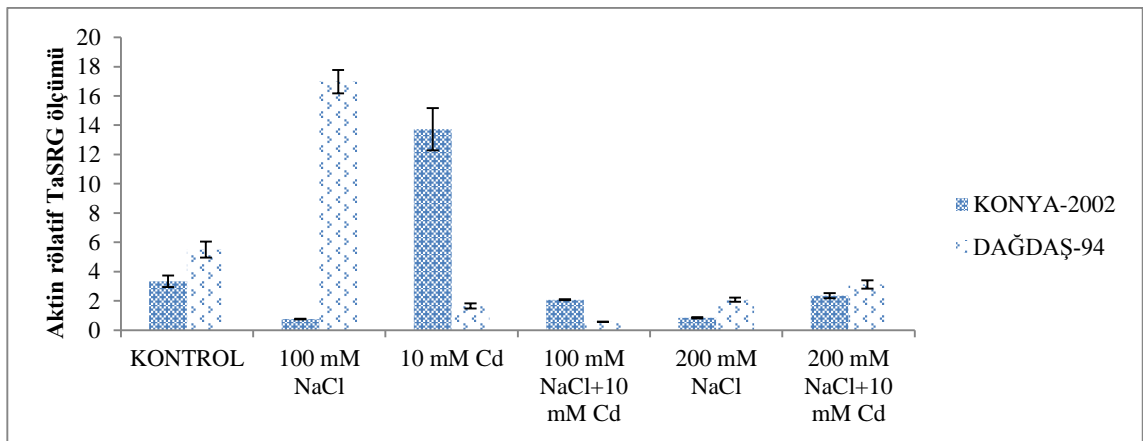
Özçubukçu ve ark. (2013), *Triticum aestivum* L. cv. Doğankent ve *Triticum aestivum* L. cv. Ducula-4 buğday fidesi çeşitlerinde su baskını (WL) ve su baskını+nitrik asit (NO) uygulamalarında, MYB2 ekspresyonunun her iki çeşitte de çalışmanın ilk saatlerinde arttığı tespit edilmiştir.

MYB bitkilerde sıkça rastlanan transkripsiyon faktörüdür. Bu faktör üzerine

yapılan çalışmalarda MYB transkripsiyon etkeninin biyotik ve abiyotik streslere, hücrenin gelişimine, uyarı iletimine vb. bitki cevaplarını içeren süreçlerde rol üstlendiği görülmüştür (Wang ve ark., 2016).

4. 1. 6. 2. TaSRG Gen Sonuçları

TaSRG gen ifadesinin bitkide tuz toleransı ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Düşük konsantrasyonda tuz uygulanan Dağdaş-94 çeşidi fidelerde TaSRG miktarındaki artış belirtilen çeşitte tuza toleransın artışı ile ilişkili olabilir. Çalışmada ağır metal olarak kadmiyumun $CdCl_2$ tuzu kullanılmıştır. Konya-2002 çeşidinde Cd uygulaması ile TaSRG miktarındaki artış, ilgili çeşidin Cd stresine dayanıklılık ile ilgili genlerle ilişkili olabilir. *Triticum aestivum* L. Konya-2002, Dağdaş-94 çeşidi buğday fidelerinde TaSRG/Actin gen ifadesi, 100 mM NaCl uygulanan Dağdaş-94 fidelerinde kontrole göre yaklaşık 3 kat arttığı belirlenmiştir. Buna karşın 200 mM tuz uygulamasında kontrole göre %50 oranında, 100 mM tuz uygulamasına göre ise yaklaşık %90 oranında azaldığı tespit edilmiştir ($p \leq 0,01$). Cd uygulamasının Konya-2002 çeşidinde Dağdaş-94 çeşidine göre yaklaşık 7 kat daha fazla TaSRG/Actin gen ifadesine neden olduğu bulunmuştur. Çalışmamızda her iki çeşitte de 100 mM NaCl +10 mM Cd, 200 mM NaCl, 100 mM NaCl+10 mM Cd uygulamalarında TaSRG/Actin oranının kontrole göre azaldığı gözlemlenmiştir ($p \leq 0,01$) (Şekil 4. 15) (Ek 15).



Şekil. 4. 15. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaSRG gen ifadesindeki değişimler (n=3).

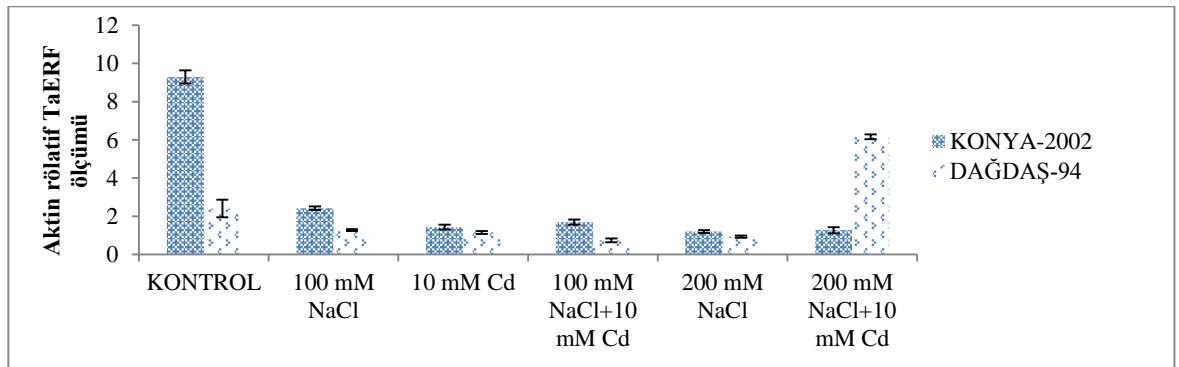
TaSRG (*Triticum aestivum* Tuz Cevap Geni) 'nin analizleri sonucu belirtilen genin ekspresyonunun NaCl, ağır metal ve diğer stres koşullarından etkilendiği ifade edilmiştir.

SRG genleri benzeri strese duyarlı genler, gen ifadelerinin ayarlanmasında görev alırlar (Garg ve Kumari,2016). He ve ark., (2011) buğday TaSRG geninin bitki çeşitlerinde transkripsiyon etkeni olarak toleransı arttırmakta işlev yaptığını tespit etmişlerdir. Ayrıca yaptıkları çalışmalarda TaSRG geninin işlevinin tuz toleransı ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Tuz stresi bitkilerde birçok genin ifadesine etken olmaktadır (Shinozaki ve Yamaguchi-Shinozaki,1996). Bu genler farklı fonksiyonlara sahip moleküler refakatçi proteinleri, osmotik ayarlama (Tamura ve ark. 2003), iyon kanalları (Ward ve Schroeder,1994), taşıyıcılar (Klein ve ark.2004) ve antioksidan ve deoksidan proteinleri (Bartels, 2001) ve özel TF ile düzenlenen proteinlerin ekspresyonunu kodlamaktadır (He ve ark.,2011).

4. 1. 6. 3. TaERF-1 Gen Sonuçları

Tuz, Cd ve tuz+Cd uygulaması yapılan Konya-2002 çeşidi buğday fidelerinde TaERF1/Actin oranının kontrole göre $\frac{1}{4}$ oranında ve daha az ifade olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0,01$). Tuz uygulamaları ve Cd uygulamaları TaERF1/Actin oranında azalmaya neden olmasına karşın, Dağdaş-94 çeşidi 200 mM NaCl+Cd uygulamasında bu oranın yaklaşık 3 kat arttığı belirlenmiştir ($p \leq 0,01$)(Şekil.4.16.) (Ek16).



Şekil. 4. 16. 100 mM NaCl, Cd,100 mM NaCl+Cd,200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaERF-1 gen ifadesindeki değişimler (n=3).

Etilen hormonu, bitkilerde meyvenin gelişmesi, olgunlaşması, yaşlanması vb. fizyolojik şartları düzenleyen bir hormondur. Abiyotik ve biyotik stres şartları altında ERF transkripsiyon elemanları gen ekspresyonlarını düzenleme rolünü oynar. ERF geni ilk olarak buğdaydan (*Triticum aestivum* L.) izole edilmiştir (Xu ve ark. 2007).

Tuzluluk, su baskını, ağır metal stresi gibi faktörler bitkilerin büyüme ve verimi üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Bitkiler abiyotik streslere çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik adaptasyonlarla cevap vermektedir (Cheng ve ark.2013). Stres durumunda bazı bitkiler bir takım gen ekspresyonlarını arttırarak cevaplar oluşturmaktadırlar. ERF1 transkripsiyon faktörleri biyotik ve abiyotik strese adaptasyonda görevli faktörlerdendir. ERF1'in aşırı ekspresyonunun *Arabidopsis*'te tuz ve kuraklık toleransını arttırdığını bildirmişlerdir (Cheng ve ark.2013). ET sinyali tuza aşırı duyarlı mutantlarda çok azaldığı ifade edilmiştir (Cela ve ark. 2011).

Ergün ve ark.(2014), ağır metal ve sıcaklık stresi uyguladıkları *Triticum aestivum* L. cv. Ç-1252 ve Gün-91 fidelerinde TaMYB73, TaERF1 ve TaSRG ekspresyon seviyelerinin Cr ve sıcaklık stresi ile arttığını bu durumun buğdayda Cr ve sıcaklık cevabını regüle eden genlerle ilişkili olabileceğini ifade etmişlerdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmamızda tuzluluk ve Cd stresinde yetiştirilen buğday fidelerinin gelişimi, bazı fizyolojik, biyokimyasal parametreler üzerine etkileri ve bu streslerde bazı genlerin nasıl ifade olduğunu belirlemek amacıyla ağır metal uygulaması yapılmıştır.

Buğday fidelerinin büyüme ve gelişmesinde tuzluluk ve kadmiyum uygulaması sonucunda değişimler değerlendirilmiştir. Belirtilen uygulamaların yapılan analizler sonucunda parametrelerde artış ve azalışlar şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda tuz, Cd ve tuz+Cd uygulamalarının her iki çeşit (Konya-2002, Dağdaş-94) buğday fidelerinde kök büyümesini olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Kök yaş, kuru ve boy ölçümlerinde Dağdaş-94 çeşidi fidelerinde özellikle 200 mM NaCl+Cd uygulamasında ciddi oranda azalmıştır. NaCl ve Cd stresinin Dağdaş-94 çeşidinde kök büyümesini, Konya-2002 çeşidine göre daha fazla inhibe ettiği belirlenmiştir.

Tuzluluk, kuraklık, ağır metal ve abiyotik streslerin bitkide verim, büyüme ve gelişme üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Nitekim çalışmamızda, tuzluluk ve Cd uygulamalarının çalışılan her iki çeşit buğday fidelerinde de gerek kök ve gerekse de sürgün büyümesini olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Fidelerin sürgün büyümesi Cd ve NaCl uygulamasıyla Konya-2002 çeşidinde, Dağdaş-94 çeşidi fidelere göre daha fazla inhibe olmuştur. Çalışmamızda tuz ve Cd uygulaması ile ilişkili olarak sürgün yaş, kuru ve boy ölçümlerinde ise hem Konya-2002 hem de Dağdaş-94 çeşidi fidelerde azalma görülmüştür.

Stres koşullarında bitkilerde klorofil biyosentezinin negatif etkilendiği ve miktarında azalma olduğu bilinmektedir. Tez çalışmamızın pigment analizi yaptığımız uygulamalarında, klorofil a, klorofil b ve klorofil a+b miktarının artan tuz konsantrasyonuyla birlikte kontrole göre azaldığı yapılan analizler sonucu belirlenmiştir. Klorofil miktarındaki azalmanın bütün uygulamalarda Cd+200 mM tuz çalışmasının her iki buğday çeşidinde (Konya-2002, Dağdaş-94) en fazla olduğu tespit edilmiştir. Klorofil pigmentinin azalışı kontrole göre bütün çalışmalarda Cd+200 mM tuz uygulaması yaklaşık yarı yarıya azalmıştır. Bu durumun klorofil biyosentezinin NaCl ve Cd tarafından ilişkili olabileceğini düşünmekteyiz.

Antioksidan enzimlerin stres durumunda bitkideki miktarının artarak, hücredeki serbest radikalleri (OH⁻, H⁺, Hidrojen peroksit) süpürdüğü bilinmektedir. Nitekim

çalışmamızda da NaCl ve Cd uygulamalarında her iki çeşitte de gerek CAT ve gerek GR enzim aktivitelerinin uygulanan strese bağlı olarak özellikle Dağdaş-94 çeşidi fidelerinde, Konya-2002 çeşidine göre daha fazla arttığı tespit edilmiştir. Bu durum Dağdaş-94 çeşidinin Konya-2002 çeşidine göre strese daha iyi cevap verdiği düşünülebilir. GR ve CAT enzim aktivitelerinde önemli derecelerde artış meydana gelmesi, ilgili enzimlerin artışının ortamdaki serbest radikallerin temizlenmesi ile ilgili olabileceğini düşünmekteyiz.

Konya-2002, Dağdaş-94 buğday fidelerindeki serbest prolin birikimi 100 mM NaCl, 100 mM NaCl+kadmiyum, kadmiyum, 200 mM NaCl+ kadmiyum, 200 mM NaCl koşullarında artış göstermiştir. Hidrofilik olan prolin aminoasidinin bitkide her türlü stres koşulunda arttığı literatürce desteklenmektedir. Çalışmamızda özellikle tuzun konsantrasyon artışına bağlı olarak prolin birikimi, Konya-2002, Dağdaş-94 buğday fidelerinde düşük doz tuz uygulamasında 4 kat arttığı, 100 mM NaCl uygulamasında 5 kat arttığı, özellikle 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamalarında ise kontrole göre 10 kata kadar yükseldiği grafiklerde görülmüştür. Çalışmamızda serbest prolin miktarındagörülen bu birikimin strese bağlı olarak bitkide meydana gelen osmoregülasyon ile ilişkili olabilir.

Çalışmamızın gen çalışmasında ağır metal ve NaCl uygulamalarında TaMYB73 ve TaERF1 gen ifadelerinin her iki çeşitte de kontrole göre, azaldığı tespit edilmiştir. 200 mM NaCl+10 mM Cd uygulamasında TaERF gen ifadesi kontrole göre Dağdaş-94 çeşidinde 3 kat arttığı ifade edilebilir. Dağdaş-94 çeşidi buğday fidelerinin kurağa dayanıklı olduğu bilinmektedir. Nitekim çalışmamızda 200 mM NaCl+10 mM Cd uygulamasında TaERF1 gen ifadesindeki artış, TaERF1 gen ifadesinin bitkilerde tuza toleransını arttırmasıyla ilişkili olabilir. TaSRG gen ifadesi Dağdaş-94 çeşidi buğday fidelerinde düşük doz tuz konsantrasyonunda kontrole göre 3 katı kadar artarken; kadmiyum uygulamasında Konya-2002 çeşidinde kontrole göre 4 kat arttığı belirtilmiştir. Yüksek tuz ve tuz+kadmiyum uygulamalarında ise TaSRG/Actin oranının kontrole göre azaldığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada kullandığımız Dağdaş-94 çeşidi buğday fidelerinin gerek tuz, gerek tuz + kadmiyum uygulamalarında Konya-2002 çeşidi fidelere göre daha dayanıklı olduğu düşünülebilir.

Bu tez konusuyla ilgili olarak tuzluluk, kadmiyum, tuzluluk-kadmiyum, etkileşimlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için çeşitli konsantrasyonlarının uygulanmasına, enzim ve gen aktivitelerinin belirlenmesine yönelik yeni çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Alparslan M., Güneş A. ve Taban S., 1998. Tuz Stresinde Çeltik ve Buğday Çeşitlerinin Kalsiyum, Fosfor, Demir, Bakır, Çinko ve Mangan İçeriklerinde Değişmeler. **J. of Agriculture and Forestry**, 22:227-233.
- Asri F., Sönmez S., Çıtak S., 2014 Kadmiyumun Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. **Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü/ANTALYA**
- Atar B., 2017. Gıdamız Buğdayın, Geçmişten Geleceğe Yolculuğu. **Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi**, 2 (1) : 1-12.
- Balcı G., 2018. Epibrassinosteroidin Kadmiyum Stresi Koşullarında Çilek Fidelerinin Vejetatif Büyüme Kriterleri Üzerine Etkisi . **BAHÇE**, 47(2): 33–38.
- Bartels D., Waldren R.P. ve Teare I.D., 2001. Targeting Detoxification Pathways An Efficient Approach to Obtain Plants With Multiple Stres Tolerance. **Trends Plant Science**, 6,4-286.
- Bates L.S., 1973.Rapid Determination of Free Proline for Water- Stress Studies.**Plant and soil**, 39:205-207.
- Batır M. E., 2014. Kurşun (Pb) Ve Bakır (Cu) Ağır Metal Stresi Uygulanan Enginar (*Cynara scolymus* L.) Tohumlarının Fidelerinde Oluşan DNA Değişikliklerinin Belirlenmesi. **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi**.
- Bayat R., Kuşvuran Ş., Ellialtıoğlu Ş. ve Üstün S., 2014. Tuz Stresi Altındaki Genç Kabak (*Cucurbita pepo* L. ve *C. moschata* Poir.) Bitkilerine Uygulanan Prolin'in Antioksidatif Enzim Aktiviteleri Üzerene Etkisi. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**, 1(1):25-33.
- Benlioğlu B. ve Özkan U., 2015. Bazı Arpa Çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L.) Çimlenme Dönemlerinden Farklı Dozlardaki Tuz Stresine Tepkilerin Belirlenmesi. **Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi**, 24(2):109-114.
- Cela J., Chang C. ve Munne-Bosch S., 2011. Accumulation of Y-Rather Than A-Tocopherol Alters Ethylene Signaling Gene Ekspresyon in the *Vte 4* Mutant of *Arabidopsis thaliana*. **Plant Cell Physiol**,160:541-555.
- Cheng M.C.,Liao P.M.,KuoW.W. ve Lin T.P.,2013. The Arabidopsis Ethylene Response Factor1 Regulates Abiotic Stress-Responsive Gene Ekspresyon by Binding to Different Cis-Akting Elements in Response To Different Stress Signals. **Plant Physiology**, Vol.162,pp.1566-1582.
- Çakmak, I., Marschner, H., 1992. Magnesium Defficiency and Hilight İntensity Enhance Activities of Superoxide Dismutase, Ascorbate Peroxidase And Glutathione Reductase in Bean Leaves. **Plant Physiology**, 98: 1222-1226.
- Çakmak., I., 1994. Activity of Ascorbate-Dependent H₂O₂ Scavenging Enzymes and Leaf Chlorosis are Enhancend in Magnesium And Potassium Deficient Leaves, but Not in Pohsphorus Deficient Leaves. **Journal Experiamental Botany**, 45: 1259-1266.
- Çulha Ş. ve Çakırlar H., 2011. Tuzluluğun Bitkiler Üzerine Etkileri Ve Tuz Tolerans Mekanizmaları. **Akü Febid**, 11: 11-34.
- Dağhan H., Uygur V., Köleli N., Arslan M., Eren A., 2013. Transgenik ve Transgenik Olmayan Tütün Bitkilerinde Ağır Metal Uygulamalarının Azot, Fosfor ve Potasyum Alımına Etkisi. **Tarım Bilimleri Dergisi — Journal Of Agricultural Sciences**, 19 (2013) 129-139

- Duran R E.,2007. Tuzlu Koşullar İçin Geliştirilebilecek Buğday Genotiplerinin Anter Kültür Tekniğine Uyumu. **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** Yüksek Lisans Tezi.
- Doğan R, Budaklı Çarpıcı E, ‘Bazı Makarnalık Buğday(*Triticum turgidum* L.) Genotiplerinin Çimlenme Döneminde Tuz Stresine Tepkileri **U.Ü Ziraat Fakültesi Dergisi** (2015).
- Erdal İ.,Türkmen Ö. ve Yıldız M., 2000. NaCl stresi altında yetiştirilen hıyar (*Cucumis sativus* L.) Fidelerinin Gelişimi ve Kimi Besin Maddeleri İçeriğindeki Değişimler Üzerine Potasyumlu Gübrelemenin Etkisi. **Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)**, 10(1):25-29.
- Ergün N., Buğday (*Triticum aestivum* L. Gün 91) 2005. Fidelerinde Bazı Ağır Metallerin ve Ağır Metal-Hormon Etkileşimlerinin Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkileri.**Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı** Doktora Tezi.
- Ergün N., Öncel I., 2009. Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) İlk Gelişme Döneminde Kök ve Gövde Büyümesi Üzerine Bazı Ağır Metal ve Ağır Metal-Hormon Uygulamalarının Etkileri . **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, 19(1):11-17.
- Ergün N., Muşlu A. ve Özçubukçu S., 2011. Sıcaklık–Ağır Metal (Cr ve Cu) Etkileşimlerinin Buğday Fidelerinde Büyüme ve Katalaz Aktivitesi Üzerine Etkileri. **C. U. Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi**, 32(1),16-24.
- Ergün N., Öncel I.,2012. Effect of some heavy metals and heavy metal hormone interactions on wheat (*Triticum aestivum* L.cv Gün 91) seedlings. **African Journal of Agricultural Research** Vol.7(10),pp.1518-1523.
- Ergün N., Özçubukçu S.,Kolukırık M. ve Temizkan Ö.,2014. Effects of Temperature – Heavy Metal Interactions, Antioxidant Enzyme Activity and Gene Expression in Wheat(*Triticum aestivum* L.) seedlings. **Acta Biologica Hungarica**, 65(4),pp.439–450.
- Garg G. ve Kumari R., 2016. Functional Analysis of Plants Srg-Genes Transmembrane Protein (Rlks) Under Stres Condition. **Journol of Bioscience and Agriculture Research**, 09 (02): 827-836.
- Gosset D.R.,Millhollon E.P.,Lucas M.C.,1994. Antioxidant Response to Nacl Stress İnsalt-Tolerant and Salt-Sensitive Cultivars of Cotton. **Crop Science** 34,706-714.
- He X., Hou X., Shen Y. ve Huang Z.,2011. TaSRG, a Wheat Transcription Factor, Significantly Salt Tolerance in Transgenic Rice and Arabidopsis. **FEBS Letters**, 585,1231-1237.
- He Y., Li W., Lv J.,Jia Y., Wang M. ve Xia G.,2012. Ectopic Expression of a Wheat MYB Transcription Factor Gene ,Tamyb73, İmproves Salinity Stress Tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **J. Exp Bot**, 63 : 1511-1522.
- Kadioğlu A., 2011. **Bitki Fizyolojisi**, 5. Baskı. Gündüz Ofset Matbaacılık ve Yayıncılık,419s,Trabzon.
- Kadioğlu A., 2015. **Temel Biyoloji**, 5. Baskı. Gündüz Ofset Matbaacılık ve Yayıncılık,371s,Trabzon.
- Kara B. ve Kara N., 2009. Effect of different salinity (NaCl) concentrations on the first development stages of root and shoot organs of wheat. **Anadolu Tarım Bilim Dergisi**, 25(1) : 37-43.

- Karanlık S, Tiryakioğlu M, Ergün N., 2014. Effects of Zn and K Nutritional Status on Protein Content, Lipid Peroxidation and Antioxidative Enzymes Activities under the Salinity Stress in Different Wheat Genotypes. **Fresenius Environmental Bulletin**. Vol 23, (1) 144-150.
- Keleş Y. ve Öncel I., 2002a. Buğday fidelerinde büyüme ve pigment içeriği üzerine sıcaklık ve su-NaCl streslerinin birlikte etkileri. **Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 3(1): 143-152.
- Keleş Y. ve Öncel I., 2002b. Response of antioxidative defence system to temperature and water stress combinations in wheat seedlings. **Plant Science**, 163,783-790.
- Klein M., Geisler M., Suh S.J., Kolukısaoğlu H.U., Azevedo L., Plaza S., Curtis M.D., Richter A., Weder B., Schulz B. ve Martinoia E., 2004. Disruption of AtMRP4, a guard cell plasma membrane ABC-transporter leads to deregulation of stomatal opening and increased drought susceptibility. **Plant J.**, 39,219-236.
- Koç, E. ve Üstün, A.S. 2008. Patojenlere Karşı Bitkilerde Savunma ve Antioksidanlar. **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi** 24 (1-2) ; 82- 100
- Koç E., Üstün Sülün A., Öncel I., Kaptanbaş Y., 2013. Salisilik Asit'in Domateste (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Kadmiyum Stresini İyileştirici Etkinliğinin Bazı Fizyolojik Parametrelerde İncelenmesi. **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 17(1), 22-28, 2013.
- Kuşvuran Ş., Ellialtıoğlu Ş., Abak K. ve Yaşar F., 2007. Bazı Kavun (*Cucumis* sp.) Genotiplerinin Tuz Stresine Tepkileri. **Tarım Bilimleri Dergisi**, 13 (4): 395-404.
- Kuşvuran Ş., Yaşar F., Abak K. ve Ellialtıoğlu Ş., 2008. NaCl Stresi Altında Yetiştirilen Tuza Tolerant ve Duyarlı *Cucumis* Sp.'nin Bazı Genotiplerinde Lipid Peroksidasyonu, Klorofil ve İyon Miktarlarında Meydana Gelen Değişimler. **Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)**, 18(1): 13-20.
- Muslu A., Ergün N., 2013. Effects of Copper And Chromium and High Temperature on Growth, Proline and Protein Content in Wheat Seedlings. **Bangladesh J. Bot.** 42(1): 105-111.
- Nazar H., 2012. Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Farklı Besin Maddesi İçerikteki Yaprak Gübrelere Verim, Verim Ögeleri Ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi. **Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi**.
- Öncel, I., Keleş, Y., 2002. NaCl Stresi Altındaki Buğday Genotiplerinde Büyüme, Pigment İçeriği ve Çözünür Madde Kompozisyonunda Değişmeler. Cumhuriyet Üniversitesi **Fen Bilimleri Dergisi**. 23: (2):8-16.
- Özçubukçu S., Ergün N. 2013. Effects of Waterlogging - Nitric Oxide on Chlorophyll and Carotenoid Pigments of Wheat. **Journal of Food, Agriculture & Environment**. 11 (3- 4) 2319-2323
- Özçubukçu S., Ergün N., İlhan E., 2014. Waterlogging and Nitric Oxide Induce Gene Expression and Increase Antioxidant Enzyme Activity in Wheat (*Triticum aestivum* L.) **Acta Biologica Hungarica** 65(1), 47-60.
- Özkutlu F., Erdem H., 2018 Ekmeklik ve Makarnalık Buğdaylara Uygulanan Çinko Dozlarının Kadmiyum Alımına Etkisi. **Türk Tarım – Gıda Bilim Ve Teknoloji Dergisi**, 6(12):1713-1717.
- Page, A.L., A.C. Chang and D.C. Adriano, 1990. Deficiencies and Toxicities of Trace Elements. In: Agricultural Salinity Assessment and Management, Tanji,

- K.K.(Ed.) ASCE**, pp: 138-160.
- Paustini K., Siosemardeh A., Ranjbar M. (2007). Proline Accumulation as a Response to Salt Stress in 30 Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars Differing in Salt Tolerance. **Genet Resour Crop Evol** 54:925-934.
- 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.
- Rezai S., Orojloo M., Bidabadi S. S., (2013). Possible Role of Methyl Jasmonate in Protection to NaCl Induced Salt Stress in Pepper cv. 'Green Hashem'. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences.** 6-7/1235-1238.
- Riechmann J.L., Heard J., Martin G., Reuber L., Jiang CZ, Keddie J., Adam L., Pineda O., Ratcliffe OJ, Samaha RR et al, 2000. Arabidopsis transcription factors: genome – wide comparative analysis among eukaryotes. **Science**, 290: 2105-2010.
- Seymen B. ve Önder M., 2015. Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinde Tuzluluğun Fide Gelişimi Üzerine Etkisi. **Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi**, 2(2): 109-115.
- Shinozaki K. ve Yamaguchi-Shinozaki K., 1996. Molecular Responses to Drought and Cold Stress. **Curr. Opin. Biotech.** 7, 161-167.
- Süzer S., 2004. 'Buğday Tarımı' hayrabolutb.org.tr **Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü**
- Şahin N., 2012. Ekmeklik Buğdayda Yaprak Gübresi Uygulamalarının Verim ve Kalite Üzerine Etkisi. **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**. Yüksek Lisans Tezi.
- Tamura T., Hara K., Yamaguchi Y., Koizumi N. ve Sano H., 2003. Osmotic Stress Tolerance Of Transgenic Tobacco Expressing a Gene Encoding a Membrane – Located Receptor-Like Protein From Tobacco Plants. **Plant Physiol.** 131, 454-462.
- Tatar D., ve Yazgan S., 2000. Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeylerinin Buğday Bitkisinin Gelişimi Üzerindeki Etkisinin Bitki Gelişimi Benzetim Modellemesi ile Belirlenmesi. **Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi**, 33 (4), 369-374.
- Tongarlak Ş, 2010. Farklı Buğday ve Arpa Varyetelerinin Kadmiyuma Tepkilerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı** Doktora Tezi. Turan, M.A., Awad Elkarim, A.H., Taban, N. and Taban, S. 2010. Effect Of Salt Stress On Growth And Ion Distribution and Accumulation in Shoot and Root of Maize Plant. **African Journal of Agricultural Research**, 5(7): 584-588.
- TMMOB, <http://www.zmo.org.tr> Buğday Raporu 2018
- Uranbey S., Köm D., Akdoğan G., Ahmet A. A. H., Koçak N., Kara M. E., 2017. Tuz Stresinin Patateste Stoma Dayanıklılığı ile İlgili Asg1 Geni İfade Düzeyine Etkileri. **Mediterranean Agricultural Sciences**, 30(3): 235-238
- Yağmur M., Kaydan D. ve Okut N., 2006. Potasyum Uygulamasının Tuz Stresindeki Arpanın Fotosentetik Pigment İçeriği, Osmotik Potansiyel, K⁺/Na⁺ Oranı ile Bitki Büyümesindeki Etkileri. **Tarım Bilimleri Dergisi**, 12 (2) :188-194.
- Yakışır E., Bayraktaroğlu M., Yıldırım T., Çayıröz M.A., Kara İ., Türköz M., Cerit Ş.A. Şahin M. ve Aydoğan S., 2016. İleri Kademe Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinin Yağışa Dayalı Şartlarda Tane Verimi ve

- Bazı Kalite Parametreleri Yönünden Değerlendirilmesi. **Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi**, 25 (Özel sayı-1):81-86.
- Yakıt S. ve Tuna A.L., 2006. Tuz Stresi Altındaki Mısır Bitkisinde (*Zea Mays* L.) Stres Parametreleri Üzerine Ca, Mg ve K'nın Etkileri. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 19(1) : 59-67.
- Yıldır H., 2018. Buğday (*Triticum aestivum* L.) ve Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Bitkilerinde Kısa Süreli Ağır Metal Uygulamasının Bazı Antioksidan Enzimlerin Expresyon Seviyeleri ve Lipid Peroksidasyonu Üzerine Etkileri. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoloji Anabilim Dalı** Yüksek Lisans Tezi.
- Yılmaz E., Tuna A.L. ve Bürün B., 2011. Bitkilerin NaCl Stresi Etkilerine Karşı Geliştirdikleri Tolerans Stratejileri. **Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 7.1: 47-66.
- Yiğit Ö.,2018. Tuzluluk ve Sıcaklık Streslerinde Hümik Asitin Buğday Fidelerindeki Bazı Genler Üzerine Etkileri. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoloji Anabilim Dalı** Yüksek Lisans Tezi.
- Xu Z-S., Xia L-Q., Chen M., Cheng X-G.,Zhang R-Y.,Li L-C., Zhao Y-X.,Lu Y., Ni Z-Y.,Liu L.,Qui Z-G.,Ma Y-Z., 2007. Isolation and of Molecular Cracterization of the *Triticum aestivum* L. Ethylene –Responsive Factor 1 (TaERF1) That Increases Multiple Stres Tolerance. **Plant Mol.Biol** 65:719-732.
- Ward J.M. ve Schroeder J.I., 1994. Calcium-Activated K⁺ Channels and Calcium-Induced Calcium Release By Slow Vacuolar İon Channels in Guard Cell Vacuoles İmplicated in The Control of Stomal Closure. **Plant Cell**, 6,669-683.
- Wang H., Wang H., Shao H. ve Tang X., 2016. Recent Advances in Utilizing Transcription Factors to İmprove Plant Abiyotic Stress Tolerance by Transgenic Technology. **Frontiers in Plant Science** ,1-13.
- Wang Y., Xu H., Zhang G., Zhu H., Zhang L., Zhang Z., Zhang C., Ma Z., 2009. Expression and Responses to Dehygration and Salinity Stresses of V-PPase Gene Members in Wheat. **Journal of Genetics and Genomics**. 36:711-720
- Zengin Kırbağ F. ve Munzuroğlu Ö., 2003. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Kadmiyum(Cd++) ve Civa (Hg++)'nın Etkileri. Cumhuriyet Üniversitesi **Fen Bilimleri Dergisi**. Cilt 24,Sayı 1,64-75

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Antakya’da doğdu. İlköğrenimini Kuzeytepe Atatürk İlköğretim okulunda okudu. Ortaokulu Antakya Atatürk Ortaokulunda okudu. Lise öğrenimini Merkez 23 Temmuz Lisesi’nde tamamladı. 1997 yılında girdiği Mustafa Kemal Üniversitesi’nden 2002 yılında mezun oldu. 2012 yılında, Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2003 yılından itibaren Mustafa Kemal Üniversitesi Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.



EKLER

Ek1.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin ortalama kök boyundaki varyans analizi

Bağımlı Değişken: Kök boy

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 63,639 ^a | 11 | 5,785 | 4,250 | ,001 |
| Kesişim | 4074,694 | 1 | 4074,694 | 2993,653 | ,000 |
| Çeşit | ,028 | 1 | ,028 | ,020 | ,888 |
| Muamele | 41,472 | 5 | 8,294 | 6,094 | ,001 |
| Çeşit*muamele | 22,139 | 5 | 4,428 | 3,253 | ,022 |
| Hata | 32,667 | 24 | 1,361 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek1.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin ortalama kök boyundaki aritmetik ortalama değerleri

| Kök boy a.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|----------------|---------|-------------|----|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 11 | 10 | 11 | 11 | 11 | 9 |
| Dağdaş-94 | 13 | 12 | 11 | 9 | 11 | 8 |

Ek1.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin ortalama kök boyundaki standart hata değerleri

| Kök boy s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|----------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 0,23 | 0,62 | 0,40 | 0,62 | 0,6 | 0,23 |
| Dağdaş-94 | 0,23 | 0,46 | 0,62 | 0,62 | 0,23 | 0,4 |

Ek2.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin kök yaş ağırlığındaki varyans analizi

Bağımlı Değişken: Kök yaş ağırlığı

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 11826,972 ^a | 11 | 1075,179 | 12,592 | ,000 |
| Kesişim | 350266,69 4 | 1 | 350266,69 4 | 4102,017 | ,000 |
| Çeşit | 6861,361 | 1 | 6861,361 | 80,354 | ,000 |
| Muamele | 4080,806 | 5 | 816,161 | 9,558 | ,000 |
| Çeşit*muamele | 884,806 | 5 | 176,961 | 2,072 | ,104 |
| Hata | 2049,333 | 24 | 85,389 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek2.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin Kök yaş ağırlığı aritmetik ortalama değerleri

| Kök yaş a.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|----------------|---------|-------------|-------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 95,33 | 85,33 | 84 | 86,3 | 83,66 | 74,3 |
| Dağdaş-94 | 135 | 117 | 118,6 | 117,3 | 100,6 | 73,6 |

Ek2.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin Kök yaş ağırlığı standart hata değerleri

| Kök yaş s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|----------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 5,78 | 2,24 | 2,67 | 4,9 | 2,31 | 3,67 |
| Dağdaş-94 | 4,13 | 2,54 | 3,11 | 3,39 | 3,2 | 5,11 |

Ek3.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin kök yaş ağırlığındaki varyans analizi

Bağımlı Değişken: Kök kuru ağırlığı

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 45,889 ^a | 11 | 4,172 | 3,065 | ,011 |
| Kesişim | 4669,444 | 1 | 4669,444 | 3430,612 | ,000 |
| Çeşit | 1,778 | 1 | 1,778 | 1,306 | ,264 |
| Muamele | 33,889 | 5 | 6,778 | 4,980 | ,003 |
| Çeşit*muamele | 10,222 | 5 | 2,044 | 1,502 | ,226 |
| Hata | 32,667 | 24 | 1,361 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek3.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin Kök yaş ağırlığı aritmetik ortalama değerleri

| Kökkuru a.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|----------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 13,6 | 12,3 | 10,3 | 10,3 | 11 | 9,3 |
| Dağdaş-94 | 12,6 | 11,3 | 12 | 11,3 | 11,6 | 10,6 |

Ek3.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin Kök yaş ağırlığı standart hata değerleri

| Kökkuru s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|----------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 0,62 | 0,24 | 0,62 | 0,46 | 0,4 | 0,46 |
| Dağdaş-94 | 0,47 | 0,62 | 0,4 | 0,46 | 0,24 | 0,46 |

Ek4.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin sürgün boyundaki varyans analizi

Bağımlı Değişken: Sürgün boy

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 249,889 ^a | 11 | 22,717 | 12,582 | ,000 |
| Kesişim | 20258,778 | 1 | 20258,778 | 11220,246 | ,000 |
| Çeşit | 4,000 | 1 | 4,000 | 2,215 | ,150 |
| Muamele | 223,556 | 5 | 44,711 | 24,763 | ,000 |
| Çeşit*muamele | 22,333 | 5 | 4,467 | 2,474 | ,061 |
| Hata | 43,333 | 24 | 1,806 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek4.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin Sürgün boy aritmetik ortalama değerleri

| Sür. boy a.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|-----------------|---------|-------------|----|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 30 | 24 | 25 | 22 | 23 | 21 |
| Dağdaş-94 | 27 | 24 | 25 | 24 | 21 | 20 |

Ek4.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin Sürgün boy standart hata değerleri

| Sür.boy s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|----------------|---------|-------------|-----|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 0,46 | 0,40 | 0,4 | 0,62 | 0,6 | 0,6 |
| Dağdaş-94 | 0,62 | 0,46 | 0,7 | 0,46 | 0,6 | 0,4 |

Ek5.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin sürgün taze ağırlığındaki varyans analizi

Bağımlı Değişken: Sürgün taze

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 31006,972 ^a | 11 | 2818,816 | 6,876 | ,000 |
| Kesişim | 1342894,694 | 1 | 1342894,694 | 3275,575 | ,000 |
| Çeşit | 220,028 | 1 | 220,028 | ,537 | ,471 |
| Muamele | 26736,806 | 5 | 5347,361 | 13,043 | ,000 |
| Çeşit*muamele | 4050,139 | 5 | 810,028 | 1,976 | ,119 |
| Hata | 9839,333 | 24 | 409,972 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek5.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin Sürgün taze ağırlığı aritmetik ortalama değerleri

| Sür. taze a.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|------------------|---------|-------------|-------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 234,3 | 208 | 205,6 | 160,6 | 180,3 | 155 |
| Dağdaş-94 | 243,3 | 212,3 | 196,6 | 206 | 156 | 159,3 |

Ek5.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin Sürgün taze ağırlığı standart hata değerleri

| Sür.taze s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|-----------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 6,12 | 10,12 | 9,7 | 6,53 | 4,98 | 6,12 |
| Dağdaş-94 | 9,18 | 9,6 | 8,16 | 6,85 | 7,75 | 11,2 |

Ek6.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin sürgün kuru ağırlığındaki varyans analizi

Bağımlı Değişken: Sürgün kuru

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 320,306 ^a | 11 | 29,119 | 6,392 | ,000 |
| Kesişim | 21267,361 | 1 | 21267,361 | 4668,445 | ,000 |
| Çeşit | ,694 | 1 | ,694 | ,152 | ,700 |
| Muamele | 289,806 | 5 | 57,961 | 12,723 | ,000 |
| Çeşit*muamele | 29,806 | 5 | 5,961 | 1,309 | ,294 |
| Hata | 109,333 | 24 | 4,556 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek6.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin Sürgün kuru ağırlığı aritmetik ortalama değerleri

| Sür. kuru a.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|------------------|---------|-------------|----|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 29 | 25,6 | 25 | 20,6 | 25,3 | 19,3 |
| Dağdaş-94 | 29,3 | 26,3 | 23 | 23,6 | 23,3 | 21 |

Ek6.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin ortalama Sürgün kuru ağırlığı standart hata değerleri

| Sür.kuru s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|-----------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 1,07 | 1,02 | 1,07 | 0,62 | 0,4 | 0,85 |
| Dağdaş-94 | 1,31 | 0,47 | 0,4 | 0,62 | 0,81 | 0,85 |

Ek7.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a miktarındaki varyans analizi

Bağımlı Değişken: Klorofil a

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 5090766,509 ^a | 11 | 462796,955 | 15,620 | ,000 |
| Kesişim | 60321318,222 | 1 | 60321318,222 | 2035,970 | ,000 |
| Çeşit | 896291,381 | 1 | 896291,381 | 30,252 | ,000 |
| Muamele | 3602225,012 | 5 | 720445,002 | 24,317 | ,000 |
| Çeşit*muamele | 592250,116 | 5 | 118450,023 | 3,998 | ,009 |
| Hata | 711067,396 | 24 | 29627,808 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek7.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a aritmetik ortalama değerleri

| Klor.a ar.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|----------------|---------|-------------|--------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 1520 | 1135,9 | 1202,4 | 1115,6 | 928,2 | 917,5 |
| Dağdaş-94 | 2376 | 1427,1 | 1396,4 | 1293,3 | 1248,4 | 971,9 |

Ek7.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a standart hata değerleri

| Klor.a s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|---------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 72,7 | 72,6 | 58,3 | 38,9 | 59,2 | 52,7 |
| Dağdaş-94 | 107,2 | 84,5 | 54,7 | 69,8 | 81,2 | 65,6 |

Ek8.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil b miktarındaki varyans analizi

Bağımlı Değişken: Klorofil b

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 1045673,614 ^a | 11 | 95061,238 | 14,732 | ,000 |
| Kesişim | 11211079,407 | 1 | 11211079,407 | 1737,481 | ,000 |
| Çeşit | 18623,606 | 1 | 18623,606 | 2,886 | ,102 |
| Muamele | 1009063,336 | 5 | 201812,667 | 31,277 | ,000 |
| Çeşit*muamele | 17986,673 | 5 | 3597,335 | ,558 | ,731 |
| Hata | 154859,731 | 24 | 6452,489 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek8.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil b aritmetik ortalama değerleri

| Klor.b ar.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|----------------|---------|-------------|--------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 922,4 | 522,7 | 508,5 | 504,6 | 380,6 | 372,7 |
| Dağdaş-94 | 899,2 | 567,9 | 560,99 | 545,3 | 509,3 | 401,9 |

Ek8.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil b standart hata değerleri

| Klor.b. s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|----------------|---------|-------------|-------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 51,8 | 26,5 | 32,12 | 16,9 | 13,5 | 24,9 |
| Dağdaş-94 | 34 | 40,8 | 25,3 | 24,9 | 41,75 | 37,3 |

Ek9.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a+b miktarındaki varyans analizi

Bağımlı Değişken: Klorofil a+b

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 10388242,14 5 ^a | 11 | 944385,650 | 15,515 | ,000 |
| Kesişim | 124195719,6 72 | 1 | 124195719,6 72 | 2040,419 | ,000 |
| Çeşit | 1165327,447 | 1 | 1165327,447 | 19,145 | ,000 |
| Muamele | 8731469,902 | 5 | 1746293,980 | 28,690 | ,000 |
| Çeşit*muamele | 491444,797 | 5 | 98288,959 | 1,615 | ,194 |
| Hata | 1460826,349 | 24 | 60867,765 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek9.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a+b aritmetik ortalama değerleri

| Klor.a+b ar.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|------------------|---------|-------------|---------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 2475,8 | 1658,7 | 1710,98 | 1620,387 | 1308,667 | 1290,277 |
| Dağdaş-94 | 3294,6 | 1998,35 | 1960,70 | 1838,647 | 1757,717 | 1373,73 |

Ek9.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a+b standart hata değerleri

| Klor.a+b s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|-----------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 129,2 | 83 | 80,7 | 50,7 | 72,3 | 77,1 |
| Dağdaş-94 | 145,2 | 127,3 | 77,9 | 93,4 | 122,8 | 102,8 |

Ek10.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a/b miktarındaki varyans analizi

Bağımlı Değişken: Klorofil a/b

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 2,128 ^a | 11 | ,193 | 5,423 | ,000 |
| Kesişim | 199,327 | 1 | 199,327 | 5587,747 | ,000 |
| Çeşit | ,606 | 1 | ,606 | 16,982 | ,000 |
| Muamele | ,442 | 5 | ,088 | 2,478 | ,060 |
| Çeşit*muamele | 1,080 | 5 | ,216 | 6,055 | ,001 |
| Hata | ,856 | 24 | ,036 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek10.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a/b aritmetik ortalama değerleri

| Klor.a/b ar.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|------------------|---------|-------------|-------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 1,64 | 2,19 | 2,386 | 2,213 | 2,43 | 2,473 |
| Dağdaş-94 | 2,63 | 2,52 | 2,48 | 2,36 | 2,44 | 2,44 |

Ek10.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin klorofil a/b standart hata değerleri

| Klor.a/b .s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|------------------|---------|-------------|-------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 0,014 | 0,16 | 0,13 | 0,06 | 0,07 | 0,05 |
| Dağdaş-94 | 0,015 | 0,03 | 0,014 | 0,05 | 0,04 | 0,06 |

Ek11.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin katalaz aktivitesindeki varyans analizi

Bağımlı Değişken: Katalaz

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 865223,558 ^a | 11 | 78656,687 | 6,811 | ,000 |
| Kesişim | 21180720,403 | 1 | 21180720,403 | 1834,016 | ,000 |
| Çeşit | 417916,996 | 1 | 417916,996 | 36,187 | ,000 |
| Muamele | 206731,211 | 5 | 41346,242 | 3,580 | ,015 |
| Çeşit*muamele | 240575,351 | 5 | 48115,070 | 4,166 | ,007 |
| Hata | 277171,677 | 24 | 11548,820 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek11.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin katalaz aktivitesindeki aritmetik ortalama değerleri

| Katalaz ar.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|-----------------|---------|-------------|-----|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2 | 2,4 |
| Dağdaş-94 | 2,3 | 2,4 | 3,5 | 2,3 | 2,7 | 2,4 |

Ek11.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin katalaz aktivitesindeki standart hata değerleri

| Katalaz ar.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|-----------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 0,165 | 0,08 | 0,1 | 0,087 | 0,07 | 0,174 |
| Dağdaş-94 | 0,147 | 0,122 | 0,17 | 0,122 | 0,121 | 0,173 |

Ek12.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin glutatyon redüktaz aktivitesindeki varyans analizi

Bağımlı Değişken: GR

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 3,917 ^a | 11 | ,356 | 7,965 | ,000 |
| Kesişim | 21,421 | 1 | 21,421 | 479,168 | ,000 |
| Çeşit | ,262 | 1 | ,262 | 5,856 | ,023 |
| Muamele | 3,440 | 5 | ,688 | 15,388 | ,000 |
| Çeşit*muamele | ,215 | 5 | ,043 | ,964 | ,459 |
| Hata | 1,073 | 24 | ,045 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek12.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin glutatyon redüktaz aktivitesindeki aritmetik ortalama değerleri

| GR ar.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 0,65 | 0,47 | 1,30 | 0,87 | 0,56 | 1,36 |
| Dağdaş-94 | 0,33 | 0,58 | 1,04 | 0,61 | 0,39 | 0,8 |

Ek12.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin glutatyon redüktaz aktivitesindeki standart hata değerleri

| GR s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 0,09 | 0,05 | 0,09 | 0,08 | 0,088 | 0,05 |
| Dağdaş-94 | 0,05 | 0,09 | 0,1 | 0,089 | 0,048 | 0,12 |

Ek13.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin prolin miktarındaki varyans analizi

Bağımlı Değişken: Prolin

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 458,779 ^a | 11 | 41,707 | 255,951 | ,000 |
| Kesişim | 787,738 | 1 | 787,738 | 4834,230 | ,000 |
| Çeşit | ,028 | 1 | ,028 | ,170 | ,683 |
| Muamele | 427,835 | 5 | 85,567 | 525,112 | ,000 |
| Çeşit*muamele | 30,916 | 5 | 6,183 | 37,946 | ,000 |
| Hata | 3,911 | 24 | ,163 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek13.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin prolin miktarındaki aritmetik ortalama değerleri

| Prolin ar.ort. | Kontrol | 100nMN aCl | Cd | 100mMNa Cl+Cd | 200mM NaCl | 200mMNaCl+ Cd |
|----------------|---------|------------|------|---------------|------------|---------------|
| Konya-2002 | 0,66 | 2,48 | 1 | 3,18 | 10,03 | 10,88 |
| Dağdaş-94 | 1,23 | 4,06 | 1,12 | 5,33 | 8,63 | 7,53 |

Ek13.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin prolin miktarındaki standart hata değerleri

| Prolin s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|---------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 0,06 | 0,13 | 0,07 | 0,06 | 0,18 | 0,28/ |
| Dağdaş-94 | 0,1 | 0,08 | 0,1 | 0,11 | 0,33 | 0,26 |

Ek14.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaMYB73 gen ifadesindeki varyans analizi

Bağımlı Değişken: MYB

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 363,877 ^a | 11 | 33,080 | 48,414 | ,000 |
| Kesişim | 306,834 | 1 | 306,834 | 449,070 | ,000 |
| Çeşit | 23,136 | 1 | 23,136 | 33,861 | ,000 |
| Muamele | 256,822 | 5 | 51,364 | 75,175 | ,000 |
| Çeşit*muamele | 83,918 | 5 | 16,784 | 24,564 | ,000 |
| Hata | 16,398 | 24 | ,683 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek14.2. 100nMNaCl,Cd,100mMNaCl+Cd,200mMNaCl ve 200mMNaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaMYB73 gen ifadesindeki aritmetik ortalama değerleri

| MYB ar.ort. | Kontrol | 100nMNaCl | Cd | 100mMNaCl+Cd | 200mMNaCl | 200mMNaCl+Cd |
|-------------|---------|-----------|------|--------------|-----------|--------------|
| Konya-2002 | 12,25 | 1,05 | 2,01 | 5,27 | 0,82 | 0,92 |
| Dağdaş-94 | 4,95 | 1,77 | 2,8 | 1,17 | 1,19 | 0,81 |

Ek14.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaMYB73 gen ifadesindeki standart hata değerleri

| MYB s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 0,55 | 0,09 | 0,1 | 0,08 | 0,04 | 0,09 |
| Dağdaş-94 | 0,73 | 0,12 | 0,08 | 0,02 | 0,48 | 0,33 |

Ek15.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaSRG gen ifadesindeki varyans analizi

Bağımlı Değişken: SRG

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 936,446 ^a | 11 | 85,131 | 33,815 | ,000 |
| Kesişim | 704,283 | 1 | 704,283 | 279,749 | ,000 |
| Çeşit | 11,753 | 1 | 11,753 | 4,669 | ,041 |
| Muamele | 309,853 | 5 | 61,971 | 24,615 | ,000 |
| Çeşit*muamele | 614,839 | 5 | 122,968 | 48,844 | ,000 |
| Hata | 60,421 | 24 | 2,518 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek15.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaSRG gen ifadesindeki aritmetik ortalama değerleri

| SRG ar.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|-------------|---------|-------------|-------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 3,34 | 0,76 | 13,72 | 2,08 | 0,85 | 2,35 |
| Dağdaş-94 | 5,5 | 16,98 | 1,66 | 0,57 | 2,08 | 3,12 |

Ek15.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaSRG gen ifadesindeki standart hata değerleri

| SRG s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 0,4 | 0,02 | 1,44 | 0,03 | 0,04 | 0,17 |
| Dağdaş-94 | 0,54 | 0,8 | 0,18 | 0,016 | 0,15 | 0,28 |

Ek16.1. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaERF gen ifadesindeki varyans analizi

Bağımlı Değişken: ERF

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | Varyans analizi | P değeri |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Düzeltilmiş model | 220,497 ^a | 11 | 20,045 | 58,147 | ,000 |
| Kesişim | 224,350 | 1 | 224,350 | 650,799 | ,000 |
| Çeşit | 5,483 | 1 | 5,483 | 15,906 | ,001 |
| Muamele | 109,871 | 5 | 21,974 | 63,743 | ,000 |
| Çeşit*muamele | 105,143 | 5 | 21,029 | 61,000 | ,000 |
| Hata | 8,274 | 24 | ,345 | | |

**p<0,01 önem düzeyine sahip *p<0,05 önem değerine sahip

Ek16.2. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaERF gen ifadesindeki aritmetik ortalama değerleri

| ERF ar.ort. | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|-------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 9,29 | 2,42 | 1,43 | 1,69 | 1,2 | 1,27 |
| Dağdaş-94 | 2,4 | 1,27 | 1,15 | 0,73 | 0,93 | 6,16 |

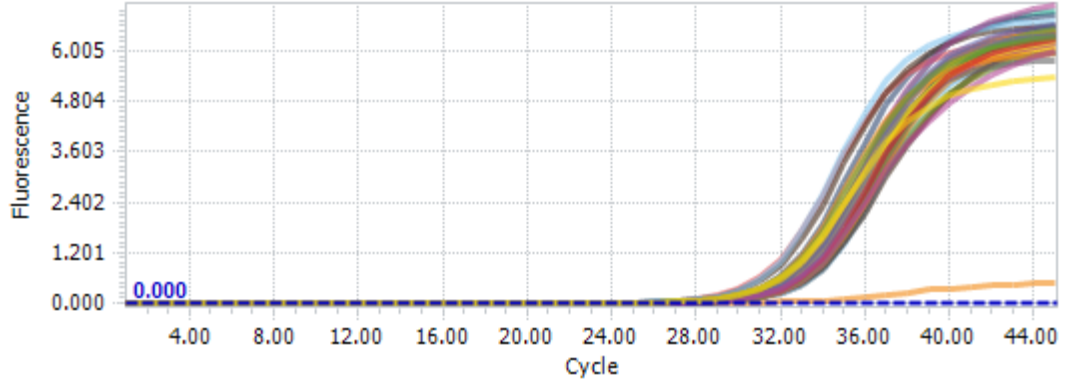
Ek16.3. 100 mM NaCl, Cd, 100 mM NaCl+Cd, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl+Cd uygulamaları altında yetişen buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Konya-2002, Dağdaş-94) örneklerinin TaERF gen ifadesindeki standart hata değerleri

| ERF s.hata | Kontrol | 100 mM NaCl | Cd | 100 mM NaCl+Cd | 200 mM NaCl | 200 mM NaCl+Cd |
|------------|---------|-------------|------|----------------|-------------|----------------|
| Konya-2002 | 0,35 | 0,09 | 0,13 | 0,138 | 0,07 | 0,16 |
| Dağdaş-94 | 0,46 | 0,05 | 0,08 | 0,1 | 0,06 | 0,13 |

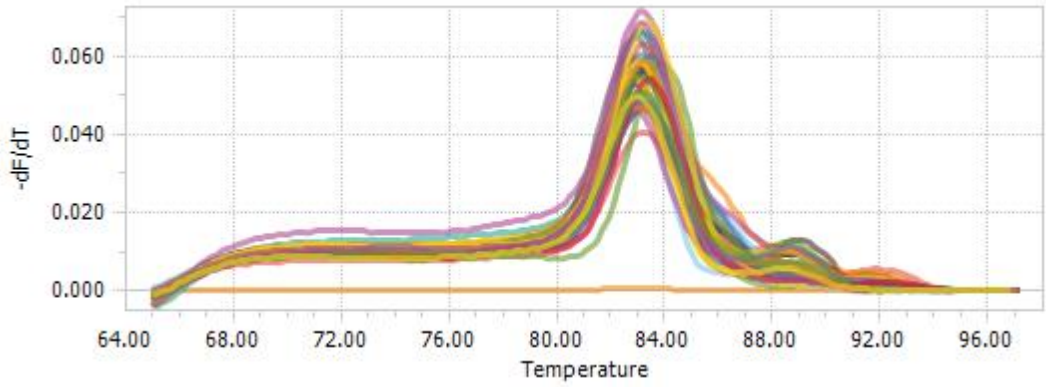
Ek 16: Gen amplifikasyon ve erime eğrisi grafikleri

Ek.16.1.Aktin Geni

Amplifikasyon Grafiği:

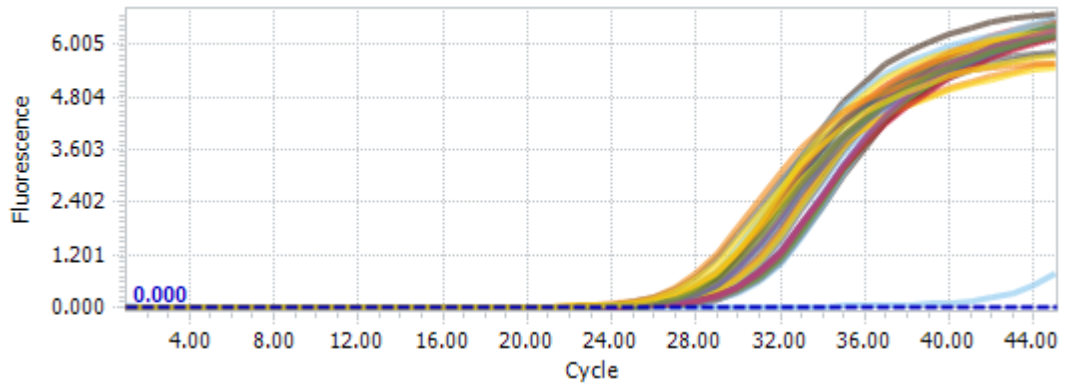


Erime Eğrisi Grafiği:

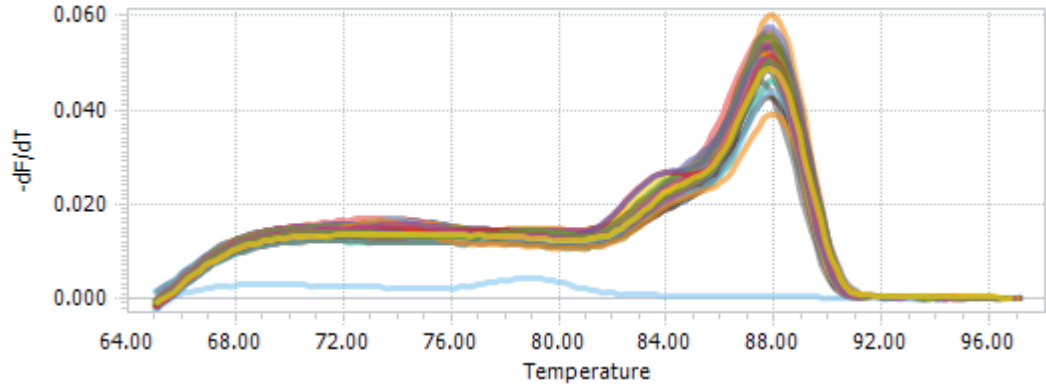


Ek.16.2.MYB Geni

Amplifikasyon Grafiği:

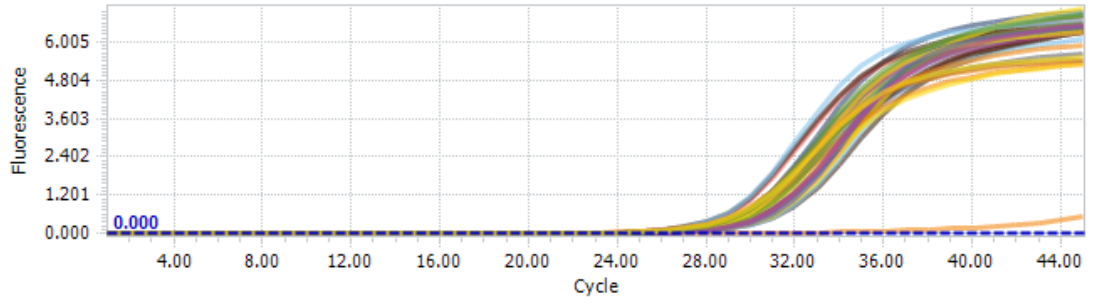


Erime Eğrisi Grafiği:

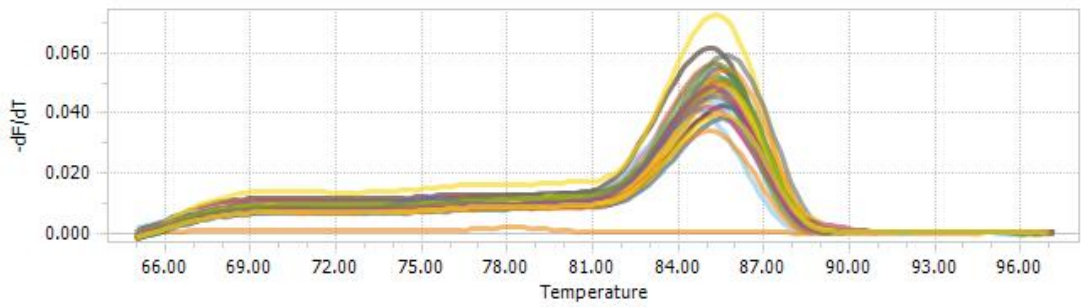


Ek.16.3.ERF Geni

Amplifikasyon Grafiği:

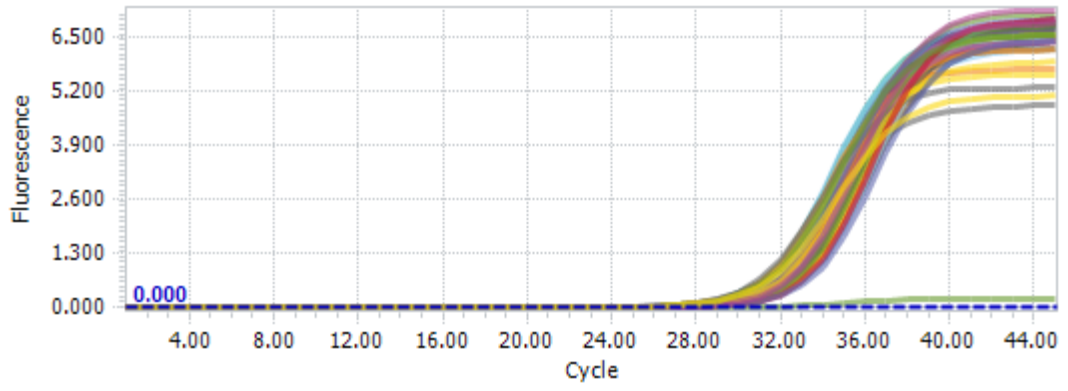


Erime Eğrisi Grafiği:



Ek.16.4.SRG Geni

Amplifikasyon Grafiği:



Erime Eğrisi Grafiği:

